



THESE

Pour l'obtention du grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE POITIERS UFR des sciences fondamentales et appliquées Institut de chimie des milieux et matériaux de Poitiers - IC2MP (Diplôme National - Arrêté du 7 août 2006)

École doctorale : Sciences pour l'environnement - Gay Lussac Secteur de recherche : Terres solides et enveloppes superficielles

> Présentée par : Freddy Uri

Altération et minéralisation d'uranium à Shea Creek (Ouest Athabasca, Saskatchewan, Canada) : vers un nouveau modèle génétique de gisement

Directeur(s) de Thèse : Daniel Beaufort

Soutenue le 13 décembre 2012 devant le jury

<u>Jury :</u>

Président	Sabine Petit	Directeur de recherche, CNRS, Université de Poitiers
Rapporteur	Maurice Pagel	Professeur des Universités, Université de Paris 11
Rapporteur	Martine Buatier	Professeur des Universités, Université de Franche-Comté, Besançon
Membre	Daniel Beaufort	Professeur des Universités, Université de Poitiers
Membre	Patricia Patrier	Professeur des Universités, Université de Poitiers
Membre	David Quirt	Expert, AREVA, Canada
Membre	Jean-Pierre Milesi	Coordinateur de la recherche, AREVA, Paris
Membre	Olivier Parize	Expert, AREVA, Paris

Pour citer cette thèse :

Freddy Uri. Altération et minéralisation d'uranium à Shea Creek (Ouest Athabasca, Saskatchewan, Canada) : vers un nouveau modèle génétique de gisement [En ligne]. Thèse Terres solides et enveloppes superficielles. Poitiers : Université de Poitiers, 2012. Disponible sur Internet http://theses.univ-poitiers.fr

THESE

Pour l'obtention du Grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE POITIERS (Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées) (Diplôme National – Arrêté du 7 Août 2006)

Ecole Doctorale : Sciences Pour L'Environnement Gay-Lussac Secteur de Recherche : Terres Solides et Enveloppe Superficielles Présentée par : Freddy URI

Altération et minéralisation d'uranium à Shea Creek (Ouest Athabasca, Saskatchewan, Canada) : Vers un nouveau modèle génétique de gisement

Directeur de Thèse : Daniel BEAUFORT

Soutenue publiquement le 13 décembre 2012 devant la Commission d'Examen

<u>JURY</u>

Mme M. BUATIER (Professeur, Université de Franche-Comté, Besançon)	Rapporteur
M. M. PAGEL (Professeur, Université Paris Sud 11)	Rapporteur
M. D. BEAUFORT (Professeur, Université de Poitiers)	Directeur de Thèse
Mme S. PETIT (Directeur de Recherche, CNRS, Université de Poitiers)	Examinateur
M. D. QUIRT (Expert, AREVA, Canada)	Examinateur
M. O. PARIZE (Expert, AREVA, Paris)	Examinateur
Mme P. PATRIER-MAS (Professeur, Université de Poitiers)	Examinateur
M. J-P. MILESI (Coordinateur de la Recherche, AREVA, Paris)	Examinateur

Avant-propos

Au début de cette aventure je ne connaissais pas le bassin de l'Athabasca, je ne savais pas que des gisements d'uranium pouvaient être associés à une discordance et encore moins qu'ils sont enveloppés dans un halo d'altération argileux. Les kaolinites, illites, chlorites et smectites étaient simplement pour moi, des argiles de l'altération superficielle. Après plus de 40 mois d'étude sur ce sujet, des questions me viennent, des idées et des réponses bourgeonnent encore dans mon esprit. Ce sujet reste passionnant mais il y a toujours une fin à toute chose.

Tout au long de cette thèse, j'ai connu la solitude, j'ai fait des rencontres, j'ai échangé et partagé nombre de choses qui n'ont cessé de faire avancer ma vision du métier de géologue d'exploration et de la recherche scientifique. J'ai pu reconnaître mes qualités et mes limites. Une chose est sûre, on ne peut jamais avancer tout seul. C'est pour cette raison que je tiens à remercier un certain nombre de personnes :

- Le laboratoire IC2MP, dirigé par Sabine PETIT et l'ensemble de l'équipe HydrASA. Je remercie en particulier Bernadette, Marie-France, Nathalie et Sophie, les 2 Claude, Denis, Emmanuel, Pierre, Antoine, Benoît et Thierry. Mais aussi Dominique, Philippe V, Patricia, Eric, Emmanuel, Dimitri, Paul, Laurent, Abder, Jack et Gille, et enfin Philippe Cosenza et Alain Meunier. Un très grand merci à Fabien Hubert pour m'avoir accompagné et formé aux argiles tout au long de cette thèse.

- Tous les doctorants qui m'ont accompagné durant ces 3 années. Je pense notamment à Mélissa, Marion, Anaïs, Sophie, Pauline, Laurisse, Idalina, Anne-Laure ainsi qu'à Mickael, Benoît, Jonathan, Frantz, Valentin, Jean-Christophe, Mohamed. Un grand merci à Elisa Morichon et à Thomas Riegler pour m'avoir accompagné et soutenu tout au long de cette thèse. Je n'oublie pas Pauline Jeanneret, une belle rencontre de terrain. Merci aussi à tous les doctorants AREVA que j'ai pu cottoyer durant ces années.

Ce travail entre dans le cadre d'une collaboration étroite entre AREVA, qui a financé le projet, l'Université de Poitiers, et la société ERM, qui m'a employé pour mener à bien ce projet.

- Je remercie <u>ERM</u>, dirigée par <u>Jean-Claude PARNEIX</u>, et tous les collaborateurs. Je pense notamment à François, Alain, Arnaud, Adrien, Fabrice, Nathalie, Claire, Anouck, Caroline, Suzana et Charlène.

- Je tiens aussi à remercier <u>Cédric Demeurie</u> et sa société <u>Thin Section Lab</u> pour toutes les lames founies tout au long de cette thèse. Bon courage et bon développement.

- Je tiens également à remercier la société <u>AREVA</u>. C'était un grand plaisir de travailler avec l'ensemble des Collaborateurs AREVA qui m'ont accompagné durant ces 3 années de thèse. Je tiens à vous dire merci pour l'intérêt que vous avez porté à mon travail et la confiance que vous m'avez témoigné.

- Je souhaite remercier en particulier <u>l'équipe d'ARC</u> qui m'a encadré durant mes différentes missions de terrain : <u>Dave Quirt</u> pour son encadrement et sa grande connaissance scientifique du bassin de l'Athabasca et des gisements associés à une discordance et surtout pour sa rigueur au travail ; <u>Joseph Roux</u> qui m'a encadré dès le début ; <u>Jean Pierre Milési</u>, à qui je ne peux dire qu'une chose, cela a été un plaisir de t'avoir côtoyé, merci encore ; <u>Jean Luc Lescuyer</u>, merci d'avoir fait partie de l'équipe d'encadrement.

- Un très grand merci à <u>Jean Louis Feybesse</u>. Tu as cru en moi et porté un intérêt particulier aux différents points que j'ai pu mettre en lumière et qui avait peu d'importance pour certains au début. Tu m'as montré que 2 approches qui peuvent être différentes (étude structurale du socle et sédimentologique) pouvait se rejoindre et conforter nos points de vue sur la formation des gisements du district de Shea Creek. Sur le terrain, j'ai été fasciné par ta façon de travailler, d'étudier les carottes de sondage avec minutie, de relever les moindres détails et de faire une synthèse comme tu sais si bien le faire. Tu es parti trop tôt. Cette thèse me laissera toujours cette impression d'inachevée.

- Je remercie aussi <u>Olivier Parize</u>. Tu nous as rejoins en chemin dans cette aventure. J'ai su te convaincre que la sédimentologie avait une place importante dans cette étude du district de Shea Creek. Merci pour ta rigueur, ton aide et ton soutien sur la fin de cette thèse. Un remerciement aussi à <u>Patrie Bruneton</u> qui m'a apporté des conseils très judicieux.

- Je tiens à remercie l'équipe Gocad de ENSG du laboratoire CRPG de Nancy. Notamment <u>Pauline Collon-Drouaillet</u> qui m'a apporté une aide capitale dans la construction des modèles des gisements de Shea Creek. Tu m'as aidé à me poser les bonnes questions et à trouver les bonnes réponses. Merci beaucoup pour ta disponibilité. Je remercie aussi <u>Guillaume Caumon</u> et <u>Jean Jacques Royer</u> pour leurs conseils sur les différentes applications du logiciel Gocad.

- Je remercie tous les membres qui composent le jury et qui ont accepté de bien vouloir juger ce travail :

<u>Mme S. PETIT</u>, Directeur de Recherche au CNRS,
<u>Mme M. BUATIER</u>, Professeur de l'Université de Franche-Comté,
<u>M. M. PAGEL</u>, Professeur de l'Université Paris Sud 11,
<u>M. D. QUIRT</u>, Expert chez AREVA Canada
<u>M. O. PARIZE</u>, Expert chez AREVA Paris
<u>Mme P. PATRIER-MAS</u>, Professeur à l'Université de Poitiers
<u>M. J-P. MILESI</u>, Coordinateur de la Recherche à AREVA Paris.

2

- Et enfin je remercie **Daniel Beaufort**, je ne sais toujours pas pourquoi tu m'as choisi. Collaborer avec toi a été un grand plaisir, tu m'as donné les moyens techniques et humains pour mener à bien ce projet. Tu m'as laissé une grande liberté d'action et m'as apporté ta confiance ; tu as été un chef "d'orchestre" tout au long de ces 3 années. Je sais qu'il n'est pas facile de diriger un grand ! Cela n'a pas été très facile, surtout sur la fin. Mais je suis heureux d'avoir partagé cette aventure avec toi. Je suis convaincu que nous ne sommes pas loin d'avoir résolu le problème qui nous a été posé. Quoi qu'on en dise!

> "Toute vérité franchit trois étapes. D'abord elle est ridiculisée. Ensuite, elle subit une forte opposition. Puis, elle est considérée comme ayant toujours été une évidence."

> > Arthur Schopenhauer

Je dédie ce mémoire à toute ma famille et à ma chère compagne.....

Résumé

Les gisements d'uranium du district de Shea Creek sont localisés dans la partie ouest du bassin de l'Athabasca, Saskatchewan (Canada). Ils sont associés à une discordance entre un socle métamorphique d'âge Archéen à Protérozoïque inférieur et une couverture sédimentaire d'origine fluviatile, d'âge Protérozoïque moyen. Les minéralisations se situent à des profondeurs importantes, entre 680 et 1000 m, ce qui en fait à ce jour parmi les plus profondes connues dans le bassin. Elles peuvent être présentes à la fois dans la couverture, à la discordance et dans le socle.

Les principaux objectifs de cette étude, qui s'appuie sur l'analyse de plus de 1200 échantillons, sont d'une part de déterminer des guides sédimentologiques, pétrographiques, minéralogiques et géochimiques pour la prospection des corps minéralisés enracinés profondément dans le socle et d'autre part d'utiliser ces critères pour construire une représentation tridimensionnelle simplifiée (minéralisation et halo d'altération) permettant de préciser le modèle génétique de ces minéralisations profondes.

La localisation des différentes zones minéralisées dépend non seulement des phénomènes d'altération liés aux circulations hydrothermales contrôlées par la tectonique, mais aussi de la nature du remplissage sédimentaire et de son évolution diagénétique. L'architecture des gisements du district de Shea Creek montre que les corps minéralisés sont localisés dans des structures en graben remplies par des alternances de grès propres et de grès argileux souvent préservés de la compaction et de l'altération. La signature minéralogique et géochimique de ces grès suggère un apport provenant de l'érosion de paléo-altérites continentales (régolithe). La très forte concentration en défauts d'irradiation des argiles précoces indique que l'uranium était présent en abondance dans ces grabens dès le stade sédimentaire.

<u>Mots-clés</u> : Gisement d'uranium lié à une discordance, Bassin de l'Athabasca, Halo d'altération, Sédimentation précoce, Diagenèse, Altération hydrothermale, Minéraux argileux.

Abstract

Uranium deposits of Shea Creek are located in the west part of Athabasca basin. They are related to an unconformity between a metamorphic basement Archean to the lower Proterozoic ages and sedimentary rocks of fluvial origin of middle Proterozoic age. Shea Creek ore deposits are located in the deep parts of the basin (between 680 m and 1000 m deep), currently among the deepest known in the basin. It gathers all types of unconformity hosted mineralization known.

The aim of this study which is based on more than 1200 samples is first of determining the markers for prospection of mineral elements in deep area: sedimentological, petrographical, geochemical and mineralogical types. Then, it is to build a simple three-dimensional model (mineralization and alteration halo) using these criteria in order to precise the genetic pattern of deep deposits.

The location of mineralized areas depends not only on tectonic deformation, but also on the sedimentary filling and the diagenetic development. The morphology of Shea Creek's ore deposit shows clearly that mineralization is located in the grabens composed by clean sandstones and clay sandstones, often preserved from compaction and alteration phenomena. The mineralogical and geochemical signature of these clay sandstones suggests a contribution from the erosion of continental paleo-alterite (regolith). Beside, the great concentration of radiation induced defects suggests the presence in abundance of uranium in the grabens from sedimentary state.

Keywords: Athabasca basin, Unconformity related uranium ore deposit, Alteration haloes, Early sedimentation, Diagensis, Hydrothermal alteration, Argillaceous minerals.

TABLE DES MATIERES

Av	ant-pro	opos		. 1
Ré	Résumé 4			
Ab	stract.			. 5
ΤA	BLE DE	S MA	ATIERES	. 6
LIS	STE DES	ТАВ	LEAUX	10
LIS	STE DES	FIG	JRES	12
1.	Intro	oduct	ion générale	25
	1.1.	Enje	ux et objectifs	25
	1.2.	Part	enaires dans cette thèse	26
	1.3.	Les p	principaux objectifs	26
	1.4.	Desc	cription	26
	1.5.	Déve	eloppement du projet	27
2.	Etat	des (Connaissances, Géologie régionale et Echantillonnage	29
	2.1.	Intro	oduction	29
	2.2.	Les i	roches du socle du bassin de l'Athabasca	30
	2.3.	Le m	nétamorphisme dans la province de Rae	32
	2.3.1	L.	La déformation métamorphique à Shea Creek	34
	2.4.	Les	structures dans le socle du bassin de l'Athabasca	34
	2.4.1	L.	Les structures du district de Shea Creek	35
	2.4.2	2.	La brèchification dans le district de Shea Creek	38
	2.5.	Déve	eloppement du bassin de l'Athabasca	39
	2.5.1	L.	Structures et paléo-profil	39
	2.5.2	2.	Le remplissage sédimentaire	40
	2.5.3	3.	Le remplissage sédimentaire à Shea Creek	43
	2.6.	Les	paragenèses minéralogiques du bassin de l'Athabasca	45
	2.6.1	L.	La paléo-altération du socle (régolithe)	45
	2.6.2	2.	Le remplissage sédimentaire	46
	2.6.3	3.	La diagenèse	47
	2.6.4	1.	La minéralisation	49
	2.6.5	5.	L'altération hydrothermale associée aux minéralisations en uranium	53

	2.7.	Vers	s un modèle	57
	2.8.	Echa	antillonnage	60
	2.9.	Con	clusion	72
3.	Etuc	le Lit	hologique et Pétrographique	73
	3.1.	Intro	oduction	73
	3.2.	Etuc	de des formations géologiques	74
	3.2.2	1.	La couverture sédimentaire	74
	3.2.2	2.	Les roches du socle	77
	3.3.	Etuc	de détaillée de la formation basale du bassin de l'Athabasca (Manitou Falls c et d).	79
	3.3.3	1.	Faciès lithologique	79
	3.4.	Etuc	de pétrographique des faciès détritiques du district de Shea Creek	82
	3.5.	Lien	géométrique entre les faciès détritiques et les grandes structures (SLC)	94
	3.6.	Etuc	de détaillée des lithologies du socle	101
	3.6.2	1.	Etude pétrographique	101
	3.6.2	2.	Les séquences paragénétiques	104
	3.7.	La d	éformation cassante	109
	3.7.2	1.	La fracturation dans les grès	109
	3.7.2	2.	Les principales structures du socle	114
	3.7.3	3.	Liens géométriques entre les structures et les zones altérées	117
	3.8.	La n	ninéralisation	118
	3.9.	Inte	rprétation	121
	3.10.	C	onclusion	125
4.	Etuc	le Mi	inéralogique des Argiles	127
	4.1.	Intro	oduction	127
	4.2.	Ider	ntification des minéraux argileux	128
	4.2.3	1.	Par analyse de diffraction des rayons X	128
	4.2.2	2.	Par analyse spectroscopique par transformée de Fourier (FTIR)	131
	4.3.	Dist	ribution verticale des minéraux argileux à l'aplomb du gisement de Kianna	132
	4.3.3	1.	Analyse des minéraux argileux par diffraction de rayons X	132
	4.3.2	2.	Analyse par calcul normative des minéraux argileux	134
	4.4.	Dist	ribution des minéraux argileux à l'échelle du gisement de Kianna	136
	4.4.2	1.	Dans les grès à la base du bassin	136
	4.4.2	2.	Dans le socle altéré minéralisé sous la discordance	137
	4.5.	Dist	ribution régionale des minéraux argileux	141

4.6. Dis	tribution verticale des minéraux argileux entre les gisements 58B et Anne	143
4.7. Car	actérisation des minéraux argileux	144
4.7.1.	Les minéraux du sous-groupe kaolin des formations gréseuses	144
4.7.2.	Les minéraux du sous-groupe kaolin dans les argilites et intraclastes argileux	150
4.7.3.	Les polytypes de l'illite hydrothermale	156
4.7.4.	Les Chlorites (sudoite et chlorites trioctaédriques)	160
4.7.5.	Les Smectites	161
4.8. Inte	erprétation	163
5. Guides N	Ainéralogiques et Géochimiques de la Minéralisation	165
5.1. Intr	oduction	165
5.2. Etu	de de la concentration en défauts d'irradiation des minéraux argileux	166
5.2.1.	Etat de l'art et rappel des travaux récents	166
5.2.2. des zone	Variation verticale de la concentration en défauts d'irradiation des argiles à l'a es minéralisés	plomb 169
5.2.3.	Variation latérale de la concentration en défauts d'irradiation des argiles	175
5.2.4.	En conclusion	177
5.3. Etu	de cristallochimique des APS	178
5.3.1.	Rappel des travaux précédents	178
5.3.2.	Variation verticale de la composition des APS à l'aplomb des zones minéralisée	es 181
5.3.3.	Variation latérale de la composition des APS	186
5.3.4.	Rapport entre APS et minéraux argileux	187
5.3.5.	En conclusion	188
5.4. Sigi	nature géochimique de la formation basale du bassin (MFc)	189
5.4.1.	Introduction	189
5.4.2.	Les éléments marqueurs de la formation sédimentaire basale à Shea Creek	190
5.4.3.	Géochimie des terres rares	197
5.4.4.	Géochimie des terres rares dans le district de Shea Creek	198
5.4.5.	En conclusion	205
5.5. Inte	erprétation	205
6. Modélis minéraux arg	ation 3D de la géométrie des altérations : Reconstruction de la distribution spat ileux et des guides de la minéralisation	iale des 209
6.1. Intr	oduction	209
6.2. Le l	ogiciel Gocad et les techniques de modélisation 3D	209
6.2.1.	Techniques de modélisation	210
6.2.2.	Méthodes d'estimation ou de simulation	211

e	5.3.	Cons	struction du modèle 3D	214
	6.3.2	1.	Objets de type surface	214
	6.3.2	2.	Objet de type volumique	219
e	5.4.	Moc	lélisation du halo d'altération	221
	6.4.2	1.	Etude du halo d'altération dans le bassin	221
	6.4.2	2.	Localisation du halo d'altération dans le socle	227
e	ō.5.	Inte	rprétation	233
7.	Disc	ussio	n Générale	239
7	' .1.	L'his	toire du remplissage sédimentaire	242
7	7.2.	Reco	onstitution du système de dépôt de la formation basale	247
7	7.3.	Rôle	de la déformation sur l'histoire du remplissage sédimentaire précoce	249
7	' .4.	L'his	toire de l'enfouissement des sédiments précoces (évolution diagénétique)	254
7	' .5.	Alté	ration et minéralisation à Shea Creek	257
	7.5.2	1.	Formation du halo d'altération dans les grès	259
	7.5.2	2.	Formation du halo d'altération dans le socle	261
7	' .6.	Les e	évènements post-minéralisation	262
7	' .7.	Com	paraison du modèle de Shea Creek aux autres prospects du sud-ouest Athabasca	262
8.	Con	clusic	on Générale	265
9.	Pres	cripti	ions	269
Réf	érenc	es Bil	bliographiques	271
Anr	nexe 1	– Cal	cul Normatif	289
Anr	nexe 2	- M	éthodes et conditions analytiques	291
Anr	nexe 3	– Lis	te des échantillons et Lames minces	294
Anr	nexe 4	– Eti	ude Géologique	301
Anr	nexe 5	– Co	mpositions Chimiques	313
Anr	nexe 6	- M	odélisation	322
Anr	nexe 7	– Co	mparaison autres gisements	336

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Description des différents faciès lithologiques d'après Collier (2007 ; traduit).
Comparaison entre les différentes lithologies en fonction des auteurs
Tableau 2-2 : Récapitulatif des différentes données géochronologiques obtenues dans différents
gisements du bassin de l'Athabasca 53
Tableau 2-3 : Distribution de la proportion d'argile dans les différentes lithologies des grès de
l'Athabasca associés aux gisements de Colette et Anne. La composition minéralogique est
essentiellement illite, Kaolinite et Chlorite (sudoïte et chlorite trioctaédrique) d'après Quirt (2002). 55
Tableau 2-4 : Liste des différents sondages échantillonnés et nombre d'échantillons étudiés pour
chaque section. Le sondage Shea 121-4 a été utilisé pour une étude complémentaire
Tableau 2-5 : Liste des sondages échantillonnés et quantités d'échantillons prélevés dans chaque
section
Tableau 2-6 : Liste des sondages échantillonnés et des quantités d'échantillons prélevés durant la
mission 3
Tableau 3-1 : Illustration des différents faciès observés dans les grès de la formation Manitou Falls. 80
Tableau 3-2 : comparaison entre les différents faciès identifiés entre les sondages de la zone
minéralisée de Kianna et les sondages hydrogéologiques éloignés des zones minéralisées
Tableau 3-3 : Distribution des différents types de minéraux argileux en fonction des différents faciès
de la formation Manitou Falls
Tableau 3-4 : Composition minéralogique des différentes roches saines observées au microscope
optique
Tableau 4-1 : Composition minéralogique essentielle des roches des sondages Shea 114 Shea 114-11,
déterminée par calcul normatif. La discordance basale se situe à 714 m 134
Tableau 4-2 : Indices d'Hinkley des échantillons de kaolinite situés dans les grès de la formation
Manitou Falls dans le district de Shea Creek147
Tableau 4-3 : Composition isotopique de l'oxygène (δ180) et de l'hydrogène (δD) des kaolinites et
composition isotopique des fluides en équilibre avec ces minéraux à 200 °C pour les différents types
de kaolinite identifiés dans l'ensemble du bassin de l'Athabasca (Kotzer Kyzer, 1995), pour les
kaolinites détritiques des argilites (Quirt, 2002) et pour nos échantillons à la base des grès du
sondage Shea 114-11
Tableau 4-4 : Microanalyses chimiques ponctuelles et formules structurales de kaolinite des
échantillons de grès du sondage Shea 114-11 recueillis dans la formation Manitou Fall C. Les
analyses chimiques ont été acquises à la microsonde électronique (EDX) et les formules structurales
ont été calculées sur une base de 14 oxygènes ar maille 150
Tableau 4-5 : Minéralogie des argilites et intraclastes argileux du prospect de Shea Creek déterminée
par diffraction de RX. Les échantillons ayant subi l'altération hydrothermale sont marqués par la
présence d'illite, de sudoite et dravite. Les échantillons non affectés par le processus hydrothermal
sont riches en kaolinite et dickite. La plupart des échantillons contiennent des APS 151
Tableau 4-6 : Minéralogie quantitative des argilites, grès fins et intraclastes argileux prélevés sur
l'ensemble du district de Shea Creek. Les qunatités de chaque espèce minérale et les proportions
relatives des espèces argileuses ont été déterminées par calcul normatif à partir des analyses
chimiques sur roche totale faites au SARM (Nancy)

Tableau 4-7 : Analyses chimiques ponctuelles et formules structurales des kaolinites des échantillons
de grès fins contenant des évidences pétrographiques de kaolinite détritique et diagénétique
(ciment). Analyse chimique faite à la sonde électronique (EDX) et formule structurale calculée sur
une base de 14 oxygènes. Kaol cim indif (kaolinite détritique et ciment indifférenciés), kaol détr
(kaolinite détritique) et cim diag (ciment diagénétique) 155
Tableau 4-8 : Compositions chimiques et formules structurales des smectites dans les échantillons
Shea 63B 719,80 m. La formule structurale a été calculée sur une base de 22 oxygènes 163
Tableau 5-1 : Concentration en défauts d'irradiation des minéraux argileux mesurée par RPE,
concentration actuelle de la roche en éléments radioactifs et estimation du débit de dose
correspondant dans les formations gréseuses du bassin et des roches altérées du socle recoupées par
les forages Shea 114 et Shea 114-11 de part et d'autre de la discordance. Les données surlignées en
gris correspondent aux échantillons prélevés dans le socle172
Tableau 5-2 : Composition chimique des APS analysés dans les grès, les argilites, les intraclastes et
dans le socle du bassin de l'Athabasca (Arg : argilite, intr : intraclaste)
Tableau 5-3 : Récapitulatif de données de terres rares suite aux analyses chimiques ICPMS faites au
SARM à Nancy (France). Les échantillons présentés correspondent au grès du MFc, argilites et
intraclastes d'argile. Les valeurs ont été normalisées aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985). 199
Tableau 5-4 : Proportion de certains éléments qui composent l'échantillon 646 m. Cela montre un
enrichissement particulier comparé aux échantillons proximaux. Néanmoins un enrichissement
global en REE est à remarquer
Tableau 6-1 : Teneur en Al ₂ O ₃ et SiO ₂ en % oxyde des minéraux des roches du socle. Comparaison du
rapport SiO ₂ /Al ₂ O ₃ entre les minéraux des roches saines et les argiles du Halo d'altération 227
Tableau 6-2 : Concentration en Al_2O_3 et SiO ₂ des roches du socle dans le sondage Shea 114-11 à
partir des analyses chimiques ICPMS (SARM, Nancy). Comparaison du rapport SiO ₂ /Al ₂ O ₃ entre les
différents échantillons

LISTE DES FIGURES

Figure 0-1 : Cartes localisant le bassin de l'Athabasca dans la province du Saskatchewan, les plus
grands gisements d'uranium du bassin de l'Athabasca et les gisements de Shea Creek (Anne et
Colette) ainsi que les différents prospects autour du district de Shea Creek
Figure 2-1 : Carte géologique du bassin de l'Athabasca issue du programme de recherche Extech IV
(Jefferson, 2007) avec la position des principaux gisements d'uranium. Sur cette figure sont
également représentées les provinces de Rae et de Hearne séparées par la shear zone de Virgin River
(VRSZ). Carte du socle d'après Portella et Annesley (2000a), Thomas et al. (2002) et Card et al. (2003,
2007a, B) et stratigraphie du bassin d'après Ramaekers (2007)
Figure 2-2 : Image aéromagnétique en champ total du socle du bassin de l'Athabasca. Elle met en
évidence les structures et les zones de contraste de gradient magnétique. En pointillé épais est
représentée la limite du domaine de Llord et en pointillé fin les grande structures (Card, 2002, 2007).
Figure 2-3 : Carte magnétique du socle des districts de Cluff Lake et Shea Creek avec une
interprétation de la série de décollement induits par la compression E-W (Beaudemont, 1995, 1998).
Au sud de Cluff Lake, on observe une série de chevauchements
Figure 2-4 : Carte des grandes structures identifiées dans le socle qui traversent les bassins de
l'Athabasca. Carte originale (Ramaekers, 2004)
Figure 2-5 : Carte géologique simplifiée de la partie nord du prospect de Shea Creek. Elle montre la
distribution des zones minéralisées avec les principales failles identifiées. Carte (Rhys et al 2009)
modifiée
Figure 2-6 Schéma synthétisant les différents types de brèche identifiés en fonction de la nature du
ciment, de la morphologie des éléments clastiques et de leur maturité (Lorilleux, 2002)
Figure 2-7 : Carte géologique du bassin de l'Athabasca montrant le remplissage du bassin de
l'Athabasca par les différents systèmes de dépôt : Fidler, Roberts, Karras, Ahenakew, Moosonees
d'après la compilation d'informations (Ramaekers, 1990; Collier, 2000, 2003; Jefferson et al, 2001;
Bernier, 2004; Long, 2007; Ramaekers, 2007) Yeo, 2007 extech IV
Figure 2-8 : Coupe stratigraphique Est-Ouest du bassin de l'Athabasca d'après Ramaekers et al.
(2007). Le sondage Shea 22 est localisé dans le prospect de Shea Creek. Dans la partie basale du
bassin, S représente la formation Smart et RD la formation Read. FP = Fair Point, S = Smart formation,
RD = Read Formation, MF = Manitou Falls, LZ = Lazenby Lake, W = Wolverine Point, LL = Locker Lake.
Figure 2-9 : Séquence paragénétique simplifiée du Paléo – Mézoprotérozoïque (d'après Jefferson,
2007; Kyser et al, 2000; Polito et al, 2004, 2005; etc)
Figure 2-10 : Coupe transversale du gisement de Kianna à Shea Creek qui montre la position des trois
différents types de minéralisation : perchée, à la discordance et dans le socle
Figure 2-11 : Coupe Schématique du halo d'altération autour du gisement de Cigar Lake dans les grès
de la formation Manitou Falls (Andrade 2002) d'après Fouques et al. (1986) et Cramer (1986) 54
Figure 2-12 : Distribution spatiale de AI_2O_3 dans la pile stratigraphique du bassin de l'Athabasca le
long du conducteur de Saskatoon Lake (gauche) et transversale (droite). La distribution de cet
élément est clairement fonction de la stratigraphie. Le niveau juste au dessus de la discordance (MFc

inférieure) et la formation MFd sont très pauvres en Al ₂ O ₃ , alors que la formation MFc supérieure est
riche en Al ₂ O ₃ (Kister 2003, 2006)
Figure 2-13 : Modèle diagénétique-hydrothermal expliquant la mise en place du halo d'altération
associé aux gisements d'uranium par les circulations de fluides au travers des structures (Hoeve et
Sibbald 1978; Hoeve et Quirt 1984; Sibbald 1985; Hoeve et Quirt 1987; Quirt 1989; Kotzer et Kyser
1995; Fayek et Kyzer 1997)
Figure 2-14 : Carte du prospect de Shea Creek modifiée d'après Collier (2005), montrant les différents
gisements du district de Shea Creek et des prospects aux alentours. (A) Douglas River, Erica et
Alexandra
Figure 2-15 : Carte du gisement de Shea Creek avec les sondages effectués et leurs accumulations
radiométriques (GT) (points colorés), les différents types de minéralisation et les lithologies
recoupées au niveau du socle (Lescuyer, 2012)
Figure 2-16 : Carte du gisement de Kianna avec la géologie du socle à la discordance et la position des
principales structures. Les lignes en pointillés noirs correspondent aux 3 sections de sondage
échantillonnées, les points en jaune et rouge les sondages sélectionnés
Figure 2-17 : Exemple de répartition de l'échantillonnage réalisé de part et d'autre de la discordance.
le long d'une section de cing forages minéralisés dans le gisement de Kianna. Les traits horizontaux
correspondent aux échantillons. Les corps minéralisés sont symbolisés en rouge. La distance entre
Shea 114-4 et Shea 115-16 est d'environ 80 m
Figure 2-18 : Carte montrant la distribution des sondages entre les gisements de Kianna et Anne du
district de Shea Creek (AREVA, 2009). Elle indique la position des sections de sondages
échantillonnés : 7 sections dont 4 concernant la mission 2. 2 transversales (4 et 5) et 2 longitudinales
(6 et 7) à la structure SLC (lignes en pointillés). 1 sondage (Shea 13 et Hyd 07-04) en limite de SLC non
minéralisé a été échantillonné
Figure 2-19 : Localisation des sondages échantillonés dans le secteur d'Anne à Shea Creek (AREVA.
2009). La carte indique la position des sondages échantillonnés dans la zone minéralisée (3 sections
longitudinales. 8. 9 et 10) et en dehors de la minéralisation (cercle rouge). La teneur en U et le type
de lithologie recoupée à la discordance sont précisés dans la légende.
Figure 2-20 : Localisation des sondages échantillonnés dans les parties nord et sud du district de Shea
Creek (Shea 22, Shea 7 et Shea 8, Shea 117) du gisement de Shea Creek (AREVA et UEX, 2010) 67
Figure 2-21 : Carte du gisement de Colette montrant les sondages échantillonnés dans la partie nord
de Shea Creek. (Carte UEX, 2012)
Figure 2-22 : Répartition spatiale de l'échantillonnage sur l'ensemble de la zone Kianna-Anne. Les
points colorés représentent les échantillons
Figure 2-23 : Carte représentant les gisements du district de Shea Creek de la zone 58B à Anne
(AREVA, 2010)
Figure 3-1 : Coupe lithostratigraphique N-S du bassin de l'Athabasca au niveau du district de Shea
Creek à partir de log granulométrique qui compile les travaux de Collier (2003, 2007), Slimmon et
Waters (2007) et Yeo (2007). (Mb = member)
Figure 3-2 : Log lithostratigraphique reconstitué à partir des sondages régionaux Shea 114 et Hyd 07-
05 caractérisant la colonne stratigraphique de l'ensemble des grès dans la zone de Shea Creek
Figure 3-3 : Succession lithostratigraphique des roches du socle de Shea Creek (Beaudemont et
Lorilleux, 1998)
Figure 3-4 : Echantillons caractéristiques des grès de la formation du Manitou Falls à Shea Creek. Les
Numéros de 1 à 6 correspondent aux types de grès décrits dans le tableau 3-1

Figure 3-5 : Quelques exemples de perte de porosité résultant de la compaction, incluant la rotation
et rapporchement des grains; déformation plastique et ductile des grains; déformation par
flexuration des grains et pression solution. (From M. D. Wilson, ed., Reservoir Quality Assessment and
Prediction in Clastic Rocks, SEPM Short Course, no. 30, 1994; and J. C. Wilson and E. F. McBride,
Compaction and porosity of Pliocene sandstones, Ventura basin, California, Amer. Ass. Petrol. Geol.
<i>Bull., 72:664–681, 1988</i>). Sutured contact = stylolite
Figure 3-6 : Composition minéralogique des grès de la formation Manitou Falls. A et B : grès propres.
C et D : grès à ciment argileux. E : contact entre une argilite et un grès. F : grès silicifié. G : grès
argileux et H : niveau conglomératique pauvre en argile
Figure 3-7 : Composition minéralogique et texture des grains détritiques de la formation Manitou
Falls D. A et B : grès pauvres en argile et fortement compactés. D : grès argileux intercalé dans le
MFd. C, E, F, G, H : grès pauvres en argile
Figure 3-8 : Composition et texture des grès de la formation Manitou Falls C à Kianna. A et B : grès
argileux. C : grès propres sans ciment siliceux. D : grès riche en ciment siliceux. E et F : grès très riches
en argile. G et H : grès propres de base
Figure 3-9 : Composition minéralogique des grès fins
Figure 3-10 : Différents types de kaolinite observés dans les grès du district de Shea Creek. A : ciment
argileux composé de kaolinites vermiculaires qui ont une origine diagénétique. B : kaolinites
détritiques observées dans les grès fins et argilites. L'illite se développe dans les micro-fractures 92
Figure 3-11 : Différents types d'altération observés dans les grès du district de Shea Creek. A : matrice
argileuse d'un grès conglomératique altéré par le processus hydrothermal avec la formation d'illite
en remplacement de la kaolinite. B : développement de dravite dans la porosité
Figure 3-12 : Coupes lithostratigraphiques de la MFc montrant la distribution des conglomérats, des
argilites par rapport au SLC (définies à partir du logiciel Gocad). Les logs de la formation MFc
reconstitués à partir des descriptions géologiques et recalés en fonction du contact MFc/MFd
(Annexe 4-4 à 4-7). Les enveloppes bleues symbolisent les parties de sondage qui contiennent des
conglomérats reposant sur la discordance. Les traits colorés Ag-down et Ag-up correspondent
respectvement au premier et dernier niveau d'argilites identifiés dans les sondages lors des missions
de terrain. Les flèches représentent les différentes failles recoupant la discordance. La coupe A et B
montre la zone Kianna-Anne (figure 2-23). Profondeur en TVDSS et en MD (le long du sondage) 95
Figure 3-13 : Carte montrant les sondages contenant des grès conglomératiques et des grès propres
basaux relevés dans la base de données des descriptions géologiques. Les étoiles vertes
correspondent aux sondages contenant des grès propres basaux et les étoiles rouges des grès
conglomératiques basaux. Le trait noir représente les failles R₃ (gneiss graphitique). Les grès propres
basaux montrent une distribution qui se développe le long du SLC (figure 2-23)
Figure 3-14 : Distribution des différents faciès de la formation Manitou Falls identifiés à partir des
observations sur lames minces et du logiciel Gocad. Les logs stratigraphiques sont reconstitués à
partir des descriptions géologiques (Annexe 4-8). La coupe verticale de la Section 1 correspond à la
zone de Kianna (figure 2-16). Les traits colorés correspondent aux différentes lames minces analysées
au microscope optique. La flèche représente la faille R ₃ qui recoupe la discordance. Profondeur en
TVDSS et en MD (le long du sondage)
Figure 3-15 : Distribution des différents faciès de la formation Manitou Falls identifiés à partir des
observations sur lames minces et et reconstruite à partir du logiciel Gocad. Les logs stratigraphiques
sont reconstitués à partir des descriptions géologiques (Annexe 4-8). La coupe verticale de la Section
1 correspond à la zone de Kianna (figure 2-16). Les traits colorés correspondent aux positions des

lames minces analysées au microscope optique. Les flèches représentent les failles et notamment la Figure 3-16 : Distribution des différents faciès de la formation Manitou Falls identifiés à partir des observations sur lames minces et reconstruite à partir du logiciel Gocad. Les logs stratigraphiques sont reconstitués à partir des descriptions géologiques (Annexe 4-8). La coupe verticale B' correspond au sondage Hyd 07-05, Hyd 07-03, Shea 14, Shea 11 et Hyd 07-01 (figure 2-23). Les traits colorés correspondent aux positions des lames minces analysées au microscope optique. Le SLC correspond à la zone minéralisée du SLC non étudié en lames minces (Anne). Profondeur en TVDSS et Figure 3-17 : Différents types de roches qui composent le socle de l'Athabasca au niveau district de Shea Creek. A paragneiss recoupé par un granitoïde, B: paragneiss plutôt felsique à biotite-grenat, C: métapelite, D : granite à grenats......103 Figure 3-18 : Différents facies d'altération dans les roches du socle. A : exemple de décoloration progressive de la roche avec l'augmentation de l'intensité de l'altération, B : exemple de roche peu fracturée et très altérée, C : roches fortement altérées entre 2 niveaux de gouges (les structures d'étirement de type mylonite sont préservées localement) et D : Exemple de gouge de faille Figure 3-19 : Diagramme pression température où figurent les principaux minéraux marqueurs du métamorphisme. La flèche bleue montre l'évolution prograde et rétrograde du métamorphisme enregistrée dans les roches du district de Shea Creek. (1) formation de sillimanite myrmékite, perthite dans les feldspaths, (2) formation des auréoles autour des pyroxènes et (3) formation de chlorites, épidote, et micas blancs (séritisation des feldspaths) dans la phase rétrograde. 105 Figure 3-20 : Pétrographie des roches du socle métamorphique dans la zone de Shea Creek....... 106 Figure 3-21 : Pétrographie des roches altérées du socle. A, B et C : roches qui ont subit une altération hydrothermale faible. D, E et F : roches fortement altérées avec une préservation de chlorites métamorphiques, contenant de la dravite et des carbonates. G : cristallisation de chlorite Mg (clinochlore) sur la sudoite. H : présence de kaolinite tardive dans un échantillon du socle............ 108 Figure 3-22 : Fracturation des grès de la partie basale de la formation Manitou Falls C. A : microfracturation d'un grès propre basal. B : zone cataclastique d'une faille dans un grès propre. C : multiples épisodes de fracturation dans un grès propre. D et E : remplissage par une matrice sableuse dans des fractures en extension. F : injection sableuse dans un grès propre. G : injections sableuses dans un grès argileux. H : fracturation hydraulique avec une silicification de la brèche. Le rectangle blanc correspond aux zones observées en lames minces (figure 3-24)...... 110 Figure 3-23 : Fracturation des grès du sondage Hyd 07-03 entre 581,5 m et 602 m. les fractures Figure 3-24 : Aspect du grès sain et exemples de fracturation observés dans le niveau de grès propre Figure 3-25 : Détail de remplissage argileux d'une zone de brèche dans les grès propres basaux. ... 114 Figure 3-26 : Coupe lithotectonique synthétique de la zone de Kianna (Feybesse, 2010). Cette coupe est faite avec les mêmes sondages que ceux de la section 3 (figures 2-16 et 2-23). La coupe complète Figure 3-27 : Schéma interprétatif des différents types d'argilisation observés dans les sondages de Shea Creek. En bleu les zones argilisées, en rouge les zones minéralisées. Les gouges argileuses peuvent être minéralisées ou stériles. Certaines roches peu fracturées présentent une forte altération qui est associée à la percolation de fluide dans les roches. Le degré d'altération décroit en

for a stand of the second state of the stand of the second for all of the stand of the stand of the second state of the
fonction de la proximité de la faille. Au dessus des zones fracturees et alterées des venules verticales peuvent être observées. Certaines zones minéralisées présentent une faible altération
a) les grès propres reposent sur la dissordance
Figure 3-29 : Localisation de la minéralisation en fonction de la distribution verticale des faciès à la base de la formation Manitou Falls dans le gisement de Kianna. La distribution de la minéralisation se développe au niveau des grès propres et s'étend dans les roches du socle en dessous de la discordance. Localisation figure (2-23)
Figure 3-30 : A : Répartition des compartiments de grès conglomératiques et de grès propres reposant sur la discordance le long du SLC. Les zones conglomératiques sont localisées en dehors des
grabens et les grès propres sont contenus à l'intérieur des grabens. Les structures en graben sont associées aux failles NW-SE et E-W. B : Shématisation de la déformation compressive entrainant la
formation des grabens (Feybesse, 2010) 122
Figure 3-31 : Différentes séquences Paragénétiques des minéraux observées dans les grès et dans les
roches du socle
Figure 4-1 : Diffractogrammes de poudre de roche totale entre 5 et 65 ° 2Theta sur les échantillons du district de Shea Creek, montrant la position des pics majeurs des différents minéraux identifiés. En pointillé gris le quartz, en jaune la dravite, en orange les APS, en vert la sudoite/chlorite
trioctaédrique, en bleu l'illite et en rose la kaolinite ou dickite (Kaol/dick)
Figure 4-2 : Diffractogramme de poudres orientées entre 3 et 30° 2Theta, montrant la position des pics d(00l) des différents minéraux argileux observés dans les échantillons de la zone de Kianna. Kaol = minéraux kaolins, III = illite, ChI = les chlorites (sudoite, clinichlore et chamosite), Sm = smectite. Le diffractogramme Shea 118 780 m montre un interstratifié I/S au niveau des pics de l'illite (9°2 K α) marqué par un gonflement des niveaux de smectite. Les diffractorammes acquis après séchage à l'air sont en noir et ceux obtenus après saturation à l'éthylène glycol en rouge. 129 Figure 4-3 : Diffractogrammes au niveau du domaine angulaire du pic d(060) qui se situe entre 60 et 63 ° 2k α pour la radiation du cuivre, ou entre 1,54 et 1, 48 Å. ChI = Chlorite trioctaédrique (clinochlore ou Chamosite), Sud = sudoite, ill = illite, kaol = minéraux kaolins. Echantillons de la zone de Kianna. 130
Figure 4-4 : Exemples de spectres en proche infrarouge pour les principaux types d'argiles et de la dravite du district de Shea Creek ou de Mc Arthur River
Figure 4-5 : Variation verticale des proportions relatives des différents types de minéraux argileux le long du sondage Shea 114-11. La minéralogie du socle est complètement différente du bassin. Le bassin est dominé par l'illite et les kaolins et le socle par l'illite et les chlorites
135
Figure 4-7 : Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles dans les échantillons de la section 1 de Kianna (figure 2-16)
Figure 4-8 Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles dans les échantillons de la section 2 de Kianna (figure 2-16)
Figure 4-9 : Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles dans les échantillons de la section 3 de Kianna (figure 2-16)

Figure 4-10 : Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles et dravite
dans les échantillons des sondages extérieurs au SLC et Anne142
Figure 4-11 : Distribution verticale des minéraux argileux et accessoires (dravite), calculée à partir du
calcul normatif sur 2500 analyses chimiques de roche totale répartis dans 190 sondages. Les analyses
chimiques sont extraites de la base de données ARC. Tous les sondages ont été recalés par rapport
au niveau marin (TVDSS)
Figure 4-12 : Modèle de genèse de la dickite lors de la diagénèse d'enfouissement (Beaufort et al., 1998)
Figure 4-13 : Distribution verticale des polymorphes des minéraux kaolins (kaolinite et dickite) le long
du sondage Shea 114-11, déterminée à partir d'analyse DRX sur poudres désorientées infra 5µm et
de spectres infrarouges acquis en mode transmisson sur pastille KBr145
Figure 4-14 : Spectres infrarouges de la fraction argileuse des grès de la formation Manitou Falls C
issus des divers secteurs du gisement de Shea Creek. La kaolinite est le seul polymorphe du sous-
groupe kaolin qui s'observe aussi bien dans les grès que dans les zones fracturées
Figure 4-15 : Modèle de calcul de l'indice de cristallinité (Hinkley) à partir des diffractogrammes de
poudres désorientées (Hinckley, 1963)147
Figure 4-16 : Les valeurs de δ^{18} O and δ D des fluides en équilibre avec les kaolinites à 200° C dans la
partie inférieure de la colonne stratigraphique recoupée par Shea 114-11 sont semblables à celles
des fluides en équilibre avec les kaolinites diagénétiques dans le bassin de l'Athabasca (Kotzer and
Kyzer, 1995) ainsi qu'à celle des kaolinites détritiques (K2) caractérisées par Quirt (2001) 149
Figure 4-17 : Spectres infrarouges d'argilite et d'intraclastes d'argile. Les traits en pointillés verts
indiquent la position des bandes de la dickite, en bleu les bandes de la kaolinite et en rouge la
position de la bande fixe des minéraux du groupe kaolin
Figure 4-18 : Spectres de proche infrarouge d'échantillons d'argilite et de grès très fins. Ils montrent
une composition de dickite et de kaolinite et riche en fer154
Figure 4-19 : Spectres infrarouges obtenus sur les grains de kaolinite détritique à l'aide d'un
microscope associé à un spectromètre (FTIR). L'image représente la zone analysée (Taille des spots :
50X50 μ m). Les grains sont composés de kaolinite et de dickite ; la matrice semble uniquement
composée de kaolinite. 1, 2 et 3 correspondent aux points d'analyse. En vert la position des bandes
de vibration des hydroxyles de la dickite et en bleu la position des bandes de vibration des hydroxyles
de la kaolinite. La flêche rouge montre la bande liée au fer structural dans les kaolins154
Figure 4-20 : Diffractogrammes RX de poudres désorientées de fraction inférieure à 2 μ m sur
différents échantillons d'illite dans les grès. Les positions des pics index des différents polytypes
(2M1, 1Mc et 1Mt) sont indiquées 157
Figure 4-22 : Diffractogrammes RX de poudres désorientées de fraction inférieure à 2 μ m sur
différents échantillons d'illite dans les roches minéralisées du socle. Les positions des pics index des
différents polytypes (2M1, 1Mc et 1Mt) sont indiquées 158
Figure 4-21 : Diffractogrammes RX de poudres désorientées de fraction inférieure à 2 μ m sur
différents échantillons d'illite dans les roches du socle. Les positions des pics index des différents
polytypes (2M1, 1Mc et 1Mt) sont indiquées158
Figure 4-23 : Projection de la composition cationique dans les octaèdres des illites des forages Shea
114, Shea 114-11 dans le diagramme AlVI/3 – Mg - Fe. Champs de composition des grès représenté
par le cercle bleu et socle par cercle rouge159
Figure 4-24 : Diffractogramme de la fraction argileuse d'échantillons de roches altérées du socle
montrant la présence d'interstratifiés illite-smectite. La quantité maximum de feuillets expansibles

est estimée aux environs de 10% sur la base de la position des pics après saturation à l'éthylène Figure 4-25 : Diagramme ternaire de la composition des phylosilicates trioctaédriques hydratés. Le Fe total est considéré ferreux dans les chlorites trioctaédriques et ferrique dans les sudoites. 161 Figure 4-26 : Diffractogrammes RX sur la fraction < 0,2 μm d'un échantillon riche en smectite. La position du pic d(060) est caractéristique d'une distance inter-réticulaire d'argile dioctaédrique Figure 4-27 : Projection des analyses chimiques ponctuelles des différents minéraux argileux (kaolinite, illite, sudoite, chlorite et smectite) dans un diagramme (MR3+, 2R3+,3R2+) de Velde (1985). Cim Kaol detri indiff (ciment et kaolinite détritique indifférenciés dans l'analyse), kaol détr (kaolinite détritique), kaol cim (ciment kaolinite) et kaolinite (vermicule de kaolinite). Mu = muscovite, Ka = kaolinite, ill = illite, Fd = feldspath, Ta = talc, chl = Chlorite, Sud = sudoite, Ph = phengite, Ce = celadonite. Composition structurale calculée pour la kaolinite = 14 oxygènes, illite et smectite = 22 oxygènes, sudoite et chlorite = 28 oxygènes......164 Figure 5-1 : Création d'un défaut paramagnétique décelable par spectrométrie de RPE (Clozel, 1991). Il s'agit ici du centre A de la kaolinite, défaut stable à l'échelle des temps géologiques. La substitution engendre un déséquilibre de charge, qui va être compensé par le départ d'un électron à proximité du site de substitution, à la suite de l'irradiation du minéral. La configuration paramagnétique devient alors observable en spectrométrie de RPE. 167 Figure 5-2 : Spectres RPE de référence de la kaolinite, l'illite et la sudoite des gisements d'uranium associés à une discordance. Les composantes g \parallel et g \perp correspondent à la position des spins parallèles et perpendiculaires au champ magnétique (d'après Morichon 2008, 2010). 168 Figure 5-3 : Variation de la concentration en défauts paramagnétiques des minéraux argileux en fonction de la distance verticale aux discontinuités majeures (discordance, failles et fractures associées...) dans le bassin de l'Athabasca. La zone hachurée représente les valeurs de fond régional Figure 5-4 : Coupe géologique du gisement de Kianna représentant l'implantation des forages Shea Figure 5-5 : Exemple de spectres RPE de fractions argileuses à dominante de kaolinite et d'illite provenant d'échantillons de grès du forage Shea 114-11 (les spectres ont été obtenus en bande X et Figure 5-6 : Variation verticale de la concentration en défauts d'irradiation des argiles à l'aplomb du Figure 5-7 : Projection de la concentration en défauts d'irradiation des argiles mesurée par RPE en fonction du débit de dose des échantillons analysés. Les cercles rouges représentent les données des échantillons de grès du bassin et les cercles blancs ceux du socle......175 Figure 5-8 : Comparaison des spectres RPE des argiles des forages Hyd 07-03 et Hyd 07-05 avec ceux obtenus dans les forages de Kianna (Shea 114-8, Shea 114-9 et Shea 118-1). A et C : spectres des argiles de grès de la formation MFc......176 Figure 5-9 : Variation de la composition des APS du bassin d'Athabasca dans un diagramme ternaire S-Sr-LREE en fonction de leur distance aux gisements d'uranium (Gaboreau et al, 2005)...... 179 Figure 5-10 : Variation du domaine de stabilité des APS en fonction des paramètres pH et Log f02. La flèche symbolise l'évolution du domaine de stabilité lors de la transition svanbergite-florencite

Figure 5-11 : Variation conjuguée des paramètres chimiques ∑REE et P/S des APS en fonction de la
diminution de la fugacité en oxygène du milieu (d'après Gaboreau et al, 2007)
Figure 5-12 : Diagramme de la composition en LREE (LREE/LREE+Sr+Ca) et Sr+Ca (Sr+Ca/LREE+Sr+Ca)
dans les échantillons de grès, argilites et du socle dans les sondages Shea 114-11 et Shea 118-4 à
Kianna (A) et Hyd 07-05, 01 et Shea 22 (B) 183
Figure 5-13 : Variation verticale des teneurs en LREE (LREE/LREE+Sr+Ca) des APS dans les sondages
Shea 114 et Shea 114-11. Les différentes zones minéralisées sont localisées en rose
5-14 : Détail des zonations chimiques des APS à proximité de la minéralisation du socle.
L'augmentation de la brillance observée en périphérie des cristaux est liée à l'augmentation de leur
teneur en terres rares légères. Ces images MEB ont été réalisées en mode électron rétrodiffusé. A:
échantillon Shea 114-11 844m. B: échantillon Shea 114-11 855m (Beaufort, 2009)
Figure 5-15 : Variation verticale des teneurs en LREE des APS de la formation Manitou Falls de Kianna
et hors de la structure minéralisée
Figure 5-16 : Variation de la composition des APS dans un diagramme ternaire S-Sr-LREE dans les
grès, argilites et grès fins, intraclaste d'argile de la formation Manitou Falls et dans les roches altérées
du socle
Figure 5-17 : Représentation schématique des deux principaux types de gisements d'uranium du
hassin d'Athabasca associés à une discordance avec leur signature géochimique snécifique en
fonction des transferts de fluides impliqués (d'anrès Eavek et Kyser, 1997)
Figure 5-18 : Compilation de la distribution verticale des concentrations en $\Lambda I_{-}\Omega_{-}$ et Ti Ω_{-} dans
Hansample des condages de la zone ESP à Anne à partir du logisiel Cosed. En 7 la profendeur TVDSS
(poir)
Figure 5-19 : Compilation de la distribution verticale des concentrations en $7r$ et P.O. dans
l'ensemble des condages de la zone 588 à Anne à partir du logiciel Gocad. En 7 la profondeur TVDSS
(noir)
(1011)
Figure 5-20: Compliation de la distribution verticale des concentrations en 0 et 11 dans rensemble
des sondages de la zone 588 à Anne à partir du logiciel Gocad. En 2 la profondeur TVDSS (noir) 193
Figure 5-21 : Compliation de la distribution verticale des concentrations en Sr, Nb, LREE et HREE dans
l'ensemble des sondages de la zone 58B à Anne à partir du logiciel Gocad. En Z la profondeur TVDSS
(noir)
Figure 5-22 : Relation entre les différents éléments chimiques dans les grès du Manitou Falls C dans
la zone de Kianna et dans les niveaux d'argilite. Le nombre d'échantillons utilisé est de 22 grès du
MFc et de 14 argilites
Figure 5-23 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites des grès de différentes parties du
bassin d'Athabasca : Rumpel Lake, West Central Region, Maybelle River et Mc Arthur River. On note
l'enrichissement important en terres rares et en yttrium des grès proches du halo d'altération du
gisement de McArthur River (d'après Fayek, 1997)197
Figure 5-24 : Spectre de terres rares normalisé aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985) d'un grès
moyen et d'une argilite qui sont en contact stratigraphique à 660m de profondeur dans le forage Hyd
07-05
Figure 5-25 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985)
montrant la variation de la concentration en terres rares en fonction de la granulométrie des grès.
• •

rigure 5-26 : Spectres de terres rares normalises aux chondrites (Taylor et Mic Cleminan, 1985) de la
Serie de gres du transect vertical Shea 114, Shea 114-11 situe à l'aplomb de la mineralisation de
Kianna (A) et d'un ensemble de gres representatifs de la formation MFc a Kianna
Figure 5-27 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985) des
échantillons de grès des forages hydrogéologiques situés hors de la structure minéralisée de Shea
Creek (extraction de la base de données ARC) 204
Figure 5-28 : Comparaison entre la distribution verticale de la teneur en éléments Al ₂ O ₃ et TiO ₂ dans
l'ensemble des grès du district de Shea Creek (58B à Anne), la concentration en défauts d'irradiation
et de l'enrichissement en LREE des APS. La discordance pour le sondage Shea 114-11 est à 714 m et
dans l'ensemble de Shea Creek la discordance la plus profonde est à 750 m (TVDSS = 370 m). Les 4
log ont été calés à partir des niveau 300 m et 0 m TVDSS 207
Figure 5-29 : Comparaison entre la distribution verticale de la teneur en minéraux argileux (kaol-
dickite, illite et sudoite) dans l'ensemble des grès du district de Shea Creek (58B à Anne), la
concentration en défauts d'irradiation et de l'enrichissement en LREE des APS. La discordance pour le
sondage Shea 114-11 est à 714 m et dans l'ensemble de Shea Creek la discordance la plus profonde
est à 750 m (TVDSS = 370 m). Les 5 log ont été calés à partir des niveaux 300 m et 0 m TVDSS 208
Figure 6-1 : Les différents modèles surfaciques avec un maillage triangulaire tel que les horizons et
les failles
Figure 6-2 : Les différents objets qui peuvent être représentés dans les modèles Gocad et
visualisation des variations de propriétés appliqués aux modèles
Figure 6-3 : Exemple de modèle de Variogramme défini par la distance h entre les points et P la
variable. Le Sill (nalier) est la limite de corrélation entre les données et la distance (nortée) de cette
limite. Les croix représentent le variegramme expérimentale et la courbe en vert le variegramme
théorique
Figure 6-4 · Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain · 216
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :
Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain :

Figure 6-12 : Modèle d'altération de la zone de Kianna. En rose la zone considérée comme saine, en jaune la zone altérée et en rouge la minéralisation (dans le socle et perchée dans les grès). A, B, C et D montrent différents points de vue sur le modèle. En D la distribution de la minéralisation dans le Figure 6-13 : Direction de plans identifiés dans le modèle 3D d'altération de la zone de Kianna altérée et par rapport aux différentes minéralisation en rouge (perchée, à la discordance et dans le socle). A : en vert la zone considérée altérée, en violet la zone peu altérée. B : les différentes directions marquées par la limite violet-vert, identiques à celles des failles connues. En vert R3, en orange E-W, e, noir NW-SE et en jaune NE-SW. C : en bleu les failles E-W modélisées par AREVA...... 232 Figure 6-14 : Répartition de zones enrichies en argile dans la partie basale du Bassin de l'Athabasca suivant une direction NNW-SSE qui correspond à la coupe C (figure 2-23) définie à partir des teneurs en Al₂O₃ des roches (A) et répartition des zones dans laquelle la kaolinite représente plus de 50 % de Figure 6-15 : Répartition des zones altérées dans lesquelles l'illite (A) et la sudoite (B) prédominent dans la fraction argileuse de la partie basale des grès d'Athabasca suivant une coupe NNW-SSE qui correspond à la coupe C du transect 58B-Anne (figure 2-23). En rouge les corps minéralisés, en jaune les failles R₃, en bleu les failles E-W et en vert les failles NE-SW. Figure 6-16 : Répartition des zones enrichies en dravite (A) et des zones enrichies en terres rares et strontium (B) dans la partie basale des grès d'Athabasca, suivant une coupe NNW-SSE qui correspond Figure 6-17 : Répartition de la zone altérée dans le socle suivant une coupe NW-SE qui correspond à Figure 7-1 : Scénario proposé pour la mise en place des argiles et des minéraux associés aux gisements d'uranium dans le bassin de Kombolgie (d'après Beaufort et al., 2005)...... 241 Figure 7-2 : Distribution verticale des éléments radiogéniques et du gamma ray dans les sondages hydrogéologiques (Hyd 07-1, 03, 04, 05) localisés à l'extérieur de la zone minéralisée. Dans ce contexte non minéralisé où les concentrations en uranium sont faibles et très peu variables, il existe une bonne corrélation entre les variations du rayonnement gamma enregistré et celles des éléments Figure 7-3 : Schéma synthétique du remplissage sédimentaire observé dans la formation Manitou Falls. Cette formation a subi plusieurs épisodes de dépôt de sédiments, de vannage des particules fines et d'érosion et de nombreux hiatus sédimentaires. Colonne stratigraphique du Manitou Falls harmonisée par rapport aux précédentes études de Collier (2001,2002, 2004, 2007) et Ramaekers Figure 7-4 : Carte montrant la position des structures en grabbens au niveau de Shea Creek. La distribution actuelle des conglomérats semble être conditionnée par la position d'une flexuration Figure 7-5 : Coupe lithotectonique synthétique de la zone d'Anne (Feybesse, 2011). Cette coupe montre la morphologie en horst et grabben et la distribution des différentes failles identifiées dans la Figure 7-6 : Schématisation du remplissage sédimentaire précoce associé à la formation des grabens dans la zone de Shea Creek. 1) Période post-orogenèse et début de la compression E-W qui entraine la flexuration du socle et son érosion. 2) Mise en place des grabens durant la flexuration et son remplissage sédimentaire. (A). Premiers stades de la formation des grabens. (B) initiation du remplissage sédimentaire. (C) Première phase d'érosion et de vannage du dépôt sédimentaire..... 252

Figure 7-7 : Schématisation du remplissage sédimentaire associé à la formation de grabens la zone de
Shea Creek (suite). 3) 2ème phase de dépôt et de vannage des sédiments. 4) 3ème phase de dépôt
de sédiments.Les grains détritiques sont plus fins comprenant des niveaux d'argilite et d'intraclastes
argileux. Cette phase est suivie par une période de vannage et d'érosion des sédiments. A partir de la
phase 4, la compression E-W décroît
Figure 7-8 : Evolution des grès argileux vers des réservoirs captifs au paroxysme de la subsidence (et
de la diagenèse). Avec l'augmentation de la profondeur d'enfouissement, la cimentation
diagénétique des grès « propres » crée des barrières de perméabilité de part et d'autre des grès
argileux qui évoluent progressivement vers des réservoirs isolés dans lesquels les fluides captifs
acquièrent des pressions supérieures à la pression hydrostatique
Figure 7-9 : Mise en place de la phase d'altération et de minéralisation selon le modèle diagénétique-
hydrothermal
Figure 7-10 : Coupe longitudinale de la distribution des minéraux argileux issue de la modélisation 3D
Gocad. La zone où la kaolinite est préservée, est importante au niveau de Kianna et des autres zones
minéralisées à la discordance. L'illite et la sudoite sont abondantes dans les zones 58B, Kianna nord
et Anne. Globalement les zones Ingress (bleu) et Egress (orange) peuvent être déterminées 259
Figure 7-11 : Modèle de distribution des minéraux argileux couplant hydrodynamique et signature
minéralogique des altérations autour des gisements de Kianna et Anne. La kaolinite est associée aux
fluides diagénétiques et l'illite et la sudoite aux fluides hydrothermaux remontant de socle altéré. 260
Figure 7-12 : Comparaison des profils chimiques de l'aluminium dans des forages de la région de Shea
Creek et de Maybelle River. Al ₂ O ₃ qui signe les minéraux argileux montre des teneurs faibles dans
tous les prospects stériles contrairement aux gisements de Shea Creek et Maybelle River où la teneur
est très importante dans la formation sédimentaire située à la base du bassin

Introduction Générale



Figure 0-1 : Cartes localisant le bassin de l'Athabasca dans la province du Saskatchewan, les plus grands gisements d'uranium du bassin de l'Athabasca et les gisements de Shea Creek (Anne et Colette) ainsi que les différents prospects autour du district de Shea Creek.

1. Introduction générale

1.1.Enjeux et objectifs

Ces dix dernières années, les tensions mondiales sur les ressources en énergie et les contraintes environnementales ont fortement augmenté l'intérêt pour la prospection d'uranium. Et ce malgré la dernière catastrophe de Fukushima Daiichi, entrainant la chute des cours de l'uranium et obligeant les compagnies minières à ralentir leurs investissements. Aujourd'hui, la consommation d'énergie ne cesse d'augmenter dans le monde : en 2010 la consommation d'énergie mondiale a progressée de 5,5 %. En 2012, 433 réacteurs sont en activité, 63 en cours de construction et 160 sont planifiés ce qui implique des besoins croissants et importants en uranium dans les années à venir malgré l'arrêt de certaines centrales. Certains pays prêts à abandonner l'énergie nucléaire en 2011, commencent à revoir leur stratégie (Japon, Allemagne).

En 2011, le Canada était le deuxième producteur mondial d'uranium avec 9145 t U soit 17% de la production mondiale (53.495 t U) derrière le Kazakhstan (19.450 t U). La totalité de la production provient de 2 mines (McArthur River et Eagle Point) situées dans le bassin de l'Athabasca. A ce jour, tous les gisements découverts se situent en bordure de ce bassin et à faible profondeur (moins de 200 m). Les récentes découvertes majeures entre 700 m et plus de 900 m de profondeur, dans le district de Shea Creek (Ouest Athabasca), montrent que ce bassin présente encore un fort potentiel pour la découverte de nouveaux gisements. Actuellement les ressources estimées dans les gisements du district de Shea Creek sont d'environ 1900 t U d'après UEX Corporation dont 713 t U dans le gisement de Kianna, 484 t U dans le gisement d'Anne et 675 t U dans le gisement de Colette. De nouvelles minéralisations en uranium sont également en cours de découverte.

Les gisements du District de Shea Creek se situent dans la partie ouest du bassin de l'Athabasca, à environ 13 km au sud de l'ancien district minier de Cluff Lake (figure 0-1). Ils se répartissent sur 3 km le long d'une structure géophysique (conducteur graphitique) connue sous le nom de « Saskatoon Lake conductor » (SLC). Ces gisements se caractérisent par la présence de minéralisations bien exprimées à la fois dans les grès (minéralisations perchées), à la discordance et dans le socle, ce qui les différencie des autres gisements du bassin de l'Athabasca qui ne présentent généralement qu'un seul ou deux types de minéralisation. Ce qui fait l'intérêt des gisements du district de Shea Creek, c'est le grand développement des structures et des brèches associées et la présence de minéralisations de socle très profondes et non fermées en profondeur. Les derniers sondages sur le secteur de Kianna Est ont recoupé des minéralisations autour de 990-1000 m. Ce sont aujourd'hui les minéralisations les plus profondes reconnues dans le bassin de l'Athabasca.

Ces nouvelles données font de Shea Creek un gisement de référence pour les futures études qui viseront à améliorer nos connaissances sur les relations spatiales et temporelles qui unissent les divers épisodes d'altération et de minéralisation en uranium à l'échelle globale (incluant tous les types de minéralisation).

La problématique argile dans la prospection des gisements d'uranium associés à une discordance a été étudiée par nombre d'entités au Canada (Saskatchewan Research Concil SRC et d'autres universités de par le monde). Depuis plusieurs années, la R&D d'AREVA a entrepris un partenariat avec le laboratoire HydrASA de l'Université de Poitiers, pour optimiser l'outil "argile" pour la prospection de nouveaux gisements situés dans les parties profondes de bassin sédimentaire hôte des gisements d'uranium associés à une discordance. Ce partenariat a débouché sur l'initiation de plusieurs sujets de thèse.

1.2.Partenaires dans cette thèse

Cette thèse a été réalisée en partenariat avec le laboratoire HydrASA de l'Université de Poitiers qui est une équipe intégrante de l'IC2MP (UMR 7285 CNRS-Université de Poitiers) depuis janvier 2012, la société ERM qui est l'employeur dans le cadre d'un dispositif CIFRE et le groupe AREVA à travers deux entités : AREVA Ressource Canada et AREVA NC-DGS.

1.3.Les principaux objectifs

Les objectifs définis pour cette thèse sont les suivants :

- Collecte des données géologiques disponibles dans la partie ouest du bassin de l'Athabasca et plus particulièrement dans le secteur Kianna-Anne du gisement de Shea Creek.
- Identification et caractérisation des signatures physico-chimiques des minéraux argileux, pertinentes pour la prospection des zones minéralisées non découvertes à ce jour.
- Maîtrise de la chronologie (relative et absolue) des altérations argileuses.
- Caractérisation, à toutes les échelles, du contrôle structural sur la circulation des solutions pendant l'altération.
- Représentation tridimensionnelle précise des objets (distribution spatiale des altérations argileuses associées aux différents styles de minéralisation et aux brèches) par rapport aux déformations.

1.4.Description

Le but de cette thèse est l'optimisation de l'outil "argile" pour aider à la prospection de nouveaux gisements associés à une discordance et situés dans les parties profondes du bassin de l'Athabasca méconnues à ce jour. Il a été démontré que les processus d'altération génèrent une grande quantité d'argiles qui sont des marqueurs efficaces des variations spatiales et temporelles des conditions physico-chimiques durant la vie des systèmes géologiques dans lesquelles se sont constitués les gisements d'uranium.

Kaolinite, dickite, illite, sudoïte, chlorite trioctaédrique, smectite sont les principaux types d'argile rencontrés dans les halos d'altération. Ces minéraux ont des caractéristiques minéralogiques spécifiques telles que leur texture, leur structure cristalline et leur composition chimique qui sont héritées des paléo-conditions qui existaient durant les processus de minéralisation (température, pH, redox, activité chimique, rapport fluide-roche). Ces argiles devraient permettre d'améliorer la distribution des gisements d'uranium à l'échelle régionale.

D'après le modèle diagénétique-hydrothermal communément admis (Hoeve & Quirt, 1984, 1987; Kotzer & Kyser, 1995; Jefferson et al., 2007), les conditions de genèse des gisements d'uranium associés à une discordance consistent en :

- une migration à grande échelle d'uranium transporté par des solutions diagénétiques acides ou oxydantes circulant principalement à proximité du fond du bassin et infiltrant les roches du socle sous-jacent jusqu'à plus de 200 m sous la discordance.
- le développement de fortes zones d'altération argileuse au niveau des grès, de la discordance et du socle sous-jacent.
- un dépôt d'uraninite le long de fronts redox stabilisés au niveau de la discordance, dans les grès (minéralisation perchée) et/ou dans le socle jusqu'à au moins 200 m de profondeur.

Les modalités de circulation des fluides expliqueraient la formation de gisements d'uranium polymétalliques dans les grès et à la discordance, et monométalliques dans le socle.

Bien entendu, toutes les circulations sont guidées par les grandes structures préexistantes du socle qui ont été réactivées ultérieurement.

1.5.Développement du projet

Cette thèse doit permettre de déterminer les relations spatiales entre les structures géologiques, les corps minéralisés et les halos d'altération qui sont interceptés par les sondages. Le projet a été mené selon 4 étapes principales :

1) Collecte des données et échantillonnage lors de missions de terrain à Shea Creek

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide des données d'exploration disponibles des zones minéralisées de Anne, Kianna, 58B et Colette du district de Shea Creek. L'échantillonnage s'est effectué au niveau des différents types de structure des roches du bassin et du socle. Les échantillons devaient être représentatifs de l'altération associée à tous les styles de minéralisation et devaient prendre en compte la variation des minéraux argileux en fonction de la distance aux corps minéralisés ou à la déformation cassante des roches.

2) Analyse des échantillons collectés

Les échantillons ont été analysés en utilisant les méthodes suivantes :

- Etude pétrographique des roches altérées avec l'analyse au microscope optique de lames minces et d'analyse MEB (Microscope Electronique à Balayage)
- Analyse chimique sur roche totale par la méthode ICP-MS (éléments majeurs et en trace)
- Identification et caractérisation de la structure cristalline des minéraux argileux par des méthodes modernes de diffraction par rayon X et des méthodes spectroscopiques (spectroscopie IR).
- Microanalyse chimique des argiles et des minéraux associés (APS)
- Analyse quantitative des défauts d'irradiation (RPE) des argiles induits par les éléments radioactifs transportés en solution.

3) Modélisation 3D

Réalisation d'un modèle 3D avec le logiciel Gocad qui intègre la distribution spatiale des fractures, de l'altération argileuse et de la minéralisation à l'échelle globale du projet Shea Creek.

4) Modèle génétique et guides d'exploration

Intégration des résultats dans un modèle génétique des gisements d'uranium associés à une discordance permettant de mieux comprendre les pré-requis nécessaires à la mise en place à l'échelle locale de la minéralisation et de l'altération associée et conséquences pour les guides d'exploration des gisements profonds à l'échelle du bassin.

2. Etat des Connaissances, Géologie régionale et Echantillonnage

2.1.Introduction

Le bassin de l'Athabasca repose sur un bouclier archéen recoupé par des ceintures orogéniques, formées durant le paléo-protérozoïque. L'histoire du bouclier est caractéristique de l'assemblage de plusieurs cratons, arcs magmatiques et de roches métamorphiques. Deux événements majeurs marquent cette période : l'orogénèse Thélon-Talston de 2 à 1,86 Ga et l'orogénèse Trans-Hudsonienne de 1,88 à 1,76 Ga à l'origine du continent Laurentia. Ces orogénèses ont mis en contact les provinces Slave et Supérieure pour former les provinces de Rae et Hearne (figure 2-1), séparées par la zone tectonique et mylonitique de Snowbird (Lewry and Collerson, 1990; Hoffman, 1988).



Figure 2-1 : Carte géologique du bassin de l'Athabasca issue du programme de recherche Extech IV (Jefferson, 2007) avec la position des principaux gisements d'uranium. Sur cette figure sont également représentées les provinces de Rae et de Hearne séparées par la shear zone de Virgin River (VRSZ). Carte du socle d'après Portella et Annesley (2000a), Thomas et al. (2002) et Card et al. (2003, 2007a, B) et stratigraphie du bassin d'après Ramaekers (2007).

2.2.Les roches du socle du bassin de l'Athabasca

La province de Hearne, connue aussi sous le nom de Cree Lake zone, est située dans la partie ouest du bouclier de Churchill. Elle est constituée de plusieurs domaines (Virgin River, Mudjatik, Wollaston et Peter Lake) comportant des granitoïdes et des gneiss recoupés par des ceintures orogéniques dont les zones de cisaillement de Cable Bay et Needle Falls (figure 2.2). Ces granitoïdes et gneiss sont dérivés de méta-sédiments supra-continentaux de sources diverses : rift, marge passive et environnement de bassin d'avant-pays (Yeo and Delaney, 2007) et probablement aussi de roches d'arcs volcaniques plus jeunes (Tran et al., 2007).

La province de Rae, également connue sous le nom de Western Craton, comprend les domaines de Lloyd, Clearwater, Beverlodge, Zemlak, Tantato, et la structure de Carswell (figure 2.2). Elle est caractérisée par une séquence supracrustale formée principalement de roches méta-sédimentaires.

Le domaine de Lloyd se situe à l'ouest de la structure de Virgin River. Il est composé de 2 domaines Western Granulite (East Lloyd) et Firebag (West Lloyd) qui sont séparés par la grande zone de structures du domaine de Clearwater (Card, 2002). Les plus vieilles roches de ce domaine (groupe Careen Lake) comprennent des roches supra-crustales d'âge inconnu, métamorphisées sous de très fort gradients, et qui sont dominées par des migmatites à diatexitiques psammo-pélites avec des intercalations de psammite, quartzite, amphibolite et de roches ultrabasiques (Card, 2002). Cependant le groupe Careen Lake et les granodiorites qui l'ont traversé, ont subi un événement métamorphique entre 1,94 et 1,90 Ga (Stern and al., 2003; Brouand et al., 2003).

Le domaine de Clearwater est particulièrement bien défini par sa forte signature magnétique. Il correspond à une large zone de structures que les intrusions granitiques ont utilisées pour se mettre en place, donnant ainsi une signature magnétique dans le domaine de Lloyd (Card, 2002). Les datations U-Pb évaluent à 1.83 Ga l'âge des granites (Stern and al., 2003; Bickford et al., 1994). Les roches du domaine de Clearwater ne sont généralement pas exposées, mais elles sont supposées être constituées de granites riches en feldspath potassique et granito-gneiss. Ces observations sont basées sur les affleurements des gorges de la rivière Clearwater et sur les faciès recoupés par quelques sondages carottés (Sibbald, 1974; Card, 2002).

Les domaines de Beaverlodge, Zemlak et Tanto sont dominés par des roches du groupe Murmac Bay qui comprennent des schistes verts et des roches de faible faciès amphibolite qui sont en discordance sur un socle granitique âgé de 3,05 à 3,0 Ga. Le métamorphisme a été daté approximativement de 2,6 à 2,5 Ga sur les monazites. Des roches intrusives plus jeunes sont communes, dont une suite de granites à 2,35 à 2,3 Ga, recoupés par des dykes de diabases à 1,95 Ga (O'Hanley et al., 1994; Ashton et Hunter, 2004). Le domaine de Tantato a été identifié par la préservation de roches ayant enregistré exceptionnellement un fort état de contraintes et un assemblage métamorphique de haute pression. Il est aussi appelé le triangle mylonitique de l'Est Athabasca (Hanmer et al., 1994), qui appartient à la zone tectonique Snowbird.

La structure de Carswell est due à un impact météoritique d'âge présumé Ordovicien (Pagel et al., 1985) qui a permis une remontée du socle sur plus d'un kilomètre à travers les formations sédimentaires de l'Athabasca. 2 types de lithologies y ont été définies (Pagel et Svab, 1985; Beaudemont and Fedorowich, 1996) :

- Le complexe de Earl River caractérisé par des gneiss basiques (mafiques), des métapélites et granitoïdes et des pegmatites.
- Les gneiss de Peter River principalement composés de migmatites alumineuses et de pélites diatexiques.



Figure 2-2 : Image aéromagnétique en champ total du socle du bassin de l'Athabasca. Elle met en évidence les structures et les zones de contraste de gradient magnétique. En pointillé épais est représentée la limite du domaine de Llord et en pointillé fin les grande structures (Card, 2002, 2007).

Les roches méta-sédimentaires composant les roches métamorphiques comprennent des gneiss pélitiques et des métapélites graphitiques bien représentés sous les bassins de l'Athabasca et du Thélon au Canada et sous la formation Kombolgie en Australie (Davidson

et Gandhi, 1989; Dahlkamp, 1993). Les unités graphitiques d'épaisseur relativement faible (de l'ordre de quelques mètres) sont intercalées entre des dômes de gneiss compétents et sont le foyer de déformation locale durant les plissements régionaux, les chevauchements et les dernières déformations cassantes. Dans l'est du bassin de l'Athabasca, les unités graphitiques appartiennent à la formation du Karin Lake et du groupe Daly Lake. Plus à l'ouest, vers Maybelle River et à Shea Creek, elles sont considérées comme des composantes supracrustales de la zone magmatique du Talston (Rippert et al., 2000; Brouand et al., 2003; Card et al., 2007).

Les roches du socle dans la zone de Shea Creek sont un assemblage du groupe Careen Lake qui a été déformé par l'orogenèse Talston (Card, 2007) et qui a enregistré une réponse magnétique. Les anomalies positives correspondent à la ceinture magnétique datée vers 1980-1960 Ma sur la base d'étude sur le paléomagnétisme, un âge qui correspond à celui de la diorite quartzique des domaines de Lloyd et Talston (figure 2-3). Les anomalies magnétiques négatives comprennent la ceinture de gneiss granitiques et metapélites alumineuses, et de gneiss graphitiques typique de la zone magmatique du Talston, et sont âgées de 1930-1910 Ma (Brouand, 2002). Dans ces anomalies magnétiques négatives, les gneiss graphitiques constituent la structure du Saskatoon Lake Conductor (SLC) qui est le guide majeur pour la prospection géophysique des gisements d'uranium dans cette région. La succession lithologique a été décrite par Lorilleux et Beaudemont, (1998).

2.3.Le métamorphisme dans la province de Rae

A l'exception des intrusions granitiques les plus jeunes, les roches du socle sont généralement très déformées (Card et al., 2007). Des évènements métamorphiques de haut grade d'âge Archéen sont connus dans la province de Rae (Crocker et al., 1993; Hanmer, 1995; Hartlaub et al., 2004). Cependant, les principaux épisodes de métamorphisme sont enregistrés entre 1940 et 1900 Ma (Paléoprotérozoique) dans la zone magmatique du Talston (1987, Stern et al., Baldwin et al., 2003; Bostock et al., 2003, Card et al., 2003; Hartlaub et al., 2004). Dans le domaine de Lloyd, 2 populations de zircons métamorphiques ont donné des âges de 1940-1930 et 1900 Ma (Stern et al., 2003) : le premier correspondant au pic de métamorphisme de la zone magmatique du Taltson et le deuxième au métamorphisme enregistré au nord de la province du Rae (1910-1900 Ma). Généralement l'assemblage métamorphique du domaine de Lloyd correspond au faciès amphibolite supérieur, excepté dans le nord-est de l'Alberta où le métamorphisme et les déformations affectent moins les roches plutoniques (Card et al., 2003).Globalement, le métamorphisme enregistré par le domaine de Lloyd est induit par la phase de déformation en transpression qu'a subi l'ensemble du bassin où les plus fortes contraintes sont localisées près de la zone tectonique du Snowbird de Virgin River (Snoeyenbos et al., 1995; Card et al., 2001b; Ashton et al., 2003;). L'effet de l'orogénèse Trans-Hudsonienne est plus exprimée à l'est du domaine de Lloyd, en particulier dans les unités granitiques (1840 - 1820 Ma) qui sont probablement le produit d'anatexies paléo-protérozoïques (Bostock et al., 1987, Stern et al., 2003).



Figure 2-3 : Carte magnétique du socle des districts de Cluff Lake et Shea Creek avec une interprétation de la série de décollement induits par la compression E-W (Beaudemont, 1995, 1998). Au sud de Cluff Lake, on observe une série de chevauchements.

Les déformations tectoniques observées dans la province de Rae montrent une foliation NNE à NE (Card et al., 2003). Dans la zone magmatique du Talston (2 à 1,86 Ma), la phase de déformation en transpression a réactivé certaines structures notamment dans la partie sudouest du bassin. La grande zone de cisaillement de Beatty River réactivée est affectée par un décrochement dextre qui entraine une rotation régionale du socle et donc modifie la foliation primaire NNE à NE vers une direction NNW (figure 2-3). Un autre effet de cette transpression est un décollement et un chevauchement des formations métasédimentaires et felsiques formant un empilement de nappes (Beaudemont, 1995, 1996, 1998; Rippert, 1998 et Feybesse, 2010, 2011).

2.3.1. La déformation métamorphique à Shea Creek

A l'échelle régionale, Les premières phases de déformation des roches du socle donnent des foliations S1 de direction principale NNW, de pendage modéré à faible WSW. Les gneiss pélitiques graphitiques du Conducteur graphitique Saskatoon Lake (SLC) sont affectés par une zone de cisaillement nommée R₃ qui montre des directions similaires à ces phases de déformation. Une autre série de zones de cisaillements mylonitiques très minces nommée D₃, de direction NE et de pendage abrupt est contemporaine du développement de la zone de cisaillement de Beatty River (Baudemont, 1996; Moriceau, 1997 et Flotté, 2005).

2.4.Les structures dans le socle du bassin de l'Athabasca

Le socle métamorphique du bassin de l'Athabasca est traversé par de nombreux systèmes de failles complexes (figure 2-4). La plus importante de ces structures est la zone tectonique Snowbird qui sépare les provinces du Rae et de Hearne et qui se prolonge au nord et au sud du bassin par les zones de cisaillements de Black Bay Lake-Legs Lake et de Virgin River respectivement (Hoffman, 1988).



Figure 2-4 : Carte des grandes structures identifiées dans le socle qui traversent les bassins de l'Athabasca. Carte originale (Ramaekers, 2004).
Cette zone tectonique du Snowbird est une structure postérieure à l'orogenèse Talston-Thelon et est supposée être une grande zone de décrochement intracratonique avec un mouvement dextre. La zone de cisaillement de Grease River au nord de l'Athabasca est une grande zone mylonitique qui fusionne au cisaillement de Blake Bay Lake - Legs Lake (Hanmer, 1997). Les relations géométriques indiquent que le cisaillement de Grease River pourrait être une zone de cisaillement de type Riedel (Card et al., 2007). La zone de cisaillement de Cable Bay est exposée au sud-est du bassin de l'Athabasca où elle forme en partie une limite entre les domaines de Virgin River et de Mudjatik.

La zone de faille de Tabernor est un assemblage de plusieurs décrochements nord qui se sont formés durant l'orogenèse Trans-Hudsonienne. Elle est considérée comme une zone de cisaillement ductile intracratonique (Elliot, 1995). Un ensemble de décrochements N à NNW particulièrement important dans le sud ouest du bassin pourrait être lié au système de Tabernor, incluant les failles du Clearwater River (Card et al., 2007). La zone de cisaillement Beatty River au sud de la structure de Carswell présente une composante ductile de déplacement dextre avec un faciès mylonitique schiste vert repris par des déformations cassantes.

Ces différentes failles marquent l'histoire de la déformation tectonique du socle anté-Athabasca. Elles ont aussi affectées les roches du bassin par des réactivations plus tardives. Elles constituent donc un tableau composé de différents attributs tels que dextres ou sénestres, en extension ou trans-pression, ductile ou cassant dans lequel de nombreuses failles subsidiaires qui sont invisibles à l'échelle régionale jouent un rôle majeur dans la mise en place des gisements d'uranium (Jefferson et al., 2007).

2.4.1. Les structures du district de Shea Creek

Structures anté-Athabasca

Plusieurs failles ou zones de cisaillement sont visibles entre Anne et Colette (figure 2-5). Elles se distinguent par le décalage des gneiss pélitiques contenant la structure graphitique du conducteur de Saskatoon Lake (SLC) :

- De multiples failles NE de composante dextre ont un déplacement de l'ordre de 40 à 110 m. Les principales failles sont répertoriées sous le nom des failles 7000N, 7250N, 7600N, 8450N et 8800N, le plus grand décrochement étant associé aux mouvements de la faille 8450N (Robbins et al., 1998; Baudemont et Lorilleux, 1998).
- Les failles E-W à NE de composante sénestre montrent un déplacement des gneiss pélitiques et de la discordance, en particulier la zone de faille de Kianna (figure 2-5).
 Des mylonites coïncident avec cette zone de failles. Selon Flotté (2005) et Koning et al. (2008), ces failles pourraient contrôler la distribution de la minéralisation du socle.

Toutes ces directions de cisaillement suggèrent une direction globale de raccourcissement WSW-ENE et sont compatibles avec les décalages déduits de la zone de cisaillement mylonitique D_3 (NE). Ceci laisse supposer que les déplacements notés sur deux zones de cisaillement orientées différemment sont contemporains (UEX, 2010).

Structures Post-Athabasca

Au niveau des roches du bassin, les structures sont clairement observables par le changement de la topographie de la surface de discordance, mettant en évidence un rejeu postérieur à la mise en place du bassin. A Shea Creek, l'effet le plus significatif est le décalage de la discordance par la structure R_3 (N130-150) localisée au niveau de l'unité pélitique qui joue en faille inverse (figure 2-5). La largeur de la zone affectée est comprise entre 50 et 150 m et la déformation est accommodée par de nombreuses petites structures parallèles à R_3 .

Ce décalage vertical s'observe par un soulèvement du compartiment SW tout le long du corridor d'une hauteur de l'ordre de 35 à 50 m dans le secteur de Kianna, autour de 35 m dans le secteur d'Anne et d'environ 20 à 25 m dans le secteur de Colette (UEX, 2010). Dans certaines zones de chevauchement, des niveaux conglomératiques peu épais ont été observés de part et d'autre de la zone de faille ce qui confirme une réactivation post-Athabasca de ces structures (UEX, 2010). Les failles pré-Athabasca de direction NE et E-W montrent très peu de déplacements post-Athabasca, ce qui suppose qu'elles n'ont probablement pas été réactivées de manière significative par la tectonique post-Athabasca (UEX, 2010) :

- Les failles NE (N100-110) dont les failles 8450N, 7250N et 7000N, ont un rejet qui peut atteindre 10 m.
- Les failles E-W (N50-60) comme la faille de Kianna, présentent un rejet d'environ 10 m.
- Des failles N (N5-N10) très peu représentées ont des rejets qui peuvent atteindre 20 m.

Dans la colonne sédimentaire, les déplacements s'observent par des petits plis au niveau de la surface de discordance, par l'inclinaison des bancs de grès voire par des blocs de grès basculés, par de petits chevauchements de roches du socle et par des petites lentilles de roches du socle injectées dans la portion basale des grès (UEX, 2010). Généralement, les failles qui traversent les grès de l'Athabasca se propagent plusieurs mètres au dessus de la discordance sous forme de structures discrètes ou de fractures subsidiaires et se terminent par une fracturation qui s'infléchit selon le litage des grès. Le point de terminaison de ces failles peut localement être corrélé avec la localisation de la minéralisation perchée dans le sud de Colette, à Kianna et à Anne. Ceci est probablement une réponse à l'augmentation de la perméabilité structurale liée à la dissipation de l'énergie des failles dans les zones fracturées secondaires (UEX, 2010).



Figure 2-5 : Carte géologique simplifiée de la partie nord du prospect de Shea Creek. Elle montre la distribution des zones minéralisées avec les principales failles identifiées. Carte (Rhys et al 2009) modifiée.

2.4.2. La brèchification dans le district de Shea Creek

De grandes zones de brèchification sont associées aux failles qui recoupent la discordance. Les différents types de brèche se distinguent selon la nature du ciment et la morphologie des éléments clastiques, mais aussi en fonction de leur maturité (Laznicka, 1988; Jebrak, 1997; Lorilleux, 2002).



Figure 2-6 Schéma synthétisant les différents types de brèche identifiés en fonction de la nature du ciment, de la morphologie des éléments clastiques et de leur maturité (Lorilleux, 2002).

A Shea Creek, Lorilleux (2002) a identifié 4 principaux types de brèche dans les grès (Figure 2-6) :

- *Les brèches de quartz microcristallin*, caractérisées par une matrice riche en quartz comportant des grains microcristallins blanchâtres. Ce type de brèche est corrélé spatialement avec les failles principales de type R₃. La matrice contient soit des micro-fragments de quartz détritiques, soit du quartz microcristallin. L'orientation aléatoire des fragments dans les brèches de quartz microcristallin immature exprime la déformation tectonique. La texture de la brèche détermine sa maturité et le remplissage de quartz indique une fracturation assistée par une circulation de fluide associée au mouvement tectonique.

- *Les brèches à sudoite-dravite*, caractérisées par une matrice contenant principalement des grains de quartz détritique et une faible proportion de ciment blanc à vert clair. La matrice est toujours composée de grains de quartz corrodés et cimentés soit par de la dravite soit

par de la sudoite associée à la dravite. Ce type de brèche est principalement contrôlé par les failles R_3 et NE. Les brèches immatures sont contrôlées par la fracturation, elle-même contrôlée par les litages des bancs de grès. Les brèches matures ne sont pas orientées.

Les fragments ont subi une rotation et sont arrondis. Ils sont localement associés à des stylolites horizontaux qui sont présents soit au contact des fragments soit à la limite matrice/fragments. L'existence de fragments bien arrondis et non retournés indique que l'arrondissement a une origine chimique plutôt que mécanique. La présence des stylolites peut être expliquée par une barrière de micro-perméabilité lors de la formation de la solution de brèche ou peut indiquer une dissolution contemporaine de la formation de la brèche en condition de sous-pression.

- Les brèches à chlorite-Fe, caractérisées par une matrice argileuse et pouvant être faiblement minéralisées. Elles peuvent atteindre 80 m large et sont contrôlées par l'intersection des failles R₃ et NE. Les brèches sont immatures avec des clastes anguleux, légèrement corrodés et des fragments de roche allongés et souvent orientés. Les brèches matures sont localement hétéroclites et montrent différents degrés de silicification et de chloritisation. Le ciment est composé de chlorite riche en fer, de kaolinite, et parfois de smectite (Laverret, 2002) avec une proportion variable de dravite. L'existence de texture en puzzle dans les fragments avec une légère corrosion est représentative d'une brèchification hydraulique même si la présence de corrosion de quartz indique un contrôle chimique.

- *Les brèches carbonatées polyphasées*, présentent une matrice argileuse rouge. Elles sont localement associées à la minéralisation en uranium. La géométrie de ces brèches est contrôlée par la fracturation principale. Les fragments sont très rarement immatures. Les fragments matures sont généralement hétéroclites et sont représentés par divers types : silicifiés, chloritisés, hematisés, grès riches en carbonate et fragments de roches du socle hématisés et argilisés.

2.5.Développement du bassin de l'Athabasca

2.5.1. Structures et paléo-profil

Dans le bassin de l'Athabasca, le déplacement des grandes failles à l'échelle régionale ou locale a permis le développement de nombreux sous-bassins ou fosses à différents endroits et à différentes époques de l'évolution du bassin. Ils sont généralement délimités par des horsts (Ramaekers et Catuneanu, 2004; Ramaekers et al., 2005, 2007). Les fosses de Black Bay et de Lillabo, Richardson, Beatty River, le sous-bassin de Mirror, la partie profonde du sous-bassin Cree, d'Abraham, de Newnham et d'autres (figure 2-4) sont contemporaines du développement des premiers stades de la sédimentation (Ramaekers, 2005; Jefferson et al., 2007). Les failles ont aussi servi de ligne de base pour la sédimentation et ont probablement évoluées avec le temps (Jefferson et al., 2007).

Dans le transport des sédiments, les faciès proximaux ou distaux ont changé de position et de direction au fur et à mesure sur environ 200 Ma (Yeo, 2001; Ramaekers, 2005).

Le changement de direction de la sédimentation reflète un changement de la source de sédiments (figure 2-7). L'accommodation du bassin est interprétée comme une répétition de la réactivation des systèmes de failles (Jefferson et al., 2007). La fosse de Beatty River dans laquelle les gisements du district de Shea Creek sont localisés, est limitée par les horsts Bartlett High au nord-ouest et du Patterson High au sud-est (figure 2-4). Elle s'est remplie de sédiments provenant des systèmes de dépôts de Robert, puis par ceux de Karras, de l'Ahenakew et enfin probablement par ceux de Moosonees (Ramaekers, 2004).



Figure 2-7 : Carte géologique du bassin de l'Athabasca montrant le remplissage du bassin de l'Athabasca par les différents systèmes de dépôt : Fidler, Roberts, Karras, Ahenakew, Moosonees d'après la compilation d'informations (Ramaekers, 1990; Collier, 2000, 2003; Jefferson et al, 2001; Bernier, 2004; Long, 2007; Ramaekers, 2007) Yeo, 2007 extech IV.

2.5.2. Le remplissage sédimentaire

Le bassin de l'Athabasca est un bassin intracratonique d'une superficie actuelle de 100 000 Km², qui a été rempli par des sédiments quartzeux d'origine essentiellement fluviatile entre 1760 et 1500 Ma. Ce bassin est constitué de 8 séquences stratigraphiques principales, qui sont par ordre chronologique la formation Fair Point, Smart, Manitou Falls, Lazenby Lake, Wolverine Point, Locker Lake-Otherside, Douglas, et la formation dolomitique de Carswell (Ramaekers et al., 2004).

Ces formations ont été regroupées en 4 séquences majeures dont chacune témoigne d'une géométrie de sous-bassin (Jackfish basin, Mirror basin, Cree basin) et présentent des distributions granulométriques et des directions de paléo-courant qui leurs sont propres (Yeo, 2001; Ramaekers et al., 2004, 2007). Actuellement, l'épaisseur maximale du groupe Athabasca est d'environ 1500 m dans la partie centrale du bassin (sondage de Rumple Lake). Cependant, il a subi une forte érosion.

L'épaisseur initiale de son stratotype est estimée à environ 3800 m (Ramaekers et al., 2004, Jefferson, 2007; Yeo, 2007; Collier et al., 2004). L'épaisseur de chaque séquence est comprise entre 100 et 1100 m et la limite entre les séquences est représentée par des discordances marquées par des conglomérats de déflation basaux et des lits de galets de faible épaisseur (Ramaekers, 1990).

1^{ère} séquence

La première séquence correspond à la formation Fair Point qui est la plus ancienne formation sédimentaire du bassin de l'Athabasca. Elle repose en discordance sur le socle dans la partie occidentale du bassin de l'Athabasca où elle remplie le sous-bassin de Jackfish (figure 2-8). Elle se distingue des autres formations par une abondance en argile et hématite et sa pauvreté en structures sédimentaires. Elle est composée de sables conglomératiques (Collier, 2004). Elle atteint par endroit 300 m (sud du lac Athabasca) et 100 m dans la région de Maybelle River (Ramaekers, 2004 et Collier, 2007). Le sommet de la séquence est marqué par un mince niveau à argilite hématisée (rouge) qui est interprété comme un saprolite contenant des oncolithes, observés pour la première fois en Alberta par Ickert (2003) et similaire à ceux découverts en Saskatchewan par Yeo et al (2001). L'âge approximatif attribué à la formation Fair Point est de 1760 Ma (Ramaekers, 2007).

2^{ème} séquence

Elle correspond au remplissage du sous-bassin Cree et est représentée par la formation du Manitou Falls (figure 2-8). Cette formation a par la suite été subdivisée en plusieurs sous-formations dans sa partie basale remplaçant ainsi le MFa par les formations du Reilly Lake, Read et Smart (ou Shea Creek) qui remplissent chacune une fosse. Les formations Read et Reilly sont localisées dans la partie est du bassin tandis que la séquence de Smart s'observe uniquement dans la fosse de Beatty (Collier, 2004; Ramaekers, 2005 et 2007).

Cette séquence peut atteindre une épaisseur préservée de 1100 m au maximum. Elle est composée de conglomérats (MFa) à sa base surmontés par des grès moyens à fins (MFb à MFd) contenant quelques intraclastes argileux et des fines intercalations d'argilites (1-20 cm). Elle a été assimilée à un immense cône alluvial (cône de Kosi) dont la longueur était supérieure à celle du cône de l'Himalaya (150 Km). Le sous-Bassin Cree représente la partie proximale et s'étend vers l'ouest (Yeo, 2002; Ramaekers 2005 et 2007; Jefferson 2007). La sédimentation de cette formation débute dans la partie orientale du bassin à environ 1740 Ma (Rainbird et Stern, 2007).



Figure 2-8 : Coupe stratigraphique Est-Ouest du bassin de l'Athabasca d'après Ramaekers et al. (2007). Le sondage Shea 22 est localisé dans le prospect de Shea Creek. Dans la partie basale du bassin, S représente la formation Smart et RD la formation Read. FP = Fair Point, S = Smart formation, RD = Read Formation, MF = Manitou Falls, LZ = Lazenby Lake, W = Wolverine Point, LL = Locker Lake.

3^{ème} séquence

Elle se compose des formations de Lazenby Lake et de Wolverine Point, qui représentent la première phase de la sédimentation du sous-bassin Mirror. La formation de Lazenby Lake est globalement composée de grès à grains fins (Ramaekers, 2007). Elle est souvent considérée comme une limite stratigraphique entre les formations argileuses du Manitou Falls et du Wolverine Point (Hoeve et Quirt, 1984). Hoeve et Quirt (1984) mentionne une influence éolienne d'après les descriptions de Turner (1980) dans cette formation (pauvreté en argile, et en mica détritique, abondance des surcroissances de quartz et présence de microstylolites). Toutefois, Ramaekers (2005) ne prend pas en compte ces observations car il les considère comme étant caractéristiques de la diagénèse. La formation Wolverine Point présente toutes les caractéristiques d'un système non fluviatile dont les dépôts semblent être des zones d'inondation, rivières anastomosées ou des environnements de playa. La présence de grains de quartz fins à moyens et bien triés suppose que le sable a été recyclé lors d'un stade éolien, mais déposés sous la ligne d'eau dans un milieu fluviatile ou lacustre (Ramaekers, 2005). Intercalés dans les grès du Wolverine Point B, des niveaux d'argilite riches en kaolinite et parfois diaspores détritiques et contenant des tufs felsiques et phosphatiques d'origine volcanique ont été identifiés par Hoeve et Quirt (1984), et Quirt (2001). Un âge de 1640 ± 13 Ma a été proposé pour le dépôt de cette formation sur la base de datation uranium-plomb sur zircon igné (Ramaekers, 2007 et Rainbird et Stern, 2007). Cette séquence peut atteindre jusqu'à 600 m d'épaisseur.

4^{ème} séquence

Elle comprend les grès et des conglomérats de la formation Locker Lake, les grès de la formation Otherside, la formation de Douglas riche en shale carboné d'origine lacustre à marine et les formations dolomitiques de Carswell, avec une épaisseur préservée estimée à 1150 m.

Elle correspond à la seconde phase de sédimentation dans le sous-bassin de Mirror (Ramaekers, 2007). La pyrite issue de niveaux riches en matières organiques des shales de la formation de Douglas a été datée par la méthode Re-Os et donne un âge de 1543 ± 13 Ma (Creaser et Stasiuk, 2007).

Formations phanérozoïques

D'autres dépôts sédimentaires recouvrent le bassin de l'Athabasca. Les roches clastiques du Dévonien riches en ciment carbonaté peuvent atteindre 70 m d'épaisseur dans le sud-ouest de l'Athabasca (Collier, 2004). Des clastes terrigènes non cimentés du Crétacé ont été trouvés au dessus du Harrison High dans le sud-ouest de la portion Saskatchewan du bassin de l'Athabasca. Ils consistent en des lits entrecroisés, de grès fins ou de silts, et de dépôts charbonneux sur une épaisseur approximative de 80 m (Ramaekers, 1990). Enfin les formations les plus récentes du Pléistocène consistent en des dépôts glaciaires ou périglaciaires.

2.5.3. Le remplissage sédimentaire à Shea Creek

La formation du Manitou Falls a longtemps été considérée comme la formation sédimentaire basale dans la fosse de Beatty (figures 2-4 et 2-7), tout en admettant qu'à la base du bassin, la formation MFc avait une définition particulière par rapport à la partie est du bassin de l'Athabasca (Ramaekers, 2004). Ramaekers (2007) et Collier (2001; 2005) montrent que cette formation basale est différente de ce qui est connu partout ailleurs dans le bassin d'Athabasca. Elle a été nommée formation Smart par Ramaekers et al. (2005, 2007) et nommée formation Shea Creek par Collier (2001, 2003, 2004). Le reste de la colonne stratigraphique est conforme aux séquences connues.

Séquences stratigraphiques (Collier, 2005)	Séquences stratigraphiques (Ramaekers, 2007)		quences stratigraphiques (Ramaekers, 2007)	Brief description lithologique	Séquences stratigraphiques Cogema/AREVA	
Wolverine Point				Grès fin et propre	Locker- Lake	
Supérieur	e		Shiels Member (LZs)	Grès fin à moyen avec galets, conglomérats mineurs	Carswell	
	-ak			Grès fin riche en argile		
	⊼			Argilite (grès abondant)	Wolverine Point	
	e ut		Clampitt Member (LZc)	Grès fins abondant argilites	В	
	Laz			Graviers et galets, grès moyen		
Wolverine Point	uo			Grès moyen riche en intraclastes		
interieur	ati			Grès moyen riche en graviers		
	L L			Grès fin à moyen pauvre en argilites	A A	
	L R			Grès fin à moyen pauvre avec argilites		
				Hodge Member (LZh)	Grès moyen avec galets	
Discordance						
			Collins Member (MEc)	Grès moyen et propre (clastes fréquents)		
Manitou Falls supóriour	n alls			Grès moyen et propre	lazenby lako	
Mantou Fails Superieur	natio		Upper Pebbly subunit Warnes Mb MFw-up	Graviers et galets dans grès moyen		
	Forr Manit	in in	Sandy unit Warnes MFw-ps	Grès moyen et propre		
Manitou Falls inférieur		NI	Lower Pebbly subunit Warnes Mb MFw-lp	Grès moyen avec galets à grès conglomératique	Manitou Falls D	
				Grès avec structures sédimentaires	Manitou Falls C	
Formation Shea Creek			Formation Smart	Grès avec structures sédimentaires		
				Mince niveau graveleux à conglomérats (seulement au		
				dessus du socle)		

Tableau 2-1 : Description des différents faciès lithologiques d'après Collier (2007 ; traduit). Comparaison entre les différentes lithologies en fonction des auteurs.

Globalement d'après Collier (2001, 2003, 2004, 2007), les grès sont composés de faciès à grains fins à moyens, de conglomérats à la base de la colonne stratigraphique et de galets et grès grossiers aux limites de séquence (tableau 2-1).

La formation basale dans la fosse de Beatty se décompose en 3 séquences stratigraphiques distinctes :

- la séquence de Shea Creek ou Smart Formation,
- la séquence Manitou Falls inférieure,
- la séquence Manitou Falls supérieure.

Ces trois séquences semblent s'être déposées durant une phase de réorganisation du bassin intervenue après le dépôt de la séquence 1 (Ramaekers, 2007). Le remplissage pourrait résulter de la remobilisation des sédiments riches en matrice argileuse de la formation Fair Point et de la paléo-altération (régolithe) à la base de cette formation (Ramaekers et al., 2007). La séquence de Shea Creek (nommé Smart [S-u] par Ramaekers et al., 2007) peut atteindre jusqu'à 100 m d'épaisseur et se caractérise par des grès et grès conglomératiques présentant des stratifications entrecroisées à faible variation angulaire, des laminations planes et de rares niveaux d'argilite ou intraclastes argileux.

Cette formation de base est surmontée par un niveau riche en argilite et en intraclastes argileux qui proviennent probablement du remaniement d'une plaine d'inondation. Ces dépôts se forment dans des conditions de rivière tressée, pérenne et marquée par des épisodes d'inondation (Collier, 2002, 2003).

La séquence Manitou Falls inférieure présente un changement brutal de sédimentation avec l'apparition de galets. Elle est dominée à sa base par des rides-laminations, des grès à grain moyen et des conglomérats pauvres en argilite. Les intraclastes argileux sont souvent entourés d'un halo d'hématite. La séquence Manitou Falls supérieure est composée de grès plus propres à grains plus fins modérément triés et est dominée par des ride-laminations correspondant à du matériel probablement remobilisé lors d'épisodes éoliens (Long, 1978; Fuller, 1985). Les galets, intraclastes et argilites sont rares. Cette séquence semble s'être formée dans des systèmes de rivières tressées peu profondes. Les épisodes de dépôt peuvent représenter des systèmes fluviatiles éphémères ou semi-pérennes, les remobilisations éoliennes ne sont pas à exclure (Collier, 2002, 2003).

Le contact entre les formations Manitou Falls et le Lazenby Lake est marqué par un changement majeur dans le style fluviatile qui persiste jusqu'au Locker Lake. Cette succession sédimentaire supérieure (de la formation Lazenby Lake au Locker Lake) contient toujours des rides et des laminations mais aussi de convolutes, avec environ 20 fois plus de grès fins et d'argilites que la formation du Manitou Falls (Collier, 2002, 2003).

2.6.Les paragenèses minéralogiques du bassin de l'Athabasca

Les gisements d'uranium associés à une discordance sont toujours entourés d'un halo d'altération riche en argiles (kaolinite, illite et différents types de chlorite), parfois de quartz et de dravite (tourmaline magnésienne) montrée par les différents modèles génétiques des gisements d'uranium (Hoeve et Quirt, 1984; Sopuck et al., 1983; Earle and Sopuck, 1989). Toutes les datations indiquent que l'altération hydrothermale et la minéralisation sont postérieures à la mise en place du bassin. Le bassin de l'Athabasca a subi 4 processus d'altération au cours de son histoire (figure 2-9) : une paléo-altération du socle métamorphique, une sédimentation et une diagénèse des sédiments silicoclastiques ; l'ensemble étant ensuite repris par un évènement hydrothermal au cours duquel la majeure partie de la minéralisation, connue sous sa forme actuelle, s'est mise en place.

2.6.1. La paléo-altération du socle (régolithe)

A la suite de l'orogenèse Hudsonienne, située vers 1775-1760 Ma (Hoffman, 1988; Annesley et al., 2005), les roches du socle ont été exhumées et érodées puis soumises au développement d'une intense altération supergène appelée "régolithe" (Macdonald, 1980, 1985; Harvey et Bethune, 2007). Ce régolithe s'étend de quelques centimètres jusqu'à plus de 70 m sous de la discordance. Il présente une zonation de la discordance à la zone non altérée des roches du socle. On distingue classiquement une zone blanche composée de kaolinite, une zone rouge composée de kaolinite et illite, une zone rouge-vert à illite - chlorite et une zone verte à chlorite ± illite (Mc Donald, 1980; Hoeve et Quirt, 1984; Halter, 1988; Harvey, et Bethune, 2007).

Cependant il paraît difficile de considérer que l'ensemble de ces minéraux soit uniquement représentatif d'un processus d'altération supergène. L'illite et la chlorite sont des minéraux bien connus pour être instables en condition d'altération de surface. Ils sont symptomatiques de l'altération hydrothermale intense qui a affectée ultérieurement les roches du socle et du bassin et qui a oblitérée très fortement tous les vestiges d'un régolithe pré-Athabasca (Hoeve et Sibbald, 1981; Mac Donald; 1985; Bruneton, 1987).



Figure 2-9 : Séquence paragénétique simplifiée du Paléo – Mézoprotérozoïque (d'après Jefferson, 2007; Kyser et al, 2000; Polito et al, 2004, 2005; etc...).

2.6.2. Le remplissage sédimentaire

Le cortège détritique des faciès du bassin de l'Athabasca comprend 99 % de grains de quartz de maturité texturale modérée (sub-arrondie) (Hoeve et Quirt, 1984; Ramaekers, 1990; Collier, 2003; Bernier, 2004). Dans les formations basales, en particulier dans les unités conglomératiques du Fair Point, des formations du Read et Manitou Falls, la maturité texturale (taille, forme, tri des grains) est absente et la composition minéralogique primaire est dominée par le quartz détritique. D'après Dal Cin (1968), ceci indique une formation de ces dépôts en milieu chaud et sous climat tropical. Ce type de dépôts ne nécessite pas de second ni de troisième cycle de remaniement (Hoeve and Quirt, 1984; Jefferson et al., 2007). La présence de grains de quartz polycycliques peut être typique de grains supermatures. Néanmoins d'autres processus peuvent également être responsables de la forme arrondie des grains de quartz notamment l'altération en boule (Long, 2007).

Dans la plupart des grès et conglomérats du groupe Athabasca, le quartz est le seul minéral détritique associé à des grains reliques de micas altérés, de kaolinite détritique, de minéraux lourds et de rares fragments lithiques (Hoeve and Quirt, 1984; Quirt, 2001; Jefferson, 2007), sauf dans la formation supérieure du Wolverine Point Formation (WPb). Dans cette formation (WPb), l'assemblage détritique immature est localement préservé par un ciment phosphaté de diagénèse précoce (F-apatite) (Hoeve and Quirt, 1984).

La matrice argileuse dans les sédiments du groupe Athabasca consiste en une proportion variable de minéaux du groupe des kaolins, illite et chlorite.

Le taux d'argile interstitielle dans les formations du Fair Point et du Manitou Falls inférieur varie entre 5 à 25 %, approximativement 5 à 10 % dans les séquences supérieures à l'exception de la formation du Lazenby Lake et du Wolverine Point supérieure. La première (LzL) est distinctement très pauvre en argile < 2% et la seconde WPa riche en argile et silts (Hoeve et Quirt, 1984). Les minéraux accessoires incluent rutile, anatase, hematite, zircon, tourmaline, apatite, goyazite et localement diaspore (Hoeve et Quirt, 1984).

2.6.3. La diagenèse

La mise en place du bassin de l'Athabasca s'est accompagnée d'une diagénèse liée à la subsidence et à l'enfouissement des sédiments silicoclastiques situés à la base du bassin jusqu'à une profondeur estimée entre 4 et 5 kilomètres (Pagel, 1975a, 1975b). Actuellement, la charge détritique des grès est essentiellement constituée de grains de quartz monocristallin qui sont sub-arrondis à bien arrondis, et de pas à très bien triés selon le faciès sédimentaire. L'intensité de la compaction est variable comme indiquée par les stylolites, les sutures concavo-convexes, les points de contact ou les grains flottants dans des matrices argileuses (Hoeve et Quirt, 1984; Hyatt et Kyzer, 2007). L'effet de la diagénèse diffère d'un lithofaciès à un autre en fonction de facteurs tels que la quantité de ciment argileux, la composition originale des clastes, le tri et la taille des grains. D'une manière générale, les cimentations de quartz authigène et les argiles interstitielles ont tendance à s'exclure. Dans les faciès pauvres en ciment argileux le phénomène de pression-solution conduit à la précipitation de ciment de quartz avec l'enfouissement (Hyatt et Kyzer, 2007). Les surcroissances de quartz sont développées et très abondantes dans les grès qui contiennent peu d'argile tel que ceux de la formation Lazenby Lake. Dans les grès riches en argile de la formation Wolverine Point, les surcroissances de quartz sont rares. Les premières phases de la diagénèse sont marquées par la cristallisation d'hématite qui est souvent resté piégée à l'interface entre les grains de quartz détritiques et les surcroissances apparues ultérieurement. Un âge compris entre 1750 et 1600 Ma a été proposé pour la formation de ces minéraux sur la base de données de paléomagnétisme (Kotzer et Kyzer, 1992). Cependant Ramaekers, (2004) estime que le pic de la diagénèse d'enfouissement est restreint entre 1666 et 1600 Ma, entre les dépôts du Wolverine Point et de la séquence 4.

L'absence de feldspath dans le grès d'Athabasca actuel, appuyée par les études de Hoeve et Quirt (1984), Ramaekers (1990), Collier (2003), Kupsch (2003), Bernier (2004), Kupsch et Catuneanu (2007) et Ramaekers (2007), suscite un questionnement sur la nature des sédiments déposés. S'agissait-il de sédiments arkosiques dont l'ensemble des feldspaths a été « consommé » par les réactions diagénétiques au cours de l'enfouissement ou bien s'agissait-il de sédiments arénitiques (donc dépourvus de feldspaths) qui auraient été entièrement altérés en minéraux argileux lors des processus érosifs)?

Certains auteurs privilégient l'hypothèse de la disparition post-dépôt des feldspaths par l'altération de grès légèrement arkosiques en quartz arénite (Sibbald et al., 1976; Millikan, 1988; Hyatt et Kyzer, 2000; Jefferson et al., 2007), alors que d'autres soulignent la

persistance de kaolinite sédimentaire voire même de diaspore et la prédominance des minéraux du sous-groupe kaolin dans les séries argileuses diagénétiques dans les grès les moins affectés par l'altération hydrothermale plus tardive (Hoeve and Quirt 1984; Halter, 1988; Quirt, 2002; Jefferson, 2007).

En tout état de cause, le fait que la teneur actuelle en minéraux argileux ne représente pas plus de 3% dans la majorité des grès du bassin (l'exception la plus notable étant la formation basale) et la très faible concentration en potassium des grès suggèrent que s'ils étaient présents au moment de la sédimentation, les feldspaths étaient très peu abondants (Hoeve et Quirt, 1984). La forte proportion de minéraux argileux du groupe kaolin préservée dans les grès et conglomérats des formations basales (Manitou Falls et Fair Point selon les cas) suggère un manque de potassium disponible dans le système (donc de feldspath potassique) pour une conversion complète des kaolins en illite (Hoeve et Quirt 1984).

L'évolution diagénétique des argiles de la pile sédimentaire du bassin de l'Athabasca est délicate à caractériser du fait de leur transformation et leur oblitération quasi-systématique par des paragenèses argileuses issues des réactions hydrothermales plus tardives.

D'après les travaux de Quirt (2001) et Laverret et al. (2006, 2010) sur Shea Creek et Rumpel Lake, les minéraux du sous-groupe des kaolins (kaolinite et/ou dickite) constituent les principaux minéraux argileux diagénétiques qui persistent dans les zones les mieux préservées de l'altération hydrothermale. La kaolinite ne s'est pas complètement transformée en dickite lors de la diagénèse comme c'est fréquemment le cas dans des sédiments silicoclastiques enfouis à des profondeurs comparables dans des bassins beaucoup plus récents que celui d'Athabasca (Lanson et al., 1996; Beaufort et al., 1998; Quirt, 2001). Les minéraux du sous-groupe kaolin semblent avoir été particulièrement bien préservés dans les parties basales de la colonne stratigraphique, notamment dans les zones éloignées des failles et de la minéralisation qu'elle contrôle (Quirt, 2001, Laverret et al., 2006).

Dans les grès, l'illite remplace fréquemment les minéraux du sous-groupe kaolin (Hoeve et Quirt, 1984). L'attribution de ce minéral à la diagenèse ou encore à l'évènement hydrothermal qui s'est déroulé ultérieurement n'est pas clairement résolue. Laverret (2002) a défini des caractères texturaux et cristallographiques spécifiques aux illites (cristaux en forme de lattes de grande taille dominés par le polytype 1M cis-vacant) situées dans les formations gréseuses les plus éloignées des zones hydrothermalisées et minéralisées en uranium, suggérant une signature diagénétique potentielle pour ces minéraux (Laverret 2002; Quirt, 2010).

Il faut cependant noter que l'hypothèse de cette origine diagénétique n'est pas confortée par les données de cristallochimie et de datation K-Ar qui sont semblable à celles des illites hydrothermales rencontrées dans le socle et dans les grès de part et d'autre de la discordance sub-Athabasca (Laverret et al., 2006, 2010).

Sur la base de données géochimiques, Kister et al. (2006) considèrent que l'illitisation observée dans les grès de la région de Shea Creek est essentiellement tributaire de l'infiltration des fluides riches en potassium qui proviennent du socle sous-jacent lorsque celui-ci est soumis à l'altération hydrothermale.

Sur des critères de « cristallinité de l'illite » (indices de Kübler, diagramme de Esquevin) Hoeve and Quirt (1984) ont montré que le bassin de l'Athabasca a atteint des températures de l'ordre de 150 à 200° C au moment de l'illitisation. Ces estimations sont en accord avec les paléo-températures estimées par Pagel sur la base de l'analyse des inclusions fluides (1975a, 1975b). L'indice de cristallinité (indice de Kübler) est une mesure indirecte du nombre moyen de feuillets d'illite consécutifs dans les phases interstratifiées I-S à faible taux de smectites. Il mesure principalement l'avancée de la disparition des I-S en plus de la diminution de l'épaisseur des domaines de cohérence de diffraction CSD (Kübler et al., 2000).

2.6.4. La minéralisation

Les roches du socle de l'Athabasca contiennent de nombreux granites et pegmatites avec quelques minéraux uranifères formés durant l'anatexie des métasédiments. La monazite, le zircon et l'uraninite sont disséminés dans les pegmatites comme observé dans l'ouest de la zone de cisaillement du Needle Falls (Thomas, 1983; Annesley et al., 1997; Madore et al., 2000; Cuney et al., 2003; Freiberger et Cuney, 2003; Hecht et Cuney, 2003). Cependant la plupart des gisements d'uranium dans le bassin de l'Athabasca est associée à une discordance. Tous ces gisements montrent un lien entre les zones minéralisées en uranium et des failles de socle contenant des schistes graphiteux qui ont été réactivées après la formation du bassin (Jefferson et al., 2007; Tourigny et al., 2007). Certains auteurs supposent que les schistes graphiteux sont une composante essentielle pour la formation de minéralisations uranifères (Hoeve et Sibbald, 1987; Landais et al., 1993; McCready et al, 1999). D'autres considèrent qu'ils sont non pertinents (Kyzer et al., 1989, Wilson et al, 2007). A ce jour, la discussion reste encore ouverte.

La minéralisation uranifère est essentiellement constituée de pechblende/uraninite qui se présente sous plusieurs formes : soit disséminée dans la matrice argileuse, soit veines, veinules, soit en lentilles massives dans les fractures et les brèches associées aux failles de part et d'autre de la discordance basale entre les roches de socle et les roches sédimentaires non métamorphisées du bassin d'Athabasca.

Selon leur localisation spatiale, on distingue trois types de minéralisation dans les gisements associés à une discordance (figure 2-10) :

- Minéralisations perchées dans les grès,
- Minéralisations strictement le long de la discordance,
- et la minéralisation dans le socle.

Ces 3 types de minéralisation se retrouvent à Shea Creek (figure 2-10) surtout dans la partie nord du district, à l'aplomb de la structure graphitique du Saskatoon Lake conducteur (UEX, 2010). Ils se situent principalement dans des zones mylonitiques où l'altération hydrothermale du socle est la plus intense.

A Shea Creek, la minéralisation est localisée entre 650 et plus de 1000 m de la surface d'érosion actuelle. Les 3 types de minéralisation peuvent se superposer dans une tranche lithologique épaisse d'environ 350 m d'épaisseur et située de part et d'autre de la discordance (UEX, 2010). La minéralisation s'étend de manière quasi-continue sur environ 3 km (figure 2-5).



Figure 2-10 : Coupe transversale du gisement de Kianna à Shea Creek qui montre la position des trois différents types de minéralisation : perchée, à la discordance et dans le socle.

<u>La minéralisation en uranium strictement associée à une discordance</u> est généralement de type polymétallique et caractérisée par des concentrations anormales de sulfures et arséniures en quantité significative de Ni, Co, As, Fe, Cu, Pb, Mo. Elle peut aussi contenir Au, Ag, Se (Hoeve et Quirt, 1984, Sibbald, 1985 et Kotzer et Kyser, 1995).

<u>A Shea Creek</u>, elle est présente dans les zones de Colette et de Kianna-Anne sous forme de lentilles peu épaisses à la base des grès, chevauchant la discordance et pouvant s'enfoncer de plusieurs dizaines de mètres dans le socle gneissique sous-jacent. Cette minéralisation massive s'étend latéralement sur une distance de 40 à 150 m. Les teneurs en uranium sont de l'ordre de 5 à 35% d'U₃O₈ et la minéralisation s'exprime sous forme de nodules ou boules de pechblende ± coffinite dans une matrice hématite et argile (UEX, 2010).

La minéralisation perchée dans les grès peut s'étendre jusqu'à plus de 100 m au dessus de la discordance. Elle peut être polymétallique (McGill et al., 1993; Thomas et al., 2002; Jefferson et al., 2002 et 2007) et diffère de la minéralisation à la discordance par sa richesse en sulfures (Hoeve et Quirt, 1984).

<u>A Shea Creek</u>, elle se situe à environ 30 m au dessus de la discordance. C'est le type de minéralisation le moins fréquent mais elle peut présenter de fortes teneurs comme dans la zone de Kianna. Elle est soit disséminée, soit sous forme de veinules ou de minéralisation plus massive parallèle au litage des grès ou contenue dans des failles et des brèches. La teneur en U_3O_8 de ce type de minéralisation peut atteindre 20 % localement (UEX, 2010).

La minéralisation de socle est plutôt monométallique et contient seulement des traces de métaux autres que l'uranium et le cuivre. Elle comprend des lentilles minéralisées généralement à fortes teneurs qui descendent à plus de 50 m sous la discordance. Elle peut être disséminée dans des veinules correspondant à des fronts d'oxydoréduction (Mercadier, 2010).

<u>A Shea Creek</u>, elle est la seconde plus développée dans le nord de Shea Creek. Elle est localisée principalement au toit des unités de gneiss granitique de 10 à plus de 200 m sous la discordance et verticalement en dessous de la minéralisation à la discordance. Ce type de minéralisation est variable en style et en morphologie, et est associé à une altération intense à chlorite. Deux sous-types sont distingués dans les minéralisations de socle (UEX, 2010) :

- <u>Un sous-type concordant</u> où dominent des lentilles minces ou d'épaisseur modérée de direction WSW parallèles à subparallèles à la foliation des gneiss granitiques. Ces zones minéralisées suivent localement la surface des failles ou l'unité lithologique.
- <u>Un sous-type discordant</u> beaucoup plus complexe. On le trouve à Kianna et dans le nord du secteur de Anne. Il correspond à des veinules de pendage fort et orientées vers l'est, qui recoupent les séquences des roches métamorphiques du socle. Les teneurs de la minéralisation dans le socle peuvent localement atteindre 20 à 30 % de U₃O₈.

Les minéraux uranifères

Le principal minéral uranifère rencontré dans les gisements du bassin de l'Athabasca est l'uraninite (ou la pechblende). La coffinite, la gummite et l'uranophane sont des minéraux plus tardifs qui peuvent apparaître disséminés dans les fractures des zones de cisaillement ou des gouges de faille, au niveau de la discordance ou bien perchées dans les grès. Les études géochronologiques sur l'uraninite suggèrent que la formation de la plupart des gisements du bassin d'Athabasca a eu lieu dans l'intervalle 1600 - 1500 Ma (tableau 2-2). Cet épisode primaire aurait été suivi de plusieurs périodes de remobilisation et dépôt entre 1400 - 1275 Ma et vers 900 Ma (Cumming et Krstic, 1992; Alexandre et al., 2007). La minéralisation primaire se met en place à une période contemporaine de la fin du dépôt de la formation Wolverine Point et la période de dépôt de la formation Douglas (Kyzer et al., 2000 et Jefferson et al., 2007). Ces minéralisations secondaires se seraient formées lors d'épisodes discontinus d'altération hydrothermale, probablement liés à la réactivation des failles par l'influence d'évènement externe au bassin et s'exprimant à une échelle continentale. On distingue par exemple les évènements tectoniques dans le Wyoming et Mazatzal de 1600 à 1500 Ma, l'orogenèse Berthoud à1400 Ma (Alexandre et al., 2007), la mise en place du groupe de dykes « mafigues » de Mc Kenzie à 1270 Ma (Lecheminant et Heaman, 1989), l'orogenèse Greenville de 1150 à 1000 Ma (Hoffman, 1990; Mosher, 1996) et la fragmentation du super continent Rodinia de 1000 à 850 Ma (Mayers et al., 1996; Condie, 2001).

étape / âges de Minéralisation	Hoeve et Quirt 1984	Cumming et Krstic, 1992	Alexandre et Kyser 2007
étape 1	1350 - 1250 Ma	1600 - 1500 Ma	1590 - 1500 Ma
étape 2	1100 - 1050 Ma	1430 - 1330 Ma	1400 Ma
étape 3	300 - 250 Ma	1280 - 1160 Ma	1275 Ma
étape 4		1000 - 900 Ma	900 Ma
étape 5		300 - 200 Ma	

Tableau 2-2 : Récapitulatif des différentes données géochronologiques obtenues dans différents gisements du bassin de l'Athabasca.

Les différentes datations déterminées à partir des isotopes U-Pb sur des oxydes d'uranium de Shea Creek montrent que les âges les plus anciens mesurés dans la minéralisation se situent vers 1362 ±71 Ma, 1301 ±32 Ma (Cuney et al., 2002) et 1275 ± 23 Ma (Kister, 2005). Les autres âges obtenus (400 Ma, 130 Ma et 60 Ma) sont interprétés comme des épisodes de remobilisation des phases les plus anciennes (Kister, 2005).

2.6.5. L'altération hydrothermale associée aux minéralisations en uranium

Les gisements d'uranium de type discordance sont entourés d'un halo d'altération hydrothermale qui s'étend de part et d'autre de la discordance située à la base des bassins paléoprotérozoïques (Hoeve and Quirt, 1984). Ce halo consiste en une partie interne caractérisée par une perte de cohésion du grès et un enrichissement en argile souvent entouré par une cape de grès silicifiés plus externe (figure 2-11).

La proportion d'argile dans la partie interne peut atteindre 30 % en volume par exemple à Cigar Lake (Fouques et al., 1986; Bruneton, 1987).

Les minéraux secondaires rencontrés dans les halos hydrothermaux sont principalement l'illite, la sudoite (chlorite di-trioctaédrique) et la chlorite trioctaédrique accompagnées par des quantités variables de tourmaline magnésienne microcristalline (dravite ou magnésiofoitite), de phosphate-sulfate d'aluminium hydratés (APS), d'hématite ou de sulfures (pyrite dominante). Le halo d'altération a été observé sur une largeur variable à la base de la colonne stratigraphique et peut s'étendre à plus d'un kilomètre le long des glissements. Il peut s'étendre au-delà d'une centaine de mètres au dessus de la minéralisation observée par Hoeve et Quirt (1984) pour Midwest, Bruneton (1987) pour Cigar, Thomas et al. (2000) pour Mc Arthur River et Kister et al. (2003) pour Shea Creek. Cette altération affecte aussi le socle jusqu'à une centaine de mètres autour de la minéralisation et masque les altérations pré-Athabasca (Hoeve et Quirt, 1984; Bruneton, 1987) décrite par ailleurs dans le bassin (Hoeve et Sibbald, 1981 et Mc Donald; 1985).



Figure 2-11 : Coupe Schématique du halo d'altération autour du gisement de Cigar Lake dans les grès de la formation Manitou Falls (Andrade 2002) d'après Fouques et al. (1986) et Cramer (1986).

L'illite est l'espèce minérale argileuse prédominante dans le halo d'altération (Sopuck et al., 1983; Hoeve et Quirt, 1984, Laverret et al, 2006, 2010). Dans les grès, elle se forme en remplacement des minéraux du groupe des kaolins diagénétiques (Hoeve et Quirt 1984). La proportion de dickite est variable dans le fond régional (Sopuck et al., 1983). A Cigar Lake, les proportions de kaolin et illite sont équivalentes en dehors de la zone minéralisée et l'illite prédomine largement à proximité du gisement dans la formation du Manitou Falls (Hoeve et Quirt 1984). L'altération dans les grès est généralement marquée par une décoloration de la roche (bleaching).

Les grès oxydés de couleur violette deviennent blanchâtres, jaunâtres à gris après la dissolution de l'hématite diagénétique (figure 2-11). L'extension du blanchiment peut atteindre une centaine de mètres au dessus de la discordance (Quirt, 2002). L'altération est souvent associée à une désilicification des grès au voisinage de la minéralisation alors qu'à l'inverse, une silicification dans les fractures ou plus diffuse peut se développer à plus grande distance latéralement et au dessus des corps minéralisés (figure 2-11).

<u>A Shea Creek</u> comme le montre l'étude de Quirt (2002) et confirmée par les travaux de Laverret (2002, 2006) et Kister (2003, 2006), la proportion d'argile mesurée dans les grès semble plus tributaire de la stratigraphie que de l'intensité de l'altération (tableau 2-3). Dans les grès des formations supérieurs (LL, WP, LzL) la proportion d'argile reste faible et varie de 1 à 3 % (Elle peut cependant atteindre jusqu'à 7 % dans le Wolverine Point B dans le secteur de Colette). Dans la partie inférieure du bassin les grès de la formation Manitou Falls D sont pauvres en argile (1 à 2 % d'argile) alors que la formation Manitou Falls C est nettement plus riche dans sa partie supérieure (5 à 14 % d'argile). Dans la formation Manitou Falls C inférieure, le grès est relativement pauvre en argile (1 à 3%) excepté dans les secteurs ou celui-ci a subi une forte brèchification associée à une désilicification (à Colette par exemple) ; la quantité d'argile peut alors atteindre 10 à 25%.

Lithologie/ gisement	% argile Colette	type argile Colette	% argile Kianna	type argile Kianna	% argile Anne	type argile Anne
Locker Lake	1à3	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin
Wolverine Point A	1à3	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin
Wolverine Point B	5à7	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin
Lazenby Lake	3à5	Chlorite + Illite	3à5	Illite + kaolin	1à3	Illite + kaolin
Manitou Falls D	1à2	Chlorite + Illite	<2	Illite	<2	Illite + kaolin
Manitou Falls C sup	5 à 14	Illite + Chlorite	5 à 15	Illite	5 à 13	Illite
Manitou Falls C inf	10 à 25	Chlorite + Illite +	430	Chlorite + Illite +	1à2	Chlorite + Illite +
		Kaolin	193	Kaolin		Kaolin

Tableau 2-3 : Distribution de la proportion d'argile dans les différentes lithologies des grès de l'Athabasca associés aux gisements de Colette et Anne. La composition minéralogique est essentiellement illite, Kaolinite et Chlorite (sudoïte et chlorite trioctaédrique) d'après Quirt (2002).

L'aluminium étant l'élément chimique le plus caractéristique de la signature des minéraux argileux des grès d'Athabasca (quelque soit leur origine), la distribution des minéraux argileux a pu être modélisée à partir de données issues de la base de données lithogéochimiques disponibles en exploration minière (Kister et al., 2006). Ces travaux confirment un fort contrôle stratigraphique de la quantité d'argiles à l'échelle régionale (figure 2-12). Ils mettent en évidence également que les niveaux à fortes teneurs en aluminium dans la formation Manitou Falls C ne reposent pas directement sur un socle altéré (Quirt, 2002; Kister, 2005, 2006). Ils sont séparés de la discordance basale par un niveau de grès pauvre en argile.



Figure 2-12 : Distribution spatiale de Al₂O₃ dans la pile stratigraphique du bassin de l'Athabasca le long du conducteur de Saskatoon Lake (gauche) et transversale (droite). La distribution de cet élément est clairement fonction de la stratigraphie. Le niveau juste au dessus de la discordance (MFc inférieure) et la formation MFd sont très pauvres en Al₂O₃, alors que la formation MFc supérieure est riche en Al₂O₃ (Kister 2003, 2006).

L'illite : Dans les premières études, il n'existe pas de différence cristallochimique significative entre les illites rencontrées aussi bien dans les formations sédimentaires que dans le socle altéré du bassin d'Athabasca (Wilson et al 1987; Percival, 1989). Cependant, plusieurs types d'illite ont été distingués sur des critères cristallographiques et texturaux. D'après Laverret et al. (2002, 2006 et 2010) l'illite est présente dans toutes les formations sous la forme de polytype 1Mc et 1Mt. L'illite de type 1Mc, en forme de lattes épaisses se développe principalement dans les zones les plus éloignées des gisements. Elle a été considérée comme ayant potentiellement une origine diagénétique (Laverret, 2002; Quirt, 2010). Les illites de polytypes 1Mt ont une très petite taille et une morphologie fibreuse (illite en cheveux). Ces dernières prédominant dans les zones les plus proches des zones minéralisées et des failles, elles ont été considérées comme représentant plutôt l'altération hydrothermale. Les illites de Shea Creek ont des âges K/Ar qui sont étalés entre 1412 et 1149 Ma, aussi bien dans le socle que dans les grès (Laverret, 2002). Les deux types d'illite ayant les mêmes propriétés cristallochimiques et le même âge (Laverret et al., 2010), les variations texturales et structurales peuvent être expliquées par des différences de conditions de nucléation/croissance et les cinétiques de cristallisation (Kister et al., 2005; Laverret et al., 2006) tout autant que par des origines distinctes (diagenèse vs hydrothermalisme).

Les chlorites : Ce sont les minéraux argileux les plus proches des zones minéralisées. La sudoite (chlorite di-trioctaédrique) reste l'espèce la plus répandue autour des gisements d'uranium (notamment dans les grès). Dans le socle, elle est souvent associée à des chlorites trioctaédriques Fe-Mg tels que le clinochlore et la chamosite. La sudoite, souvent associée à l'illite de polytype 1Mt, est particulièrement bien développée au niveau des zones minéralisées. Pour Percival (1989) les chlorites tardives incluant les sudoites se forment au détriment de l'illite et de la kaolinite.

La dravite : C'est un borosilicate d'aluminium et magnésium de la famille des tourmalines proche du pôle magnésiofoïtite $[(Mg_2AI)AI_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH)_4]$ qui est fréquent dans le bassin de l'Athabasca et dans son socle altéré.

D'origine hydrothermale, elle est tardive et se rencontre le plus souvent dans les zones fracturées, dans les brèches et en remplissage de la porosité (Zhang et al., 2001; Rosenberg et al., 2006).

Des minéraux phosphatés sont présents dans le halo d'altération : le xénotime, les apatites, les goyazites, les crandallites et autres variétés de phosphate-sulfate d'aluminium hydratés (APS). Ils sont très présents dans le bassin de l'Athabasca (Quirt et al., 1991; Ramaekers, 2003b; Hoeve et Quirt, 1984; Wilson, 1985; Kyser, 2000). Les APS sont des minéraux pseudocubiques de la même famille que les goyazites. Ils ont comme caractéristique principale une composition chimique variable liée essentiellement aux substitutions de Sr aux terres rares légères et de S à P dans deux sites cristallographiques disctincts. Disséminés dans beaucoup d'environnements géologiques (sédimentaire, hydrothermal, métamorphique et magmatique), les APS sont considérés soit comme des minéraux de la diagénèse précoce (Kyzer et al 2000) ou bien comme des minéraux de l'altération hydrothermale (Beaufort et al., 2005 ; Gaboreau et al, 2005, 2007). Leur composition s'étale entre le pôle svanbergite et le pôle florencite (Gaboreau et al, 2005, 2007). Ces APS sont souvent associés aux minéraux argileux et sont particulièrement abondants dans la formation Manitou Falls (Jefferson et al., 2007) et dans le halo d'altération des gisements. La distribution spatiale des APS et des terres rares est un bon marqueur de paléo-conditions redox responsables du développement des fronts d'altération. Par conséquent elle peut être un guide pour l'exploration (Gaboreau, 2005, 2007; Jefferson et al., 2007).

2.7.Vers un modèle

Depuis plus de 50 ans, les nombreuses études multidisciplinaires portant sur les gisements d'uranium associés à une discordance protérozoïque, tels que la climatologie, la sédimentologie, la minéralogie, la géophysique, la géologie structurale et la géochimie ont permis de faire progresser leur compréhension.

Le bassin repose sur un socle fracturé par les différents évènements tectoniques antérieurs à la sédimentation pour lesquels les structures ont été réactivées tout au long de la période de mise place des différents gisements d'uranium identifiés dans le bassin. Les sédiments qui ont rempli la partie basale du bassin (Séquence 1 et 2) sont issus du lessivage d'un paléo-régolithe formé après l'orogenèse Trans-Hudsonienne sous un climat tropical (Al Cin, 1968; Macdonald, 1980). Il a été suivit par des dépôts (Séquence 3) sous un climat plus aride à environ 20° de latitude (Ramaekers et Dunn, 1977; Kotzer et al., 1992) à une latitude de 30° vers 1500 Ma (Kotzer et al., 1992; Buchan et al., 2000; Personen et al., 2003; Zhao et al., 2004). La sédimentation du bassin est complètement contrôlée par le climat et par les apports de sédiments riches en argile à sa base (Hoeve et Quirt, 1984; Quirt, 2001, 2002). Les sédiments riches en argile de la formation basale sont intercalés dans des grès pauvres en argile qui ont probablement une origine éolienne (Hoeve et Quirt, 1984; Collier, 2003, 2005; Ramaekers, 2005) et sont surmontés par des dépôts plus argileux contenant des argilites qui marquent probablement une période non fluviatile (Ramaekers, 2005).

La distribution des argiles dans le bassin est souvent associée à l'altération hydrothermale qui transforme les minéraux argileux détritiques et diagénétiques (kaolinite, dickite et potentiellement illite).

Différents modèles génétiques ont été proposés pour expliquer les mécanismes d'altération hydrothermale par l'intermédiaire de circulations de fluides entre les formations du bassin sédimentaire et le socle métamorphique sous-jacent. Le modèle le plus communément accepté est le modèle diagénétique-hydrothermal proposé par Hoeve et Sibbald (1978), Hoeve et Quirt (1984), Sibbald (1985), Hoeve et Quirt (1987), Quirt (1989), Kotzer et Kyser (1995), et Fayek et Kyzer (1997). Ce modèle est fortement contraint par le régime tectonique de l'époque. Il met en jeu d'importants transferts de fluides à l'échelle régionale, guidés par les discontinuités structurales. Dans ce contexte, Les roches du socle sont soumises à l'infiltration des fluides diagénétiques provenant du fond du bassin (fluides acides et oxydants) et sont intensément altérées au voisinage des failles. Les fluides résultant de ce type d'altération du socle deviennent progressivement plus neutres et plus réducteurs et sont recyclés dans le bassin à l'aplomb des grandes failles qui ont affecté socle et bassin. Dans un tel modèle, les gisements d'uranium se déposent au niveau de fronts rédox persistant durablement à l'interface entre les deux types de fluides décrits ci-dessus. Deux variantes ont été définies ("Ingress" et "Egress") selon la nature des contraintes hydrodynamiques locales Quirt, 1989 (figure 2-13).



Figure 2-13 : Modèle diagénétique-hydrothermal expliquant la mise en place du halo d'altération associé aux gisements d'uranium par les circulations de fluides au travers des structures (Hoeve et Sibbald 1978; Hoeve et Quirt 1984; Sibbald 1985; Hoeve et Quirt 1987; Quirt 1989; Kotzer et Kyser 1995; Fayek et Kyzer 1997).

L'altération dans le modèle "Ingress" est marquée par la circulation de fluide diagénétique de la base du bassin vers les roches du socle lors de la réactivation des failles du socle. Les fluides oxydants diagénétiques du bassin riche en uranium vont interagir avec les roches du socle pour générer un forte dissolution de la plupart des silicates avec libération d'éléments chimiques mobiles tels que K, Mg, B (Kister et al., 2006) et la précipitation de minéraux argileux. Le gradient d'altération est exprimé par la cristallisation d'un assemblage illite-sudoite à l'intérieur du halo d'altération et d'un assemblage illite-clinochlore dans la partie externe de la zone d'altération assurant la transition avec les roches saines.

A l'inverse le modèle "Egress" fait intervenir des fluides réduits du socle qui au contact des fluides diagénétiques plus oxydants vont précipiter l'uranium et altérer les grès de l'Athabasca (Quirt, 2003; Jefferson et al., 2007). Ce modèle introduit des processus de dissolution et reprécipitation de quartz, d'illite + sudoite, dravite et en moindre quantité de clinochlore autour des gisements d'uranium. La circulation de ces fluides réduits au travers des fractures entraine un lessivage de l'hématite diagénétique (Kister et al., 2006; Jefferson et al, 2007). A l'échelle régionale, ce modèle s'appuie sur divers processus de transfert des fluides. Kotzer et Kyser (1992, 1995) font intervenir la diagenèse dans le contrôle des zones de circulation des fluides. Les unités de base de la formation du Manitou Falls ont des proportions variables d'argile, elles ont ainsi pu servir d'aquitard ou d'aquifère selon leurs propriétés pétrophysiques du moment (porosité et perméabilité notamment). Les niveaux pauvres en argile forment des barrières de perméabilité car ils sont fortement compactés ou cimentés par du quartz secondaire. Les niveaux riches en argiles (kaolinite ou dickite) sont peu cimentés et servent de drain pour la circulation des fluides jusqu'aux zones de formation des gisements (Kotzer et Kyzer, 1992, 1995; Kyzer et Hyatt, 2000, 2007). Pour Hoeve et Quirt (1984), et repris par Cui et al. (2012), la conduction thermique pourrait aussi être l'un des moteurs essentiels dans la circulation des fluides responsables de la minéralisation.

2.8.Echantillonnage

Les études réalisées dans les gisements du district de Shea Creek (figure 2-14) par Lorilleux (2001), Quirt (2002), Collier (2003), Yéo (2002), Laverret (2002), et Kister (2003) ont permis de mieux comprendre la sédimentation des grès et la distribution des argiles le long de la colonne stratigraphique. Cette thèse a pour objectif non pas de reprendre les études précédentes mais de mieux caractériser les relations entre la distribution des argiles et les zones minéralisées, que se soit dans les grès, à la discordance et dans le socle. La figure 2-15 montre la répartition des sondages effectués à Shea Creek (entre les secteurs d'Anne et de Colette), en distinguant les différents types de minéralisation recoupés, les teneurs en uranium mesurées dans les sondages ainsi que les différentes lithologies du socle au niveau de la discordance.



Figure 2-14 : Carte du prospect de Shea Creek modifiée d'après Collier (2005), montrant les différents gisements du district de Shea Creek et des prospects aux alentours. (A) Douglas River, Erica et Alexandra.

Cette thèse s'appuie sur la base des données d'exploration et des premiers résultats d'une étude effectuée sur les sondages Shea 114 et Shea 114-11 (Beaufort, 2008). Il a été convenu que pour mieux comprendre les relations entre minéralisation et minéraux argileux l'échantillonnage devait être réparti le long de la structure du Saskatoon Lake conducteur et porter plus particulièrement sur une tranche lithologique située de part et d'autre de la discordance soit 150 à 200 m de formations gréseuses de la base du bassin et 200 à 300 m de roches de socle sous la discordance. Au total 63 sondages ont été échantillonnés, soit plus de 1200 échantillons prélevés. Cet échantillonnage comprend aussi une série d'échantillons provenant des 500 premiers mètres de formations sédimentaires recoupées par les sondages Shea 114 et/ou Shea 114-11 et d'échantillons de sondages hydrogéologiques spécifiques (Hyd 07-01, 03 et 05) situés à quelques centaines de mètres de part et d'autre de la structure minéralisée et considérés comme faisant partie de la zone stérile autour des gisement du district de Shea Creek.



Figure 2-15 : Carte du gisement de Shea Creek avec les sondages effectués et leurs accumulations radiométriques (GT) (points colorés), les différents types de minéralisation et les lithologies recoupées au niveau du socle (Lescuyer, 2012).

L'échantillonnage a été réalisé au cours de 3 missions de terrain :

Mission 1

Au cours d'une première mission, la zone de Kianna a été choisie en priorité pour devenir la zone de référence pour l'étude de l'altération de Shea Creek (figure 2-15). Trois sections de sondages ont été sélectionnées avec une orientation NNE-SSW (figure 2-16). Ces sections ont été définies par rapport à l'étude structurale menée par JL. Feybesse (AREVA MINES).

Les 3 sections sélectionnées sont distantes de moins de 50 m les unes des autres et l'espacement entre les sondages est inférieur à 25 m. 13 sondages ont été échantillonnés sur les 3 sections d'étude de la zone de Shea Creek et un autre Shea 121-4 (Anne) pour une étude complémentaire (étude Master). Un total de 375 échantillons a été prélevé dans les grès, à la discordance et dans les roches du socle métamorphique (tableau 2-4). Cet échantillonnage permet d'avoir une vue générale de la distribution dans l'altération des minéraux argileux et des différentes fractures dans la zone de Kianna, zone la moins connue du fait de sa découverte plus tardive par rapport à Anne ou Colette.



Figure 2-16 : Carte du gisement de Kianna avec la géologie du socle à la discordance et la position des principales structures. Les lignes en pointillés noirs correspondent aux 3 sections de sondage échantillonnées, les points en jaune et rouge les sondages sélectionnés.

Sections	Sondages	Nombre d'échantillons
1	Shea 114-4, Shea 114-8, Shea 114-9, Shea 115-11, Shea 11-16	123
2	Shea 115, Shea 115-2, Shea 115-7	88
3	Shea 63B, Shea 118, Shea 118-1, Shea 118-2, Shea 118-4	138
Anne	Shea 121-4	27

Tableau 2-4 : Liste des différents sondages échantillonnés et nombre d'échantillons étudiés pour chaque section. Le sondage Shea 121-4 a été utilisé pour une étude complémentaire.

La figure 2-17 montre la distribution des échantillons le long des sondages pour la section 1. Pour les échantillons de grès, il s'agissait de mettre l'accent sur les zones fracturées et saines afin de comprendre la répartition des différents types d'argile par rapport aux structures et leur distribution à proximité de la minéralisation perchée et à la discordance. Au niveau du socle, le but était de déterminer les zones altérées et les structures qui sont directement associées à la minéralisation afin de construire les contours en 3 dimensions du halo d'altération (Gocad). La distance entre les échantillons est inférieure à 10 m, excepté dans le cas ou la zone était trop minéralisée ou bien dans le cas ou la roche était saine (socle), cas pour lesquels l'échantillonnage a été plus espacé.

Parmi ces échantillons, une quarantaine a été prélevée à proximité des différentes zones minéralisées (figure 2-17).



Figure 2-17 : Exemple de répartition de l'échantillonnage réalisé de part et d'autre de la discordance, le long d'une section de cinq forages minéralisés dans le gisement de Kianna. Les traits horizontaux correspondent aux échantillons. Les corps minéralisés sont symbolisés en rouge. La distance entre Shea 114-4 et Shea 115-16 est d'environ 80 m.

Mission 2

Une deuxième mission a permis d'étendre l'échantillonnage vers la zone de Anne suivant le même mode opératoire que celui utilisé pour la zone de Kianna. Une partie de l'échantillonnage s'est focalisée sur des zones non minéralisées dans lesquelles les roches situées de part et d'autre de la discordance ne sont pas ou peu affectées par les phénomènes d'altération associés à la mise en place des corps minéralisés.

7 sections ont été sélectionnées partant de Kianna sud à Anne (figures 2-18 et 2-19) et 6 sondages ont été échantillonnés à l'extérieur de la structure du SLC. Plus de 40 sondages ont été étudiés lors de cette mission dont 37 échantillonnés pour un total de 628 échantillons prélevés (tableau 2-5) et 3 sondages logués (fracturation dans les grès). Les sondages Hyd 07-03 et 05 ainsi que Shea 11, 13, et Shea 14 sont situés en dehors de la structure SLC. L'échantillonnage de roches de socle les moins altérées a été réalisé sur les sondages Hyd 07-05, 02 et 04.



Figure 2-18 : Carte montrant la distribution des sondages entre les gisements de Kianna et Anne du district de Shea Creek (AREVA, 2009). Elle indique la position des sections de sondages échantillonnés : 7 sections dont 4 concernant la mission 2, 2 transversales (4 et 5) et 2 longitudinales (6 et 7) à la structure SLC (lignes en pointillés). 1 sondage (Shea 13 et Hyd 07-04) en limite de SLC non minéralisé a été échantillonné.



Figure 2-19 : Localisation des sondages échantillonés dans le secteur d'Anne à Shea Creek (AREVA, 2009). La carte indique la position des sondages échantillonnés dans la zone minéralisée (3 sections longitudinales, 8, 9 et 10) et en dehors de la minéralisation (cercle rouge). La teneur en U et le type de lithologie recoupée à la discordance sont précisés dans la légende.

Sections	Sondages	nombre d'échantillons
4	Shea 123, Shea 123-10, Shea 123-12	59
5	Shea 50-7, Shea 50-5, Shea 50-2, Shea 50-4	68
6	Shea 18, Shea 50-8, Shea 50-10, Shea 121-2	46
7	Shea 50, Shea 50-9, Shea 50-11	66
8	Shea 37-7, Shea 37-5, Shea 112, Shea 122-3, Shea 122-4, Shea 85	119
9	Shea 37-1, Shea 37-6, Shea 36, Shea 101, Shea 122-5	90
10	Shea 95-3, Shea 109-3, Shea 109-6, Shea 109-7	49
autres	Shea 109-4, Shea 11, Shea 13, Shea 14, Hyd 07-03, Hyd 07-05, Hyd 07-02 et Hyd 07-04	131
	Nombre de sondages échantillonnés = 37 ==>	628

Tableau 2-5 : Liste des sondages échantillonnés et quantités d'échantillons prélevés dans chaque section.

Mission 3

La troisième mission a permis un échantillonnage sélectif servant à compléter les informations déjà obtenues après l'étude pétrographique et minéralogique des échantillons des premières missions : un échantillonnage du sondage Shea 114-11 (figure 2-16) dans sa partie supérieure entre 500 m et 660 m de profondeur et un échantillonnage détaillé du sondage Hyd 07-01. Une autre partie de l'échantillonnage a été focalisé sur les formations sédimentaires argileuses (argilites) et les intraclastes argileux intercalés dans les grès pour mieux cerner la minéralogie des phases argileuses détritiques. Une autre partie de l'échantillonnage a porté sur l'extension de l'étude le long de la structure SLC dans les parties nord et sud du district de Shea Creek (figures 2-20 et 2-21).



Figure 2-20 : Localisation des sondages échantillonnés dans les parties nord et sud du district de Shea Creek (Shea 22, Shea 7 et Shea 8, Shea 117) du gisement de Shea Creek (AREVA et UEX, 2010).



Figure 2-21 : Carte du gisement de Colette montrant les sondages échantillonnés dans la partie nord de Shea Creek. (Carte UEX, 2012).

Zones	Sondages	Nombre d'échantillons
Kianna	Shea 114-11, Shea 134, Shea 136-2 et Shea 130-5	87
Shea sud	Shea 22, Shea 8, Shea 7	30
Colette	Shea 117, Shea 111-7, Shea 57, Shea 51, Shea 62 et Shea 92	66
autre	Hyd 07-01	30
	Nombre d'échantillon total	213

Tableau 2-6 : Liste des sondages échantillonnés et des quantités d'échantillons prélevés durant la mission 3.

Pour compléter les informations déjà acquises sur les relations entre la fracturation et l'argilisation, le sondage Shea 134 dans la zone de Kianna à été sélectionné comme sondage de référence (figure 2-23). Pour ce sondage l'échantillonnage et l'étude structurale ont été menés conjointement avec le géologue structuraliste JL. Feybesse. Près de 60 échantillons y ont été prélevés (tableau 2-6).



Figure 2-22 : Répartition spatiale de l'échantillonnage sur l'ensemble de la zone Kianna-Anne. Les points colorés représentent les échantillons.

Au final, l'échantillonnage est réparti sur l'ensemble du district de Shea Creek sur une distance de 15 km. Néanmoins, la plus grande partie des échantillons a été prélevé sur et autour des gisements. Le nombre total d'échantillons prélevés au cours des 3 missions est d'environ 1200. La figure 2-22 montre la répartition des échantillons prélevés dans les sondages entre Kianna et Anne à partir du logiciel Gocad.

La base de données ARC (AREVA Canada)

La plupart des sondages forés dans le district de Shea Creek sont déviés à partir de sondages pilotes qui sont verticaux. Toutes les études des sondages carottés effectués sur le district de Shea Creek sont enregistrées, en particulier toutes les informations relatives à la sédimentologie et la lithologie, la fracturation, sur les altérations et sur les minéralisations. Des échantillons ont été prélevés et analysés sytématiquement au PIMA (Portable Infrared Mineral Analyser) pour l'identification des minéraux d'altération et en ICP-OES pour l'analyse chimique majeure et traces de la roche totale. Ces analyses ont été effectuées avec un intervalle de 20 m de la surface à 600 m, puis de 10 m jusqu'à la discordance dans les zones non minéralisées et enfin un intervalle inférieur à 1 m dans les zones minéralisées des grès et du socle. Pour les sondages non minéralisées du socle les analyses sont plus espacées.

Les données de description des carottes, les coordonnées géographiques ainsi que les données de géochimie de 190 sondages ont été récupérées pour faciliter la reconstitution 3D de la zone altérée présentée dans cette étude.

La figure 2-23 positionne la zone principale (entre la zone 58B et Anne) où l'étude se concentre. Les 3 coupes A, B et C et les sections 1, 2 et 3 sont les principales utilisées dans ce manuscrit. La coupe A comprend les sondages Hyd 07-05, Hyd O7-04, Shea 50-7, Shea 50-5, Shea 50-2, Shea 50-4, Shea 13 et Hyd 07-01 et la coupe B les sondages Shea 14, Shea 85, Shea 122-5, Shea 109-4 et Shea 11. La coupe C, longitudinale par rapport à la structure SLC est utilisée dans l'interprétation de la partie modélisation 3D Gocad. Cette 3ème coupe C longitudinale le long au SLC a aussi été utilisée par Quirt (2002) dans les premiers travaux sur la distribution des minéraux argileux (tableau 2-3) et par Kister (2003 et 2006) sur la modélisation 2D de la distribution géochimique des éléments majeurs et traces (figure 2-12). La délimitation en pointillés représente la zone principale de Shea Creek sur laquelle ont été entrepris les travaux de modélisation GOCAD de la distribution spatiale des propriétés lithologiques, minéralogiques et géochimiques.


Figure 2-23 : Carte représentant les gisements du district de Shea Creek de la zone 58B à Anne (AREVA, 2010).

- En points noirs les sondages qui sont les plus étudiés dans le mémoire.

- Le parallélogramme en pointillé délimite la zone retenue pour la modélisation GOCAD.

- Les coupes transversales A et B sont utilisées pour les corrélations spatiales dans l'étude.

- La coupe longitudinale C est utilisée dans la construction de la distribution 3D des propriétés lithologiques, minéralogiques et géochimiques le long du SLC.

2.9.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait le point sur les connaissances acquises depuis plus de 50 ans sur le bassin de l'Athabasca et sur les gisements d'uranium liés à une discordance protérozoïque qui constituent des éléments utiles pour la compréhension des gisements du district de Shea Creek. Cette étude nous a permis de dégager 4 points essentiels qui justifient les travaux entrepris dans le cadre de cette thèse :

- Un manque d'information pétrographique et minéralogique nous permettant de mieux caractériser la partie basale de la colonne stratigraphique où se concentrent les principaux corps minéralisés.
- Un manque d'information sur la distribution précise des minéraux argileux dans le halo d'altération qui entoure les gisements.
- Une absence de consensus sur les moteurs de circulation des fluides et sur le modèle génétique qui explique la formation des gisements liés à une discordance.
- Une absence de modèle global satisfaisant qui fait intervenir tous les processus de la formation du bassin à la minéralisation.

3. Etude Lithologique et Pétrographique

3.1.Introduction

La découverte des premiers gisements d'uranium du bassin de l'Athabasca a provoqué un regain d'intérêt concernant les modalités de son remplissage sédimentaire et de ses relations avec le substratum paléoprotérozoïque et archéen. Ce remplissage, quasiexclusivement silicoclastique, est largement connu sous le terme général de « Grès de l'Athabasca ». Limitées au seul secteur de cette thèse, la région de Shea Creek, de nombreuses études ont porté à la fois sur les dépôts sédimentaires (Ramaekers, 1976 à 1990, 2004, 2007; Hoeve et Quirt, 1984; Yeo 2002 et Collier 2001,2002, 2003, 2004 et 2007), sur les roches du socle (Beaudemont, 1998; Lorilleux 2002; Brouand, 2002), sur leur relation avec la discordance (Hoeve et Quirt, 1984), sur la déformation et la fracturation des grès (Lorilleux, 2002), sur les phénomènes d'altération (Hoeve et Quirt 1984; Laverret 2005, 2010; Kister 2005, 2006; Beaufort, 2008, Rigault, 2010) et sur la minéralisation uranifère et ses relations avec les thèmes précités (Quirt, Hoeve, 1984; etc..). Toute ces études ont permis d'acquérir une meilleure compréhension de la mise en place des gisements d'uranium et de conforter le modèle de genèse diagénétique-hydrothermale. Malgré ces progrès, les relations effectives (spatiales et/ou temporelles) entre la genèse et la localisation actuelle des dépôts d'uranium ne font pas l'unanimité et sont encore largement débattues.

Les roches du bassin et du socle ont subi une intense déformation (mécanique, pressiondissolution...) associée à une forte altération. La manifestation la plus fréquente de cette altération est le remplacement des minéraux primaires par des assemblages argileux et le développement d'une forte porosité. Sa compréhension est essentielle car la minéralisation uranifère se met en place dans ces zones altérées. En privilégiant une approche lithostratigraphique et pétrographique, nous avons choisi de décrire le contexte de formation des roches par une étude minéralogique des roches du bassin et du socle afin de pouvoir déterminer les conditions initiales avant l'altération hydrothermale et la mise en place des minéralisations. Dans un deuxième temps, seront décrits les processus d'altération et de minéralisation des roches du bassin et du socle qui sont associés aux épisodes de réactivation des failles protérozoïques. Nous avons limité notre périmètre d'investigation de part et d'autre de la discordance, de la formation du Lazenby Lake jusqu'à 200 à 300 m dans le socle, soit une tranche de l'ordre de 500 m dans laquelle existe la plus forte densité de données d'exploration. Dans les grès, nous avons porté un intérêt tout particulier aux formations sédimentaires basales du Manitou Falls.

Notre étude des roches du socle et des dépôts sédimentaires qui renferment les gisements du district de Shea Creek va combiner l'observation des carottes de près d'une soixantaine de sondages et la sélection de plus de 1200 échantillons (figure 2-22), représentatifs des

faciès et des déformations. Sur ces échantillons, plus de 100 lames minces (Voir Annexe 3) ont été taillées pour être étudiées par microscopie optique et microscopie à balayage (MEB).

3.2. Etude des formations géologiques

3.2.1. La couverture sédimentaire

La description de la lithostratigraphie du bassin de l'Athabasca a été décrite initialement par Ramaekers (1976 à 1990) et révisitée par Yeo (2002, 2007), Collier (2001, 2003, 2005 et 2007) et Ramaekers (2004 et 2007). L'étude de la lithostratigraphie de l'ensemble du bassin à partir des corrélations entre les sondages des parties ouest et est du bassin a mis en évidence de nombreux problèmes notamment dans la partie basale du bassin. Les unités A et B de la formation Manitou Falls, qui sont relativement bien représentées dans la partie est du bassin, ont été redéfinies dans la partie sud. De ce fait, de nouvelles formations ont été identifiées telles que les formations Read et Smart qui représentent les systèmes de dépôt du Karras et de Roberts (figures 2-7 et 2-8). Ces formations sont recouvertes par les unités du Warnes de Collins et du Dunlop de la formation Manitou Falls faisant partie du dépôt d'Ahenakew (figure 3-1). Comme indiqué dans la figure 3-1 ces auteurs considèrent que la formation anciennement nommée Manitou Falls C très utilisée dans les descriptions lithologiques à Shea Creek correspond actuellement à la formation Smart.

Dans l'ensemble des sondages de Shea Creek, l'établissement des logs reposent sur la procédure établie par ARC (AREVA ressource Canada) (figure 3-1) et ne prend pas en compte le nouveau découpage lithostratigraphique de la formation du Manitou Falls établi par Collier et Ramaekers (2003 et 2005, 2007).



Figure 3-1 : Coupe lithostratigraphique N-S du bassin de l'Athabasca au niveau du district de Shea Creek à partir de log granulométrique qui compile les travaux de Collier (2003, 2007), Slimmon et Waters (2007) et Yeo (2007). (Mb = member).

Pour cette étude, les règles de description des dépôts sédimentaires suivent celles mises en place par les géologues sur site. Cette description des faciès est limitée aux paramètres lithologiques et pétrographiques : taille des grains détritiques (selon classification de Wentworth), leur classement et leur évolution, l'importance des intraclastes argileux, des argilites et de la quantité globale d'argile présente dans les grès, l'induration des roches, la couleur et les phénomènes d'hématisation. Enfin les structures sédimentaires sont décrites si présentes. De manière générale, les grès de l'Athabasca sont roses à violets, jaunâtres à gris, altérés blanchâtres et à grains fins-moyens-grossiers. Leur découpage en grands ensembles lithostratigraphiques est basé sur l'apparition soudaine d'éléments grossiers (granules) ou conglomérats. Cette règle est le plus souvent respectée dans le cas de la formation Manitou Falls et ses sous-ensembles C et D (figure 3-2). Les grès conglomératiques identifiés à la base de la formation Manitou Falls correspondent à des grès contenant des grains de taille supérieure à 1 mm et des éléments grossiers (granules, galets) qui peuvent atteindre plus de 80 mm. La limite entre Manitou Falls D et Lazenby Lake est moins bien définie, car elle ne repose pas sur l'existence d'un marqueur tel que l'apparition d'un horizon conglomératique ou un enrichissement en éléments grossiers.

La figure 3-2 représente la colonne lithostratigraphique reconstituée à partir de la description des sondages Hyd 07-05 et Shea 114 (Voir Annexe 4-5). Les dépôts gréseux sont composés essentiellement de grès fins à moyens, avec quelques intercalations d'argilites. Ces ensembles gréseux contiennent des quantités variables d'argile avec la succession plus ou moins dense de niveaux pauvres en argile (très silicifiés) et des niveaux plus riches. Dans le détail, on rencontre de haut en bas :

- 374 à 560 m : formation Lazenby Lake très hématisée présentant des anneaux de Liesegang,
- 560 à 645 m : formation Manitou Falls D très riche en intraclastes argileux mais pauvre en argile interstitielle,
- 645 à 714 m : formation Manitou Falls C correspondant à un niveau riche en argile interstitielle, en argilite et en intraclastes argileux et reposant sur des grès conglomératiques. Cette succession n'est cependant pas valide dans certaines zones de Kianna et de Anne où les grès de cette formation ne contiennent ni niveaux d'argilite, ni de conglomérats basaux. Néanmoins, des niveaux silicifiés ont été reconnus dans cette formation (Voir annexe 4-5)
- Discordance à 714 m. La typologie des gisements d'uranium de cette province, dits associés à une discordance atteste du rôle métallogénique essentiel de cette discordance, contact entre les formations sédimentaires détritiques du bassin de l'Athabasca et leur substratum cristallin. Cependant cette discontinuité stratigraphique majeure peut présenter plusieurs faciès (sensu lato) même si sa position spatiale est toujours localisée à la base du remplissage sédimentaire.



Figure 3-2 : Log lithostratigraphique reconstitué à partir des sondages régionaux Shea 114 et Hyd 07-05 caractérisant la colonne stratigraphique de l'ensemble des grès dans la zone de Shea Creek.

3.2.2. Les roches du socle

A Shea Creek les roches du socle ont subi plusieurs phases de déformation suivies d'une forte altération due dans un premier temps au métamorphisme rétrograde puis à l'altération hydrothermale plus tardive. Connaître la nature des roches du socle et leur état de déformation est important pour mieux comprendre leurs altérations.

Les roches du socle comprennent des ensembles de roches alumineuses et des gneiss felsiques qui appartiennent au domaine de Lloyd. La description dans les logs des différentes lithologies repose sur les travaux de Lorilleux et Beaudemont (1997, 1998) et surtout les travaux des géologues locaux. 8 faciès lithologiques principaux ont été identifiés dans le socle (Beaudemont et Lorilleux, 1998) : les gneiss felsiques (supérieurs et inférieurs), les métabasites, les garnétites, les gneiss graphitiques, les métapélites, les pegmatoides et les restites (figure 3-3).

Gneiss Felsiques

- (1-2) Les gneiss felsiques sont composés de quartz, feldspath, ± grenat, ± de biotite. Il n'y a pas de réelle différence minéralogique entre les gneiss felsiques supérieurs et inférieurs, seule varie leur position par rapport à la structure graphitique. L'origine du protolite de ces gneiss reste difficile à déterminer de par leur forte recristallisation due à un métamorphisme de type amphibolite à granulite selon les cas (Lorilleux, 1997).
- (3) Les métabasites qui ont une épaisseur relativement faible (1 à 10 m) sont composés de feldspath, biotites et d'une quantité variable d'hypersthène et d'augite. Elles correspondent à d'anciens basaltes métamorphisés.

Gneiss alumineux

- (4) Les garnétites sont composées de quartz et de grenat avec des quantités variables de sillimanite, cordiérite et biotite. Les garnétites sont entourées par des gneiss graphitiques qui sont considérés comme la source du conducteur SLC.

- (5) Les gneiss graphitiques sont des niveaux de gneiss pélitiques (riches en graphite et pyrites) à schiste généralement mélangés à des leucogranites. Ces gneiss graphitiques correspondent à d'anciens dépôts de matières organiques marines (black shales).

- (6) Les métapélites qui sont composés de quartz, feldspath et biotite avec des proportions variables de grenat, cordiérite et sillimanite. Cette unité contient aussi des zones riches en graphite.

- (7-8) Les pegmatites et les restites identifiés dans les métapélites sont composés de grenats, biotites et feldspaths, quartz et d'une grande quantité de zircon, de monazite, de magnétite et d'apatite.



Figure 3-3 : Succession lithostratigraphique des roches du socle de Shea Creek (Beaudemont et Lorilleux, 1998).

3.3.Etude détaillée de la formation basale du bassin de l'Athabasca (Manitou Falls c et d)

3.3.1. Faciès lithologique

<u>La nature des grès</u>

L'observation des carottes de sondages recoupant la formation Manitou Falls met en évidence l'existence de variations lithostratigraphiques dans les grès. Globalement les différents faciès observés à partir de la discordance dans la formation Manitou Falls sont : (1) une zone conglomératique, (2) une zone à grès très pauvre en argile, (3) une zone à grès argileux, (4) une intercalation de grès propres, (5) une zone argileuse et (6) à nouveau une zone de grès propres (tableau 3-1).

Zone 1 : A la base du Manitou Falls C, les grès conglomératiques dont l'épaisseur peut atteindre plus de 20 m reposent en discordance sur le socle. Les grains détritiques sont mal triés et la taille des galets peut être pluri-centimétrique (figure 3-4 A). Ce niveau de grès conglomératiques n'est pas continu sur l'ensemble de la zone de Shea Creek.

Zone 2 : Les grès sont moyens à fins et dépourvus d'argile (grès propres) (figure 3-4 B). Cette zone est souvent considérée comme une zone de grès silicifiés. Au niveau de Kianna et le long du SLC, ce niveau gréseux repose directement sur la discordance et peut atteindre une dizaine de mètres d'épaisseur. Les structures sédimentaires sont plutôt planes parallèles. La présence d'hématite n'a pas été observée.

Zone 3 : Les grès sont moyens et riches en argile avec une épaisseur approximative de 30 m. Dans ce niveau la proportion d'argiles peut atteindre 30 %. Ce niveau comporte des structures sédimentaires obliques et parallèles (figure 3-4 C).

Zone 4 : Ce niveau de grès propre, (pauvre en argile) est composé de grains moyens. Son épaisseur est d'environ 10 m et il est intercalé entre les niveaux de grès argileux.

Zone 5 : Les grès sont riches en argile et composés de grains moyens et font une vingtaine de mètres d'épaisseur. Ils contiennent des intraclastes argileux et des intercalations de niveaux de grès plus fins et d'argilite (figure 3- 4 D, E, F et G). Les niveaux d'argilites ont des épaisseurs décimétriques (figure 3-4 F). Les intraclastes argileux sont souvent directement en contact du grès argileux (figure 3-4 H). Les grès contiennent de nombreuses structures sédimentaires "bedforms" (figure 3-4 E et F), telles que des laminations planes parallèles et des stratifications obliques. Les laminations planes parallèles s'observent dans les grès, mais surtout dans les niveaux d'argilites. Les structures obliques et entrecroisées sont très présentes dans le grès moyen; dans certains niveaux elles sont semblables aux structures d'oscillation telles que les HCS (Hummocky Cross Stratification) qui sont souvent marquées par des dépôts de minéraux lourds. Des figures de déformation des sédiments de type convolutes (figure 3-4 D) sont aussi présentes dans ces grès. Ces structures impliquent une sédimentation rapide et une liquéfaction du sédiment post-dépôts.

Zone 6 : Ce dernier niveau est composé de grès fins et pauvres en argile, il correspond à la formation Manitou Falls D. Quelques intraclastes argileux sont présents à sa base mais globalement ces grès sont propres. Les intraclastes argileux sont entourés par une auréole riche en hématite et en quartz silicifiés (figure 3-4 G). Les stratifications observées sont souvent obliques entrecroisées et planes parallèles (figure 3-4 H). La morphologie de ces stratifications et le bon granoclassement des grains détritiques présentent des caractéristiques semblables à celles observées par ailleurs dans le bassin dans des grès éoliens (Collier, 2003).

N°	Faciès stratigraphique	Epaisseur estimée	Description	Structures sédimentaires
6	Grès propres	70 m	grès moyen, dépourvu d'argile, présence d'intraclastes d'argile entourés d'hématite	structures plane- parallèles et obliques entrcroisées
5	Grès argileux	20 m	grès moyen à fin, riche d'argile interstitielle, en argilite et intraclaste d'argile	structures plane- parallèles et obliques entrecroisées, HCS, convolutes et/ou slumps
4	Grès propres	10 m	grès moyen à fin, dépourvu d'argile	structures plane- parallèles
3	Grès argileux	30 m	grès moyen à fin, riche d'argile interstitielle	structures plane- parallèles et obliques
2	Grès propres	20 m	grès moyen à fin, dépourvu d'argile	structures plane- parallèles
1	Grès conglomératiques	20 m	grains détritiques mal triés, galets arrondis et pluri-centimétriques, présence d'argile interstitielle	structures plane- parallèles et obliques

Tableau 3-1 : Illustration des différents faciès observés dans les grès de la formation Manitou Falls.

Les limites stratigraphiques entre les différents niveaux de grès sont souvent marquées par des surfaces d'érosion, c'est à dire une surface plane marquant l'érosion des dépôts précédents. C'est également le cas au niveau des contacts grès-argilite (figure 3-4 D). Les structures sédimentaires et la granulométrie des dépôts d'argilites observées ne permettent pas de mettre en évidence un phénomène de cyclicité caractéristique d'effet de marée tel que des alternances entre des bancs grès moyens/fins et des argilites associées à des stratifications obliques en sens opposées (herringbornes). Un granoclassement des grains détritiques n'a pas pu être décelé au passage des grès à des niveaux d'argilites et donc ne permet pas de déduire d'une origine turbiditique pour ces faciès. Il n'a pas été observé de fente de dessiccation au niveau des argilites, ne mettant donc pas en évidence un dépôt en plaine d'inondation. Il apparaît donc que ces dépôts se sont mis en place plutôt en condition sous aquatique (Parize, communication personnelle)



Figure 3-4 : Echantillons caractéristiques des grès de la formation du Manitou Falls à Shea Creek. Les Numéros de 1 à 6 correspondent aux types de grès décrits dans le tableau 3-1.

A : grès conglomératique basal.

- B : grès propre pauvre en argile (silicifié), riche en lit de minéraux lourds.
- C : grès argileux inférieur.
- D : grès argileux supérieur contenant des structures de déformation "convolutes" post-dépôt sédimentaire.
- E : grès argileux supérieur contenant des stratifications obliques.
- D : lits d'argilites intercalées dans des grès argileux.
- F : intraclastes argileux dans un grès argileux (Shea 62) et dans un grès propre avec auréole d'hématite (Hyd 07-01).
- G : grès propre contenant des stratifications obliques et entrecroisées.

3.4. Etude pétrographique des faciès détritiques du district de Shea Creek

Dans cette étude pétrographique, les roches détritiques constituant les niveaux de base du bassin de l'Athabasca vont être décrites à partir des observations effectuées au microscope optique et au microscope électronique à balayage (Meb). Elle se concentrera sur l'analyse de lames minces d'échantillons sélectionnés sur 2 zones : la zone minéralisée de Kianna et une zone éloignée de la zone minéralisée (sondages Hyd 07-03 et 05).

Les grès du bassin sont composés essentiellement de grains de quartz monocristallin. Le passage à des grès plus grossiers (grès grossier à conglomératique) est marqué par la présence de grains polycristallins. Au quartz s'ajoutent des micas détritiques (muscovites), tourmalines (schorl), minéraux argileux du groupe kaolin, illite et sudoite, dravite et minéraux lourds, en particulier des zircons, des oxydes de titane et de fer, des APS et des apatites. Les grès sont totalement dépourvus de feldspath (Hoeve et Quirt, 1984; Wasyliuk, 2002; Jefferson et al., 2007).

Tout au long de son histoire, le bassin a subi plusieurs périodes d'enfouissement et d'érosion qui ont été enregistrées par les grès. Pendant la diagénèse, l'effet de la compaction se marque par une réduction de la porosité primaire, par la cimentation de l'espace poral résiduel avec surcroissance de quartz secondaire automorphe autour des grains de quartz détritiques et/ou l'apparition de matrices microporeuses constituées de minéraux argileux (figure 3-5) et par le développement de figures de compression tels que le poinçonnement et l'imbrication des grains (figures concavo-convex, points triples et stylolites). La présence de figures de compaction. La maturité texturale (forme initiale) des grains est souvent effacée sous l'effet de la compaction.



Figure 3-5 : Quelques exemples de perte de porosité résultant de la compaction, incluant la rotation et rapporchement des grains; déformation plastique et ductile des grains; déformation par flexuration des grains et pression solution. (From M. D. Wilson, ed., Reservoir Quality Assessment and Prediction in Clastic Rocks, SEPM Short Course, no. 30, 1994; and J. C. Wilson and E. F. McBride, Compaction and porosity of Pliocene sandstones, Ventura basin, California, Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 72:664–681, 1988). Sutured contact = stylolite

La zone éloignée de la minéralisation

L'analyse des échantillons de grès de sondages (Hyd 07-03 et 05) éloignés de la zone minéralisée montre qu'il est possible de distinguer 4 types de grès en fonction de la déformation des grains de quartz due à la compaction et en fonction du remplissage de l'espace poral par une matrice soit argileuse soit siliceuse (figure 3-6). Depuis la formation du Manitou Falls D jusqu'à la discordance on retrouve, les 4 faciès suivants :

- (1) Dans la partie supérieure les grès sont de type quartz arénite. Ils sont dépourvus d'argile et leur espace poral est très réduit (compaction, pression-solution). Les grains sont très déformés et contiennent des figures de compaction concavo-convexes et des microstylolites. La maturité texturale des grains a été effacée par la compaction (figure 3-6 A et B).
- (2) Un niveau de grès beaucoup plus poreux avec une matrice argileuse et des surcroissances de quartz dans l'espace poral. Les grains sont très peu déformés et montrent une texture arrondie sauf aux contacts entre grains où les figures concavo-convexes sont formées (figure 3-6 C et D). Dans la partie inférieure de ce niveau, de fines passées sédimentaires argileuses (argilites) sont intercalées dans les grès et les surcroissances de quartz sont moins abondantes. Bien que ces grès soient fortement illitisé, l'altération des argilites qui constituent des barrières de perméabilité n'excède pas quelques centaines de microns. (figure 3-6 E).
- (3) Un niveau de grès où la matrice devient moins argileuse et plus riche en surcroissances de quartz (figure 3-6 F). Les grains détritiques ne sont pas déformés et la texture originelle arrondie est bien préservée.
- (4) Un niveau conglomératique où l'espace poral diminue progressivement en se rapprochant de la discordance. La matrice est uniquement argileuse et les grains sont relativement déformés par la compaction avec des microstylolites et des figures concavo-convexes. Les grains sont le plus souvent polygéniques.



Figure 3-6 : Composition minéralogique des grès de la formation Manitou Falls. A et B : grès propres. C et D : grès à ciment argileux. E : contact entre une argilite et un grès. F : grès silicifié. G : grès argileux et H : niveau conglomératique pauvre en argile.

La zone minéralisée du gisement de Kianna

L'analyse pétrographique des échantillons de la zone minéralisée du gisement de Kianna confirme la distinction des différents types de grès décrite précédemment. De la formation Manitou Falls D à la discordance, on retrouve les 5 faciès suivants (figures 3-7 et 3-8) :

- (1) Les grès supérieurs correspondant à la formation Manitou Falls D ont un espace poral limité et sont pauvres en argile (figures 3-7 A, B, C, E, F, G). Localement, quelques niveaux plus riches en argile peuvent être intercalés (figure 3-7 D). Les grains détritiques sont relativement mal triés bien que certains niveaux montrent des laminations avec des alternances de granulométries différentes (figure 3-7 G). Ils sont déformés, même si la texture d'origine semble être préservée, et montrent des formes plutôt arrondies. Les figures de compaction sont de type concavo-convexe avec présence de microstylolites. Les surcroissances de quartz sont peu fréquentes et observées principalement dans la partie inférieure de la formation MFd.
- (2) Dans les grès plus argileux, les grains détritiques sont très déformés. Les figures de compaction vont de simples figures concavo-convexes à des textures beaucoup plus matures. Les surcroissances de quartz sont rares (figure 3-8 A et B).
- (3) Dans ce niveau, les grès sont de type quartz arénite (figure 3-7 C) dont l'espace poral peut être comblé par des surcroissances de quartz (figure 3-8 D). Les grains sont très déformés par la compaction allant jusqu'à la formation de microstylolites. La texture originale des grains peut être totalement effacée par la compaction excepté dans les grès riches en surcroissance de quartz ou elle a été préservée de la compaction par le ciment.
- (4) Un niveau où la proportion d'argile est très élevée. Les grains détritiques sont à peine jointifs et semblent flotter dans le ciment argileux. Les grains détritiques sont très peu déformés. Par endroit on peut observer des cimentations argileuses dans les pores (figure 3-8 E et F).
- (5) Reposant sur la discordance, un niveau de grès propres de type quartz arénite. Les grains sont très bien triés et très déformés. Leurs textures originelles sont complètement effacées par la compaction (figure 3-8 G et H).



Figure 3-7 : Composition minéralogique et texture des grains détritiques de la formation Manitou Falls D. A et B : grès pauvres en argile et fortement compactés. D : grès argileux intercalé dans le MFd. C, E, F, G, H : grès pauvres en argile. Grès hétérogranulaire avec alternance de litage grès moyens/grès fins F et G et grès grossiers/ grès fins H.



Figure 3-8 : Composition et texture des grès de la formation Manitou Falls C à Kianna. A et B : grès argileux. C : grès propres sans ciment siliceux. D : grès riche en ciment siliceux. E et F : grès très riches en argile. G et H : grès propres de base.

En comparant les données pétrographiques, il apparaît que le nombre et le type de faciès identifié dans la zone de Kianna et dans la zone éloignée de la minéralisation ne sont pas identiques. 5 types de faciès ont été identifiés pour la zone de Kianna et 4 pour la zone éloignée de la minéralisation (tableau 3-2).

Au niveau du gisement de Kianna les grès moyens reposent directement sur la discordance et sont dépourvus d'argile (propres). Les grains sont monocristallins. Au dessus de ce faciès, on observe une alternance de grès propres et de grès argileux. Les grès argileux (2 et 4) sont composés d'une matrice argileuse. Le faciès argileux supérieur (2) ne présente pas d'intercalations d'argilite mais plutôt des intercalations de grès fins (siltstones). Dans les sondages éloignés de la minéralisation (Hyd 07-03 et 05), les grès conglomératiques reposent sur la discordance ; ils sont composés de grains de quartz polycristallins. Ils sont recouverts par des grès grossiers contenant peu de ciment argileux (3), la porosité étant remplie par des surcroissances de quartz. Les niveaux argileux (2) sont riches en intraclaste argileux et en argilite.

Formation	Zone éloignée de la minéralisation (Hyd 07-03 et 05)	Zone de Kianna	
Manitou Falls D	Ianitou Falls D Grès propres (1)		
	grès argileux (2)	grès argileux (2)	
Manitou Falls C	Grès riches en surcroissance de	Grès propres (3)	
	quartz et ± argiles (3)	grès argileux (4)	
	grès conglomératiques (4)	Grès propres (5)	

 Tableau 3-2 : comparaison entre les différents faciès identifiés entre les sondages de la zone minéralisée de

 Kianna et les sondages hydrogéologiques éloignés des zones minéralisées.

Au niveau du gisement de Kianna les grès propres (3 et 5) montre des évidences d'une forte compaction marquée par la disparition de la texture originelle, des microstylolites, de nombreux points triples aux joints de grains et des surcroissances de quartz. Dans les grès argileux, les grains détritiques sont peu déformés avec peu ou pas de surcroissances de quartz. Dans les sondages éloignés de la zone minéralisée, les conglomérats montrent aussi une forte compaction marquée par des microstylolites et des structures concavo-convexes. Le faciès sus-jacent (3) présente peu de déformation des grains détritiques protégés par une matrice siliceuse caractérisée par les surcroissances de quartz. Les grès argileux montrent peu de déformation des grains détritiques. Les grès propres au dessus de ces grès argileux présentent une forte déformation des grains détritiques comparable à ceux observés dans la zone minéralisée de Kianna.

Particularité des grès fins dans les niveaux argileux

Les argilites et les grès fins (siltstones) intercalés dans les grès argileux de la formation Manitou Falls C (faciès 2 tableau 3-2) ont été étudiés. Certains niveaux d'argilites et de grès fins ont été préservés de l'altération hydrothermale plus tardive soit du fait de leur forte imperméabilité ou soit de leur éloignement des grandes structures et des zones de minéralisation. Ils ont subi toute l'histoire du bassin néanmoins les minéraux primaires ont été préservés.

Les grès fins et argilites contiennent principalement des muscovites détritiques, grains de kaolinites détritiques, quartz, illite, minéraux lourds et une matrice argileuse. Les minéraux présentent une orientation selon la direction du dépôt (S₀) et sont marqués par des structures de compaction notamment des microstylolites et des grains déformés (figures 3-9 A, B, E et F). L'illitisation d'origine diagénétique dans ces grès fins se limite au contact entre les grains de kaolinite et les fibres de muscovite, dans les grains déformés de kaolinite et à quelques veinules d'illite qui ont une extension réduite (figures 3-9 B, E et F). Dans les grès fins plus altérés, les grains de kaolinite détritique de grande taille (plusieurs centaines de microns) et les muscovites sont complètement illitisés et les oxydes de fer se développent soit dans la matrice, soit dans les grains de kaolinite détritique altérés ou soit autour des grains de quartz (figures 3-9 C et D).

Dans ces niveaux, les principaux minéraux lourds présents sont les oxydes de fer tels que l'hématite, zircon, pyrite, apatite et oxydes de titane (anatase). On rencontre fréquemment des minéraux accessoires très altérés composés de chlorite et de fibres d'oxyde de titane et de fer. L'organisation des baguettes d'oxyde de titane semble montrer que le minéral d'origine avait une symétrie d'ordre 4 (figures 3-9 G et H). Ces minéraux correspondent probablement à des anciennes titano-magnétites qui ont été altérées.

Dans le niveau argileux basal (4) de la formation du Manitou Falls C (tableau 3-2), la composition minéralogique des grès se rapproche de la composition des grès argileux supérieurs (2), cependant la matrice argileuse est plus importante, quelques kaolinites détritiques ont été observées mais restent peu abondantes.

Les minéraux en inclusion dans les grains de quartz qui ont été étudiés correspondent à des biotites, zircons, pyroxènes/amphiboles, titano-magnétites, apatites et quelques rares monazites. Aucun feldspath n'a été observé.



Figure 3-9 : Composition minéralogique des grès fins. A et B: muscovites et vermicules de kaolinite détritique sont alignées selon les plans de stratification (SO). C et D : matrice argileuse bien représentée avec vermicules altérés de kaolinite.

- E et F : même photo (F : Meb) Composition et déformation syn-diagénétique dans un grès non altéré.
- G et H : habitus des minéraux lourds détritiques dans les grès fins.

Les minéraux argileux dans les grès

Dans les grès du district de Shea Creek, les minéraux argileux qui ont été observés sont l'illite, des minéraux du groupe kaolin, la sudoite et la smectite associés à des minéraux accessoires tels que la dravite et les APS. Ces minéraux n'ont pas tous la même origine et sont associés aux différents processus qu'a subit le bassin de l'Athabasca à savoir le remplissage sédimentaire, la diagénèse, l'altération hydrothermale et des altérations plus tardives.

Deux types de kaolinites ont été identifiés dans les grès (figure 3-10). Le premier correspond à la kaolinite détritique (figure 3-10-B). Elle a des caractéristiques identiques aux grains détritiques présents dans les grès : même taille, des déformations dues à la compaction, une orientation des grains dans la direction du dépôt (S₀). Les grains de kaolinite détritique ont une origine sédimentaire. Ils sont rencontrés en abondance dans les grès fins et les argilites, et en moindre proportion dans les grès argileux inférieurs. Le deuxième type de kaolinite constitue un ciment argileux diagénétique (figure 3-10 A). On les retrouve aussi bien dans les grès argileux que dans les grès pauvres en argile. Ces kaolinites sont en agrégats vermiculaires et de petite taille. Ce type de cimentation de kaolinite diagénétique (figure 3-10-B). Dans les grès argileux inférieurs (4), les kaolinites sont bien préservées de l'altération hydrothermale contrairement au niveau supérieur (2) (tableau 3-2). Les intraclastes d'argile présents dans les grès propres du Manitou Falls D et entourés d'une auréole de grès silicifiés et d'hématites sont composés aussi de petites kaolinites vermiculaires similaires à celles décrites plus haut (Annexe 4-9).

Comme décrite précédemment, l'illitisation d'origine diagénétique est très limitée dans les grès fins et argilites. Elle se limite au contact entre les grains de kaolinite et les fibres de muscovite partiellement altérées, le long des plans de déformation des grains de kaolinites détritiques. L'altération hydrothermale qui peut inclure l'illite et la sudoite se rencontre dans les veinules qui traversent les grès fins et argilites (figures 3-9 B et 3-10 b). Dans les grès, elle affecte l'ensemble du ciment argileux des différents types de grès, propres, argileux et conglomératiques (figure 3-11 A). Cependant, l'altération hydrothermale est généralement moins développée dans le faciès de grès argileux inférieurs.

Un autre minéral qui est associé à l'altération hydrothermale est la dravite (figure 3-11 B). Elle est fibreuse et se développe tardivement sur les grains de tourmaline détritique comme la schorlite ou en cimentation des pores. Elle remplace partiellement la kaolinite dans les grès pauvres en argile. Elle se rencontre dans tous les types de grès et peut être parfois le seul minéral hydrothermal remplaçant la kaolinite.

Dans les grès, la smectite s'observe en remplissage de microfractures tardives qui recoupent toute les structures sédimentaires, diagénétiques ou hydrothermales (les brêches notamment). Ces smectites seront illustrées ultérieurement (figure 3-24 F et G).



Figure 3-10 : Différents types de kaolinite observés dans les grès du district de Shea Creek. A : ciment argileux composé de kaolinites vermiculaires qui ont une origine diagénétique. B : kaolinites détritiques observées dans les grès fins et argilites. L'illite se développe dans les micro-fractures.



Figure 3-11 : Différents types d'altération observés dans les grès du district de Shea Creek. A : matrice argileuse d'un grès conglomératique altéré par le processus hydrothermal avec la formation d'illite en remplacement de la kaolinite. B : développement de dravite dans la porosité.

3.5.Lien géométrique entre les faciès détritiques et les grandes structures (SLC)

Distribution des faciès lithostratigraphiques

De toutes les observations effectuées sur les grès, on peut déduire que la distribution des faciès stratigraphiques ne semble pas continue sur l'ensemble du district de Shea Creek. En se basant sur la description géologique des logs de sondage de la base de données AREVA et sur les observations sur carottes prélevées pendant les missions de terrain, il est possible de préciser la distribution des conglomérats basaux et des intercalations d'argilite de la formation Manitou Falls dans le district de Shea Creek. Des coupes géologiques reconstruites à partir des logs sédimentaires permettent de définir les zones de distribution des conglomérats et d'argilites de la formation Manitou Falls dans le distributies de la formation Manitou Falls dans les secteurs de conglomérats et d'argilites de la formation Manitou Falls dans les secteurs de Kianna et d'Anne (figure 3-12). Ces coupes lithologiques définies à partir du logiciel Gocad ont été réalisées de manière transversale par rapport à la structure hôte (SLC) de la minéralisation. Afin de minimiser les effets du décalage vertical de la discordance par les effets topographiques, les logs ont été corrélés à partir de la TVDSS (nivellement par rapport au niveau de la mer).

De ces coupes, il ressort que les sondages possédant les niveaux de grès conglomératiques basaux les plus épais sont localisés dans les zones situées à l'extérieur de la structure SLC (figure 3-13). L'épaisseur de ce niveau de grès conglomératique diminue en se rapprochant de la structure et tend à disparaître à son aplomb : ce sont le plus souvent des grès moyens qui reposent directement sur la discordance. Cette configuration se retrouve aussi au niveau de la zone de Kianna qui se situe en léger décalage par rapport à la structure R₃ qui caractérise le conducteur graphitique SLC (figure 3-13). L'aspect général de la discordance montre que les structures qui la recoupe sont principalement les failles NE et WNW. Ces failles déforment la discordance ; cependant l'influence des failles inverse R₃ paraît peu développée.

La zone riche en intercalations d'argilites de la formation Manitou Falls C constitue également un niveau stratigraphique remarquable qui a été reconnu du secteur Anne sud jusqu'à celui de Colette sur une distance de 3,5 km. L'intercalation d'argilites entre le « top » (Ag-Up) et « bottom » (Ag-Down) indique une épaisseur constante d'environ 30 m et semble plus importante à l'ouest de la structure dans les sondages Hyd 07-03 et Hyd 07-05 (figures 3-12 et Annexe 4-7). Les niveaux d'argilites ne dépassent pas 20 cm d'épaisseur et leur nombre varie (3 à 10) selon les sondages étudiés. Les argilites sont moins fréquentes dans le secteur de Kianna.



Figure 3-12 : Coupes lithostratigraphiques de la MFc montrant la distribution des conglomérats, des argilites par rapport au SLC (définies à partir du logiciel Gocad). Les logs de la formation MFc reconstitués à partir des descriptions géologiques et recalés en fonction du contact MFc/MFd (Annexe 4-4 à 4-7). Les enveloppes bleues symbolisent les parties de sondage qui contiennent des conglomérats reposant sur la discordance. Les traits colorés Ag-down et Ag-up correspondent respectvement au premier et dernier niveau d'argilites identifiés dans les sondages lors des missions de terrain. Les flèches représentent les différentes failles recoupant la discordance. La coupe A et B montre la zone Kianna-Anne (figure 2-23). Profondeur en TVDSS et en MD (le long du sondage).



Figure 3-13 : Carte montrant les sondages contenant des grès conglomératiques et des grès propres basaux relevés dans la base de données des descriptions géologiques. Les étoiles vertes correspondent aux sondages contenant des grès propres basaux et les étoiles rouges des grès conglomératiques basaux. Le trait noir représente les failles R₃ (gneiss graphitique). Les grès propres basaux montrent une distribution qui se développe le long du SLC (figure 2-23).

Distribution des faciès pétrographiques

L'ensemble des observations pétrographiques effectuées sur 100 lames minces (Annexe 3) permet de définir les différents faciès de grès présents dans la formation Manitou Falls. Cette synthèse pétrographique porte essentiellement sur les sondages de Kianna et quelques sondages situés à l'extérieur de la structure du SLC (figure 3-14). Elle prend en compte le remplissage de l'espace porale par des ciments argileux ou siliceux comme mentionné précédemment. En recalant tous les sondages par rapport à la TVDSS (niveau de la mer), il est possible de suivre latéralement l'extension de ces différents niveaux de grès.

La distribution des conglomérats dans les sondages de la zone de Kianna se limite aux extrémités sud des sections 1 et 3. Ils s'observent dans les sondages Shea 115-11 et 115-16 et Shea 63B (figures 3-14 et 3-15). Les différentes observations sur les lames minces confirment l'extension latérale des différents faciès. Cependant entre la zone de Kianna et la zone éloignée du SLC représentée par les sondages Hyd 07-03, Hyd 07-05, Shea 14, Shea 11, la distribution latérale des faciès est différente (figures 3-14, 3-15 et 3-16). Au niveau de Kianna les grès argileux sont intercalés dans les niveaux de grès propres.

La déformation du bassin

La morphologie de la discordance observée au travers des différentes coupes lithostratigraphiques (figures 3-12, 3-13, 3-14, 3-15 et 3-16) montre une géométrie de type pente, graben ou chevauchement. Tous les points hauts se situent généralement dans la partie ouest du district de Shea Creek et les points bas à l'est. De nombreuses failles protérozoïques recoupent la discordance notamment la structure graphitique R₃ qui joue en faille inverse, les failles NE, WNW, E-W. Le décalage de la discordance des différents faciès démontre l'existence d'une activité tectonique postérieure au dépôt de la formation Manitou Falls. De nombreuses failles peuvent être responsables de cette déformation : les failles R₃, E-W, NE et WNW (figures 3-12, 3-14, 3-15 et 3-16). Néanmoins la déformation des grès ne semble pas être uniquement associée à la structure graphitique R₃.

Dans le niveau de grès propres qui reposent sur la discordance, les déformations subies lors de la réactivation des failles ont été très intenses, de nombreuses brèches et fractures ont été identifiées. Leurs remplissages sont principalement composés de kaolinite en petite vermicule similaire aux kaolinites diagénétiques qui sont observées dans les grès inférieurs (figures 3-14 et 3-15).



Figure 3-14 : Distribution des différents faciès de la formation Manitou Falls identifiés à partir des observations sur lames minces et du logiciel Gocad. Les logs stratigraphiques sont reconstitués à partir des descriptions géologiques (Annexe 4-8). La coupe verticale de la Section 1 correspond à la zone de Kianna (figure 2-16). Les traits colorés correspondent aux différentes lames minces analysées au microscope optique. La flèche représente la faille R₃ qui recoupe la discordance. Profondeur en TVDSS et en MD (le long du sondage).



Figure 3-15 : Distribution des différents faciès de la formation Manitou Falls identifiés à partir des observations sur lames minces et et reconstruite à partir du logiciel Gocad. Les logs stratigraphiques sont reconstitués à partir des descriptions géologiques (Annexe 4-8). La coupe verticale de la Section 1 correspond à la zone de Kianna (figure 2-16). Les traits colorés correspondent aux positions des lames minces analysées au microscope optique. Les flèches représentent les failles et notamment la faille R₃ qui recoupe la discordance. Profondeur en TVDSS et en MD (le long du sondage).



Figure 3-16 : Distribution des différents faciès de la formation Manitou Falls identifiés à partir des observations sur lames minces et reconstruite à partir du logiciel Gocad. Les logs stratigraphiques sont reconstitués à partir des descriptions géologiques (Annexe 4-8). La coupe verticale B' correspond au sondage Hyd 07-05, Hyd 07-03, Shea 14, Shea 11 et Hyd 07-01 (figure 2-23). Les traits colorés correspondent aux positions des lames minces analysées au microscope optique. Le SLC correspond à la zone minéralisée du SLC non étudié en lames minces (Anne). Profondeur en TVDSS et en MD (le long du sondage).

Minéralogie des grès

La composition des minéraux argileux dans les grès est résumée dans le tableau 3-3. Les grès conglomératiques sont principalement composés de minéraux argileux d'origine hydrothermale illite et sudoite (figure 3-11 A). Dans l'alternance des séquences de grès propres, grès argileux et grès propres, la composition est principalement des kaolinites dites diagénétiques qui sont en petites vermicules (figure 3-10 A). L'illite et la sudoite sont peu développées dans ces grès, cependant la présence de dravite peut être très importante. Dans les faciès pauvres en argile que se soit dans les grès propres ou dans les grès silicifiés, le ciment argileux peu abondant est composé de vermicules de kaolinite et de dravite. Ces grès sont peu affectés par l'illite et la sudoite sauf au niveau de la formation du Manitou Falls D. Dans le faciès argileux supérieur (2) l'altération hydrothermale est bien développée, le ciment argileux des grès est composé principalement d'illite et/ou de sudoite qui remplacent les kaokinites. Les kaolinites détritiques et diagénétiques persistent dans les intercalations de grès fins et d'argilite.

	Zone éloignée du SLC (Est) Hyd 07-03 et 05 et Shea 14		Zone interne SLC (Kianna)	
Formation	Faciès	Minéraux argileux	Faciès	Minéraux argileux
Manitou Falls D	Grès propres (1)	Kaolinites diagénétiques ± illite	Grès propres (1)	Kaolinites diagénétiques ± illite
	grès argileux (2)	illite-sudoite	grès argileux (2)	illite-sudoite
	argilites/grès fins	kaolinites détritiques et diagénétiques		
Manitou Falls C	Grès silicifiés riches en surcroissance de quartz et ± argiles (3)	Kaolinites diagénétiques ± dravite	Grès propres (3)	Kaolinite diagénétique ± dravite
			grès argileux (4)	Kaolinite diagénétique
	grès conglomératiques (4)	illite-sudoite	Grès propres (5)	Kaolinite diagénétique ± dravite

Tableau 3-3 : Distribution des différents types de minéraux argileux en fonction des différents faciès de la formation Manitou Falls.

3.6. Etude détaillée des lithologies du socle

3.6.1. Etude pétrographique

Sous la discordance les roches sont généralement très altérées. Le paléo-régolithe (Cf. §2.6.1) tel qu'il a été décrit par Hoeve et Quirt (1984) n'a pas été reconnu dans le district de Shea Creek entre les gisements de la zone 58B et Anne. Les roches altérées sous la discordance sont colorées, soit rougeâtres ou verdâtres ce qui pourrait correspondre à la zone profonde à illite chlorite hématite du paléo-régolithe. Cependant rien ne permet de raccrocher ce type d'altération à un paléo-régolithe étant donné que ces roches conservent un fort héritage des structures des roches métamorphiques initiales (foliations notamment) et sont fortement affectées par les réactions minérales de l'altération hydrothermale plus tardive (Hoeve et Quirt, 1984; Bruneton, 1987).

Les formations différenciées dans le socle correspondent à des métapélites et des gneiss felsiques. Elles ont subi une intense altération hydrothermale. Dans le district de Shea Creek elles peuvent être divisées en 3 catégories en fonction de leur degré d'altération : (1) les roches fraiches, (2) les roches ayant subi une altération faible à modérée et enfin (3) les roches fortement altérées (figures 3-17 et 3-18). Ces roches très altérées sont généralement rencontrées dans les zones fracturées par le jeu des failles. Le paroxysme de l'altération s'observe au niveau des gouges de failles composées d'éléments fins formés par friction ou détachement de la roche lors de la formation des failles. L'altération hydrothermale est probablement maximale du fait des circulations préférentielles des fluides dans ces failles. Tous les minéraux primaires majeurs (quartz y compris) ont été complètement dissous et remplacés par une gouge argileuse. Cette altération hydrothermale affecte aussi les roches moins fracturées avoisinant les failles (zones endomagées des failles).

Dans les sondages externes à la structure SLC, les roches sont relativement peu altérées comme c'est notamment le cas dans les sondages hydrogéologiques. Ces roches présentent des foliations marquées (figure 3-17). Les échantillons de la figure 3-17 A et B correspondent à des gneiss et peuvent être recoupés par des poches ou filons de pegmatites ou de granitoïdes. Ces roches sont composées de phénocristaux de feldspaths K, de plagioclase, de minéraux sombres (biotite et grenat) et de quartz. L'échantillon en figure 3-17 C est une métabasite et celui de la figure 3-17 D présente un granite composé de phénocritaux de grenats, biotite, feldspath et quartz. Ces exemples indiquent que les roches du socle ont subi un métamorphisme de haut degré atteignant localement la fusion partielle.

Les roches altérées se rencontrent généralement dans les zones fracturées. Le degré d'altération est indiqué par la disparition des minéraux primaires pouvant aller jusqu'à la disparition totale du quartz comme cela peut être observé dans les gouges (figure 3-18). Cette altération ne se limite pas à la zone fracturée, elle affecte aussi les roches qui l'entourent sur plusieurs mètres. Les reliques des minéraux primaires, des couloirs de déformation plastique telles que les mylonites, des brèches tectoniques et des fractures antérieurs à l'altération sont encore visibles dans la roche (figure 3-18 B et C). C'est dans les zones de failles complètement altérées (gouges argileuses) que sont rencontrées le plus souvent les minéralisations dans le socle (figure 3-18 D). Néanmoins de nombreuses zones de gouge ne contiennent aucune trace de minéralisation.



Figure 3-17 : Différents types de roches qui composent le socle de l'Athabasca au niveau district de Shea Creek. A paragneiss recoupé par un granitoïde, B: paragneiss plutôt felsique à biotite-grenat, C: métapelite, D : granite à grenats.



Figure 3-18 : Différents facies d'altération dans les roches du socle. A : exemple de décoloration progressive de la roche avec l'augmentation de l'intensité de l'altération, B : exemple de roche peu fracturée et très altérée, C : roches fortement altérées entre 2 niveaux de gouges (les structures d'étirement de type mylonite sont préservées localement) et D : Exemple de gouge de faille minéralisée (gouge argileuse).

3.6.2. Les séquences paragénétiques

Différentes roches ont été observées au microscope optique (14 lames minces) afin d'identifier les minéraux qui les composent (tableau 3-4). Les autres types de roches présents dans le socle du district de Shea Creek qui sont moins profondes et souvent altérées tels que les métapélites, garnétites et les gneiss graphitiques n'ont pas été étudiés. Les 2 premiers sont composés de quartz, feldspath, biotite, sillimanite, cordiérites et grenat en proportion variable, et le dernier de graphite et de pyrite (Beaudemont et Lorilleux, 1998).

Echantillons	Minéraux	Roches
Hyd 07-04 789 m	quartz, Orthose, Feldspath K, grenat, biotite et ilménite	Granite
Hyd 07-05 746 m	Feldspath K, plagioclase, biotite, quartz	Granite
Hyd 07-05 770 m	Hyd 07-05 770 m Plagioclase, Feldspath K, grenat, biotite, quartz, ilménite	
Hyd 07-05 777 m	Plagioclase, Feldspath K, quartz, grenat, biotite, clinopyroxène, amphibole, ilménite	Métabasite
Hyd 07-05 780 m	quartz, Feldspath, épidote, chlorite	Gneiss
Hyd 07-05 782 m	Plagioclase, Feldspath K, grenat, biotite, Pyroxène, ilménite	Métabasite
Hyd 07-05 789 m	Feldspath K, plagioclase, grenat, biotite, quartz, ilménite	Granite
Hyd 07-05 793 m	Feldspath K, plagioclase, quartz, biotite, chlorite, épidote	Pegmatite
Hyd 07-05 797 m	Feldspath K, grenat, ± quartz, biotite (Ti)	Métabasite
Shea 134 842,5 m	Shea 134 842,5 m Feldspath K, quartz, grenat, biotite (Ti), chlorite, épidote	
Shea 134 927 m	Feldspath, quartz, chlorite, épidote	Gneiss

Tableau 3-4 : Composition minéralogique des différentes roches saines observées au microscope optique.

Le métamorphisme prograde des granitoides

Comme indiqué dans le paragraphe précédent, les roches analysées sont de type métabasites, gneiss et granitoïdes. La présence de ces roches indique que le gradient du métamorphisme atteint des faciès amphibolites à granulites. Les minéraux qui composent ces roches sont principalement le quartz, orthose, plagioclase, biotite, muscovite, grenat, amphibole, pyroxène et cordiérite (tableau 3-4). Certains minéraux sont des marqueurs de faciès métamorphique caractéristiques de l'interdiffusion à haute température tels que les myrmékites et les auréoles de hornblende aux contacts clinopyroxène-plagioclase (figure 3-19).

La figure 3-20 illustre les principaux aspects pétrographiques dans les roches de socle pas ou peu altérées.



Figure 3-19 : Diagramme pression température où figurent les principaux minéraux marqueurs du métamorphisme. La flèche bleue montre l'évolution prograde et rétrograde du métamorphisme enregistrée dans les roches du district de Shea Creek. (1) formation de sillimanite myrmékite, perthite dans les feldspaths, (2) formation des auréoles autour des pyroxènes et (3) formation de chlorites, épidote, et micas blancs (séritisation des feldspaths) dans la phase rétrograde.

Le métamorphisme rétrograde

Le métamorphisme rétrograde commence par le stade de formation des auréoles de métamorphisme. Il marque la transition entre le métamorphisme prograde et retrograde (figure 3-19). Ces auréoles de métamorphisme qui se forme au contact des pyroxènes et de plagioclases par une réhydratation de ces minéraux avec la diminution de pression lors de l'exhumation des roches (Griffen, 1971). Ces auréoles de métamorphisme autour des pyroxènes se composent d'hornblende (amphibole) (figure 3-19).

D'autres réactions minérales sont des marqueurs de ce métamorphisme retrograde, avec une séricitisation des feldspaths, une chloritisation des grenats et des biotites et par la présence d'épidote (figure 3-20). Ces minéraux indiquent que ces roches ont subi un métamorphisme rétrograde dans les conditions du faciès schiste vert.



Figure 3-20 : Pétrographie des roches du socle métamorphique dans la zone de Shea Creek. A, à H : roches métamorphiques non altérées. A : métabasite, B : pegmatite affectée par le métamorphisme rétrograde (albite, épidote, chlorite et petits micas blancs (séricite)), C : gneiss avec auréoles réactionnelles entre le contact plagioclase/pyroxène. D, E et F : granite à grenat. G et H : roches affectées par le métamorphisme rétrograde (albite, épidote, chlorite et petits micas blancs (séricite)).
L'altération hydrothermale syn-minéralisation

La plupart des roches granitiques et gneissiques qui composent le socle du bassin de l'Athabasca au niveau du district de Shea Creek a subi l'altération hydrothermale. Les minéraux qui composent ces roches (feldspath-plagioclase, biotite, cordiérite, grenat, pyroxène et amphibole) ont été dissous et remplacés par des minéraux argileux tels que l'illite, la sudoite et la chlorite trioctaédrique et sont accompagnées de quartz. La formation des différents types de minéraux argileux dans la roche dépend pour partie de la composition minéralogique initiale de chaque roche et du degré d'altération. Ainsi l'illite est particulièrement abondante dans les pegmatites alors que la chlorite trioctaédrique domine dans les métabasites. Certains minéraux d'origine métamorphique résistent à l'altération hydrothermale. C'est notamment le cas des minéraux du métamorphisme rétrograde micas blancs (phengite et muscovite), chlorites ferrifères (chamosite) et quartz. La cristallisation des argiles hydrothermales (illite, sudoite (chlorite di-trioctaédrique) et chlorite trioctaédrique (clinochlore)) nécessitent la disponibilité de certains éléments tels que Al, K, Mg et Fe. Ces éléments sont globalement disponibles dans les feldspaths, grenats, biotites, pyroxènes, amphiboles, cordiérites etc...

Dans les roches faiblement altérées, l'évolution de l'altération consiste en une illitisation des feldspaths suivie par une chloritisation des biotites et des grenats (figure 3-21 A, B et C). Les grenats s'altèrent en formant de l'illite et de la sudoite. Dans ces roches, les chlorites métamorphiques et le quartz persistent.

Dans les échantillons très altérés, le quartz disparaît complètement et seuls les micas blancs (muscovites et phengites) et quelques reliques de chlorites métamorphiques subsistent. L'ensemble des autres minéraux est remplacé par un mélange intime d'illite, de sudoite, de chlorite trioctaédrique et de dravite dans des proportions qui changent d'un protolithe à l'autre.

Enfin quelques rares veines tardives de carbonates (dolomite, calcite) on été observées dans les roches de socle altérées.

Dans ces roches du socle, comme il a été décrit par Beaufort (2008) et Rigault (2010), il est possible de distinguer une chronologie relative de formation des minéraux argileux : les chlorites métamorphiques ferrifères (chamosites) sont remplacées par la sudoite associée à l'illite dans tout le halo d'altération hydrothermale. Les chlorites magnésiennes (clinochlore) cristallisent plus tard à la fois en épitaxie sur les sudoites et les chamosites (figure 3-21 G), mais aussi sous forme de veinule et peuvent traverser la matrice d'illite et de sudoite (Rigault, 2010).

Certaines roches altérées du socle (figure 3-20 H) situées à faible profondeur sous la discordance, présentent des fractures tardives remplies par de la kaolinite. Dans ces fractures, la kaolinite est semblable à celles observée dans les grès sus jacents.



Figure 3-21 : Pétrographie des roches altérées du socle. A, B et C : roches qui ont subit une altération hydrothermale faible. D, E et F : roches fortement altérées avec une préservation de chlorites métamorphiques, contenant de la dravite et des carbonates. G : cristallisation de chlorite Mg (clinochlore) sur la sudoite. H : présence de kaolinite tardive dans un échantillon du socle.

3.7.La déformation cassante

3.7.1. La fracturation dans les grès

Les formations gréseuses sont affectées par une fracturation qui se manifeste par la présence de joints et diaclases, de failles (sensu plans striés, micro déplacement, etc) et de brèches. Dans le socle, des fragments de grès ont été rencontrés dans certaines failles et à plusieurs dizaines de mètres sous la discordance. La formation Manitou Falls C est marquée par une intense bréchification d'origine tectonique ou hydraulique (Lorilleux, 2001). A travers l'étude bibliographique de la déformation du bassin, cette intense fracturation des grès est décrite comme des évènements postérieurs au remplissage sédimentaire, autrement dit, aucun exemple de fractures syn-sédimentaires n'a été reconnu ni mentionné.

Au niveau des grès, les failles peuvent se poursuivre à plus d'une centaine de mètres au dessus de la discordance. D'une manière générale, le degré de fracturation des roches sédimentaires observé dans les sondages est fonction de leur distance à la faille principale et de leur comportement mécanique qui diffère en fonction de leur pétrographie :

- Les grès conglomératiques situés au voisinage de la discordance sont très facturés et peuvent être bréchifiés. Certains de ces grès conglomératiques fracturés en masse ont souvent été décrits comme des zones de brèche.
- Les grès pauvres en argile et fortement compactés ou cimentés sont très fracturés et parfois bréchifiés, avec de fréquentes microfailles et zones cataclastiques (figure 3-22 A, B et C). La figure 3-22 C indique plusieurs épisodes de fracturation dans un grès. Un autre type de fractures a été observé, de type fracture d'extension (mode I). Il ne présente pratiquement pas d'endommagement de la roche aux épontes (figure 3-22 D et E) et leur remplissage est plutôt sableux. D'autres échantillons présentent ces mêmes structures mais développées dans le plan horizontal (figure 3-22 F et G). Ces types de remplissage sont caractéristiques des structures d'injection sableuse. Ils ne présentent aucune cataclase ni micro facture aux épontes et très peu de fragments dans le remplissage. Cette fracturation hydraulique est associée à une augmentation de pression de fluide dans les sédiments. Elle se produit préférentiellement dans les niveaux imperméables (van de Poll et Plint 1983; Jebrak, 1997; Jonk et al, 2005) avec formation de nombreuses veines sableuses. Ces fractures sont donc considérées d'origine syn-sédimentaire.
- Des brèches tectoniques cimentées par du quartz ont également été identifiées, dans les grès de la partie basale du bassin (figure 3-22 H).



Figure 3-22 : Fracturation des grès de la partie basale de la formation Manitou Falls C. A : micro-fracturation d'un grès propre basal. B : zone cataclastique d'une faille dans un grès propre. C : multiples épisodes de fracturation dans un grès propre. D et E : remplissage par une matrice sableuse dans des fractures en extension. F : injection sableuse dans un grès propre. G : injections sableuses dans un grès argileux. H : fracturation hydraulique avec une silicification de la brèche. Le rectangle blanc correspond aux zones observées en lames minces (figure 3-24).

- Dans les niveaux de grès argileux, les fractures et les failles sont très nombreuses, cependant il y a très peu de cataclase. La plupart des fractures présentent un remplissage argileux. Un grand nombre de failles observées dans les grès de la formation Manitou Falls s'amortissent dans les niveaux argileux avec des terminaisons de structures le long des plans stratigraphiques. Les niveaux d'argilite ont aussi subi une déformation, cependant ceux-ci semblent beaucoup plus ductiles. Il peut s'agir de stries au contact grès/argilites où dans certains cas des figures de type entrainement mécanique (clay smearing) qui se développent au niveau des failles. Dans la zone de Kianna, des blocs basculés ont été identifiés dans le niveau de grès argileux inférieur (UEX, 2010). C'est notamment le cas dans le sondage Shea 114-11 où le pendage des couches est anormalement élevé par rapport aux grès adjacents.
- Dans les niveaux supérieurs pauvres en argile de la formation Manitou Falls D, les fractures sont généralement de type diaclase et de joints (figure 3-23).



Figure 3-23 : Fracturation des grès du sondage Hyd 07-03 entre 581,5 m et 602 m. les fractures identifiées sont principalement des diaclases obliques, verticales et horizontales.

Les déformations dans les grès

Les nombreuses structures présentent dans les grès propres basaux ont été observées en lames minces au microscope optique (figure 3-24). Ces structures sont principalement des microfailles, fractures tectoniques, fractures hydrauliques liées aux injections sableuses, mais aussi des fractures d'extension (mode I).

Les caractéristiques de ces fractures sont les suivantes :

- Les micro-failles sont remplies de micro-fragments de grains détritiques et de quartz microcristallin ; quelques feuillets d'illite sont aussi présents (figures 3-22 A et 3-24 B).
- Dans les brèches tectoniques (figures 3-22 H et 3-24 C), le ciment quartzeux est essentiellement microcristallin. Les fragments de grès sont recoupés par de nombreuses veinules de quartz. La porosité dans les fragments de grès de la brèche est peu affectée par la silicification mais contient de la dravite tardive.
- Les grès recoupés par des fractures hydrauliques avec des injections sableuses (figures 3-22 F et 3-24 D) sont marqués par une zone stylolitisée qui sépare le grès sain et la zone sableuse. Ces stylolites sont parallèles à la fracturation et subparallèles au banc de sédiments, ce qui indique que la contrainte subie par ces roches est associée à la pression lithostatique et donc à l'enfouissement. La fracturation hydraulique utilise les zones stylolitisées préexistantes pour se mettre en place. Dans la zone d'injection sableuse, les grains détritiques ne sont pas orientés et sont beaucoup plus grossiers par rapport à ceux observés dans les épontes. Entre les grains détritiques, on observe un ciment composé de kaolinite et de dravite tardive tandis que le grès sain est dépourvu d'argile.
- Au niveau de Kianna, les échantillons de grès propres basaux montrent une intense fracturation et bréchification. Les épontes des fractures et les fragments de grès sont marqué par une fracturation rectiligne qui indique une rupture en extension. La particularité de cette fracturation est le remplissage composé uniquement de kaolinite (figure 3-24 E, F, G et H). L'échantillon de la figure 3-24 H montre que ce grès a une bréchification en puzzle (jigsaw breccia); certaines zones ne comportent aucun fragment de grès dans le remplissage mais uniquement un ciment de kaolinite. Ceci suggère que la déformation produite à plus grande échelle a entrainé un matériel composé uniquement de kaolinite dans les fractures. Ceci implique une rupture en extension caractéristique d'une fracturation hydraulique de ces grès pauvres en argile et d'une circulation de matériel kaolinitique très fortement hydraté. Au final, les kaolinites (figure 3-25) sont semblables à celles observées dans les grès argileux (figure 3-10 A) et dans les micro-fractures du socle (figure 3-21 H). Dans certains échantillons le ciment argileux kaolinitique a été plus ou moins fortement altéré et remplacé par de l'illite et/ou de la sudoite et parfois de la smectite plus tardive (figure 3-16 E, F, G). L'altération en illite, sudoite et smectite s'observe soit dans les zones fissurées de ce ciment argileux, soit en périphérie des amas de kaolinite.



Figure 3-24 : Aspect du grès sain et exemples de fracturation observés dans le niveau de grès propre à la base la formation Manitou Falls C.

A : grès non fracturé.

B : microfaille avec un remplissage cataclastique (fragments de grains détritiques) et présence d'un filet d'illite.

C : Silicification d'une micro-fracture (figure 3-13 F) par du quartz microcristallin.

D : contact entre une zone d'injection sableuse et le grès. Présence d'une zone stylolitique parallèle au contact.

D : contact entre une zone d'injection sableuse et le gres. Fresence à une zone st, suive zone st, suive zone d'injection sableuse et le gres. Fresence à une zone st, suive zone st, suiv kaolinite.



Figure 3-25 : Détail de remplissage argileux d'une zone de brèche dans les grès propres basaux.

3.7.2. Les principales structures du socle

La fracturation des grès est associée à l'activité des grandes structures qui s'enracinent dans le socle. Le socle du bassin de l'Athabasca a subi une longue période de déformation ductile et cassante qui s'étend de l'orogène Thelon (2 Ga) jusqu'à environ 1,2 Ga (Feybesse, 2010 et 2011). Ces déformations sont principalement marquées par l'apparition d'une foliation S₁ dans les formations méta-sédimentaires du district de Shea Creek lors des orogènes Thelon et Talston (2 - 1,9 Ga) et par l'activité de la zone tectonique Snowbird-Virgin River (1,98 -1,92 et 1,77 - 1,25 Ga) (Feybesse, 2010 et 2011). La trans-pression qui résulte de ces orogènes réactive les structures de Beatty River, de Charbonneau et de Clearwater qui marquent les grandes déformations enregistrées dans le district de Shea Creek (Feybesse, 2010, 2011).

Lors des missions de terrain, de nombreuses structures dans les carottes de sondages ont été relevées et échantillonnées. L'orientation de ces structures a été déterminée à partir d'un marqueur naturel, la foliation S₁. Cette foliation a une direction WNW-ESE et un pendage autour de 45° SW. Les différentes structures ont été mesurées sur des failles, des brèches, des microfailles, des bandes cataclastiques, des fentes de tension, des veines de quartz, d'argile et de dravite et sur des mylonites. Les déplacements sont déterminés à partir des stries, des cisaillements de type S ou C, de Riedel, ombres de pression, etc. Toutes les structures qui ont été relevées sur les carottes de sondage ont été corrélées aux observations de J.L Feybesse (rapport interne AREVA, 2010 et 2011).

L'orientation de ces structures identifiées est conforme à ce qui est connu :

- La foliation S₁ de direction NW-SE (N135) avec un pendage entre 30 et 50° vers le SW.
- Des failles inverses NW-SE (N135) parallèles à la foliation sont associées aux gneiss graphitiques R₃ et très présentes dans les métapélites et roches environnantes. Elles affectent peu les gneiss felsiques inférieurs. Des mylonites aussi ont été identifiées avec cette même orientation.
- Des failles normales NW-SE (N135) dont le pendage NE est sub-verticale et opposé celui de la foliation. Elles recoupent les failles inverses.
- Des failles normales transversales sub-E-W (N80-100). De nombreuses gouges sont associées à cette direction, les déplacements observés sont souvent sénestres.
- Des failles NE-SW (N45) sont très présentes dans le socle. Les déplacements associés sont généralement dextres.
- Les failles N-S ont été peu observées.

Les sondages analysés et échantillonnés qui ont été définis dans les différentes sections de Kianna et d'Anne lors des missions de terrains se basent sur l'étude de J. L. Feybesse (2010, 2011). La figure 3-26 montre une coupe du lithotectonique de cet auteur qui correspond à la section 3 (figure 2-16).



Figure 3-26 : Coupe lithotectonique synthétique de la zone de Kianna (Feybesse, 2010). Cette coupe est faite avec les mêmes sondages que ceux de la section 3 (figures 2-16 et 2-23). La coupe complète est présentée en annexe 4-10.

3.7.3. Liens géométriques entre les structures et les zones altérées

Différentes directions de fracturation ont été relevées dans les sondages. D'après Feybesse (2010, 2011) chaque structure relève d'une histoire particulière dans la déformation du bassin et le rôle de chacune des failles dans la mise place des gisements reste à préciser. Dans le cas des failles normales E-W à NW-SE, elles semblent être associées à un processus d'accommodation du bassin (figures 3-26 et 2-23).

Les différentes failles identifiées dans le socle présentent un degré d'altération variable allant de la gouge argileuse dans les parties centrales des couloirs de faille à des structures discrètes dans des roches saines. De ce fait l'étude de l'altération devient relativement complexe car plusieurs phases de déformation anté à post minéralisation se superposent et se recoupent dans les roches. D'après Flotté (2005), les gouges argileuses sont associées principalement aux failles E-W. Les principaux types d'altération qui sont identifiés dans les roches du socle sont représentés dans la figure 3-28.



Figure 3-27 : Schéma interprétatif des différents types d'argilisation observés dans les sondages de Shea Creek. En bleu les zones argilisées, en rouge les zones minéralisées. Les gouges argileuses peuvent être minéralisées ou stériles. Certaines roches peu fracturées présentent une forte altération qui est associée à la percolation de fluide dans les roches. Le degré d'altération décroit en fonction de la proximité de la faille. Au dessus des zones fracturées et altérées des veinules verticales peuvent être observées. Certaines zones minéralisées présentent une faible altération.

Les grandes zones de gouge argileuse ne sont pas toutes associées à une minéralisation uranifère (figure 3-18 D). Les gouges peuvent être associées à plusieures directions de failles (E-W, NW-SE et R₃). Des zones de gouge argileuse de faible épaisseur (quelques centimètres) ont aussi été observées avec une minéralisation associée (Mercadier, 2011). Certaines zones argilisées ne sont pas directement associées à des failles mais plutôt à la foliation (figure 3-18 C). Ce type d'argilisation est lié à la percolation des fluides dans les plans de foliation de la roche (figure 3-12 B). Cependant la présence de grandes structures à proximité n'est pas à exclure.

3.8.La minéralisation

La localisation de la minéralisation a été reportée sur les coupes lithostratigraphiques (figures 3-28 et 3-29). La minéralisation peut être soit perchée dans les grès, soit à la discordance, soit localisée dans le socle fracturé. Dans les grès la minéralisation a une épaisseur d'environ 10 à 20 m, elle est localisée entre 20 et 30 m au dessus de la discordance. Au niveau de la discordance, son épaisseur dans les grès peut atteindre 15 m au dessus de la discordance et dans le socle jusqu'à 10 m. Dans le socle, la minéralisation se localise de 50 à plus de 300 m sous la discordance ; les minéralisations les plus profondes identifiées sont à plus des 1000 m de profondeur.

- En couplant étude stratigraphique et position de la minéralisation dans les sondages, on observe que dans la zone sud de Kianna (coupe A) et dans Anne (coupe B) (figure 3-28), les minéralisations dans les grès se développent uniquement dans les zones où les grès conglomératiques sont absents. La minéralisation se localise essentiellement au niveau des grès propres.

- En couplant les études pétrographiques et la localisation de la discordance, il en ressort que la distribution des zones minéralisées se développe principalement dans les niveaux de grès propres qui sont à l'interface entre les roches du socle et la pile sédimentaire (figures 3-28 et 3-29). Ces zones minéralisées s'étalent peu dans le faciès argileux situé au dessus de ces grès propres. La minéralisation située en dessous de la discordance dépasse rarement les 10 m d'épaisseur. Parmi les nombreuses failles qui recoupent la discordance, la structure graphitique R₃ semble avoir un effet limité sur la position des différentes zones minéralisées. Dans les grès propres basaux, les nombreuses fractures ouvertes (en extension) remplies par de la kaolinite observées (figures 3-24 E, F, G et H et 3-25) sont minéralisées.



Figure 3-28 : Localisation de la minéralisation en fonction de la distribution latérale des faciès à la base de la formation Manitou Falls. Les minéralisations se distribuent essentiellement dans les zones où les grès propres reposent sur la discordance.



Figure 3-29 : Localisation de la minéralisation en fonction de la distribution verticale des faciès à la base de la formation Manitou Falls dans le gisement de Kianna. La distribution de la minéralisation se développe au niveau des grès propres et s'étend dans les roches du socle en dessous de la discordance. Localisation figure (2-23).

3.9.Interprétation

Comme l'a démontré Collier (2001, 2003, 2005) les grès dans le district de Shea Creek sont constitués de grès conglomératiques à la base et de grès moyens à fins dans les niveaux supérieurs. La formation Manitou Falls se distingue par des grès conglomératiques et des alternances de grès pauvres en argiles dit grès propres et de grès argileux (figures 3-1 et 3-2). Latéralement cette distribution n'est pas continue, 2 types de stratigraphie ont été observés. A l'aplomb du Saskatoon Lake Conducteur (SLC), des grès moyens propres reposent directement sur la discordance et sont surmontés par une alternance de grès argileux et de grès propres. Dans les sondages externes à la structure SLC, les grès conglomératiques reposent sur la discordance et sont recouverts par une séquence constituée de grès propres riches en surcroissance de quartz, d'un niveau argileux puis de nouveau d'un niveau de grès propres. Cette distribution particulière des faciès avait déjà été mise en évidence par Collier (2001 et 2003) par Quirt (2002) et par Kister (2003 et 2005). Il apparaît dans cette étude que plusieurs niveaux argileux sont intercalés dans des grès propres. Les grès argileux inférieurs montrent des caractéristiques de zones sous compactées avec une forte proportion de ciment argileux, de grains détritiques peu déformés et flottant dans le ciment argileux. Les grès argileux supérieurs ont un ciment argileux moins abondant et les traces de la compaction sont plus marquées. Dans ce niveau supérieur, des intercalations d'argilites sont très importantes. Dans les grès propres, les grains détritiques sont généralement très déformés par la compaction et leurs textures originelles ont complètement disparues.

D'après Ramaekers (2005 et 2007), les sédiments du district de Shea Creek proviennent de nombreuses sources de dépôts telles que Roberts, Karras, Moosonees qui remplissent la fosse de Beatty. Les grès basaux proviennent de la remobilisation de sédiments de la formation Fair Point. Cependant d'après Collier (2004) ce faciès diffère du Fair Point, il contient moins de lithoclastes, de matériaux feldspathiques, peu de conglomérats à part les lags (conglomérats) basaux et proviendrait d'un cône alluvial des hautes paléo-topographies locales et se déposant dans les paléo-topographies plus basses et peu profondes le long des rivières méandriformes. L'absence de grès conglomératiques au niveau de la discordance s'explique par des systèmes de dépôts de faible régime de courant (Ramaekers, 2007). Les niveaux de grès propres ont été interprétés comme le résultat d'un vannage éolien (Long, 1978; Fuller 1985, Collier, 2004; Ramaekers, 2007). Les observations faites sur l'absence de grès conglomératiques et la présence de grès propres sur la discordance le long du SLC ne sont pas en accord avec les différentes interprétations proposées. La localisation de ces grès propres basaux semble beaucoup plus associée à une activité tectonique mettant en place des grabens le long du SLC (Feybesse 2010, 2011) (figure 3-30) comme le montre les coupes stratigraphique et lithotectonique (3-26 et 3-29). Les mêmes sondages sont représentés dans la section 3 et la coupe lithotectonique.



Figure 3-30 : A : Répartition des compartiments de grès conglomératiques et de grès propres reposant sur la discordance le long du SLC. Les zones conglomératiques sont localisées en dehors des grabens et les grès propres sont contenus à l'intérieur des grabens. Les structures en graben sont associées aux failles NW-SE et E-W. B : Shématisation de la déformation compressive entrainant la formation des grabens (Feybesse, 2010).

Dans les grès propres de nombreuses fractures en extensions ont été identifiées et qui sont caractéristiques de la fracturation hydraulique. La première est associée aux injections sableuses. Elles peuvent être verticales ou horizontales et s'observent dans les sondages à l'intérieur et à l'extérieur du SLC. La formation des injections sableuses associées à des fracturations hydrauliques est bien connue et bien documentée (Van de Poll and Plint, 1983; Jonk et al, 2005; Eduard Kosa; 2007 et quantité d'autres auteurs). Elles se développent par l'augmentation de la pression des fluides piégés dans les sédiments qui sont scellés par des niveaux imperméables comme c'est le cas ici des grès propres. L'augmentation de la pression lithostatique est liée à l'augmentation de l'empilement sédimentaire. Ces structures se développent au cours de la diagenèse.

Le second type de fracturation hydraulique est marqué par des fractures et brèches de type puzzle (jigsaw breccia), le remplissage est essentiellement des vermicules de kaolinite, reprises par l'altération hydrothermale (illite, sudoite, dravite et smectite). Il semble être plus associé à la phase de rupture des grès lors de la mise place de la minéralisation. Ces injections de kaolinite ont été observées dans le socle à plus 20 m au dessus de la discordance. La texture de ces kaolinites est semblable à celle des kaolinites observées dans les grès argileux inférieurs.

Dans les roches du socle de nombreuses failles ont été identifiées par Beaudement (1996), Flotté (2005), Feybesse (2010, 2011) et les géologues locaux. Ces différentes failles sont les failles inverses NW-SE associées au conducteur graphitique, les failles NW-SE dont le pendage est opposé aux failles inverses, les failles NE-SW, les failles E-W et les failles N-S. Toutes ces failles sont généralement rencontrées dans les sondages ce qui indiquent une grande complexité dans la compréhension des relations entre ces différents types de faille, l'altération de ces roches et le contrôle de la minéralisation.

La minéralogie des grès du bassin que se soit dans les argilites ou dans les grès moyens reste semblable. Les minéraux issus de l'apport détritique sont essentiellement le quartz, muscovite et kaolinite (KO) associés à des minéraux lourds. Au cours de la diagenèse, les kaolinites détritiques (KO) recristallisent en kaolinites vermiculaires (K1) de petite taille et en dickite, cependant elles sont préservées dans les argilites et grès fins. L'illite diagenétique si présente l'est en quantité mineure. Dans le socle, la composition minéralogique des roches influence la composition des minéraux argileux du halo d'altération. Lors du processus hydrothermal, les circulations de fluide déstabilisent les minéraux primaires pour former de l'illite, sudoite, clinochlore et dravite. La réinjection de ces fluides hydrothermaux enrichient en K, Mg, B et Fe dans le bassin entraine la cristallisation d'illite, sudoite, dravite et en moindre proportion le clinochlore au détriment des minéraux argileux préexistants (kaolinite-dickite). Au cours de cette altération hydrothermale les différentes minéralisations se mettent en place. La minéralisation rencontrée dans les grès, que se soit la minéralisation associée à la discordance ou la minéralisation perchée, se met en place principalement au niveau des grès propres fracturés ou bréchifiés de part et d'autre des niveaux de grès argileux peu altérés et peu compactés. Ce positionnement de la minéralisation suggère un lien avec les grès argileux de la formation Manitou Falls. Dans le socle, la minéralisation est beaucoup plus complexe : elle se met en place soit directement en dessous de la discordance en continuité avec la minéralisation à la discordance ou soit à des profondeurs beaucoup plus importantes. Après ce cycle d'altération hydrothermale, une altération beaucoup plus tardive se met en place avec la cristallisation de smectite et de carbonates (figure 3-31).



Figure 3-31 : Différentes séquences Paragénétiques des minéraux observées dans les grès et dans les roches du socle.

3.10. Conclusion

Cette étude montre que la formation Manitou Falls qui repose sur la discordance bassinsocle présente une architecture particulière avec des alternances de grès propres et de grès argileux dans les zones où les minéralisations perchées et situées à la discordance sont bien développées. Dans ces grès basaux de nombreux indices pétrographiques et structuraux suggèrent que ces sédiments argilo-grèseux encadrés par les grès propres et actuellement très compactés se sont comportés comme des réservoirs captifs dans lesquels une pression de fluide anormalement élevée a préservée la roche de la compaction pendant la mésogenèse, a partiellement inhibé les réactions minéralogiques de la diagenèse (préservation des kaolinites détritiques), et généré localement des figures d'injection ou de fracturations hydrauliques dans les roches environnantes. La fréquente bonne préservation de l'altération hydrothermale de ces roches grèseuses riches en kaolinite détritique et diagénétique est un autre argument en faveur de leur fonctionnement en contexte de surpression des fluides résidents pendant la période géologique correspondant à la transition entre la diagenèse et l'hydrothermalisme durant laquelle se sont mis en place les corps minéralisés. Dans le prochain chapitre, nous allons définir précisément la composition et les caractéristiques des argiles présentes dans le district de Shea Creek et leur distribution par rapport à la minéralisation.

4. Etude Minéralogique des Argiles

4.1.Introduction

Dans ce chapitre nous nous intéressons aux paragenèses des minéraux argileux et accessoires présents dans les différentes lithologies à Shea Creek, que se soit dans les grès du bassin ou dans les roches métamorphiques et les granitoïdes du socle. La formation Manitou Falls C contient un certain nombre d'alternances de faciès riches ou pauvres en minéraux argileux. Dans le socle, la composition chimique des roches varie fortement selon les protolithes (des roches basiques aux roches alcalines et alumineuses). Il paraît donc important de connaître la distribution spatiale des minéraux argileux aussi bien dans les grès que dans le socle afin d'appréhender les chemins de circulation des fluides responsables de l'altération, celle-ci étant principalement développée au voisinage de la discordance basale.

La caractérisation des minéraux argileux du gisement de Shea Creek a déjà fait l'objet de travaux de recherche aussi bien dans les secteurs de Anne et de Colette (Laverret, 2002, 2006), Kister et al. (2005 et 2006), de Kianna (Beaufort, 2008, 2009) et Rigault (2010). Les travaux entrepris dans cette thèse s'appuient sur ces travaux antérieurs et les complètent par l'analyse minéralogique des argiles dans un échantillonnage élargi à toute la région de Shea Creek (1200 échantillons) pour mieux cerner la distribution spatiale des diverses paragenèses. Dans un premier temps, il s'agit de définir la variation verticale des paragenèses argileuses dans un forage de référence situé à l'aplomb de la minéralisation de Kianna. Dans une seconde étape, la variation latérale des paragenèses argileuses observées de part et d'autre de la discordance sera examinée à l'échelle du gisement de Kianna. Enfin l'extension régionale sera réalisée grâce à l'étude d'échantillons de plusieurs sondages extérieurs à la structure minéralisée. Ces travaux portant sur la distribution spatiale des argileuses identifiées à Shea Creek (minéraux du sous-groupe kaolin, illite et smectite notamment).

4.2.Identification des minéraux argileux

Les minéraux argileux les plus souvent rencontrés dans le halo d'altération des gisements d'uranium du district de Shea Creek sont principalement l'illite, les chlorites (sudoite, clinochlore et chamosite), les minéraux du groupe kaolin (kaolinite et dickite), en plus faible quantité la smectite et quelques minéraux non argileux associés tels que la dravite et les phosphate-sulfates d'aluminium (APS) (Hoeve et Quirt, 1984; Quirt, 2002; Laverret et al., 2006; Gaboreau et al., 2006; Rigault, 2010).

4.2.1. Par analyse de diffraction des rayons X

L'identification des minéraux argileux par DRX a été effectuée sur des poudres de roche totale et sur des fractions granulométriques inférieures à 2 et 5 μ m, extraites après sédimentation sur des préparations en lames orientées séchées à l'air puis saturées en éthylène glycol. Des analyses de préparation de poudre désorientée ont également été réalisées pour l'analyse plus spécifique des raies hk dont la position est essentielle pour la détermination de polytypes et du paramètre b de la maille cristalline (d060) (Brindley).



Figure 4-1 : Diffractogrammes de poudre de roche totale entre 5 et 65 ° 2Theta sur les échantillons du district de Shea Creek, montrant la position des pics majeurs des différents minéraux identifiés. En pointillé gris le quartz, en jaune la dravite, en orange les APS, en vert la sudoite/chlorite trioctaédrique, en bleu l'illite et en rose la kaolinite ou dickite (Kaol/dick).



Figure 4-2 : Diffractogramme de poudres orientées entre 3 et 30° 2Theta, montrant la position des pics d(00l) des différents minéraux argileux observés dans les échantillons de la zone de Kianna. Kaol = minéraux kaolins, III = illite, ChI = les chlorites (sudoite, clinichlore et chamosite), Sm = smectite. Le diffractogramme Shea 118 780 m montre un interstratifié I/S au niveau des pics de l'illite (9°2 K α) marqué par un gonflement des niveaux de smectite. Les diffractorammes acquis après séchage à l'air sont en noir et ceux obtenus après saturation à l'éthylène glycol en rouge.

Dans les échantillons analysés, les minéraux identifiés sont principalement le quartz, les minéraux du groupe kaolin, l'illite et la muscovite, les chlorites (sudoite, chlorites trioctaédriques), la dravite et les APS (figure 4-1). La distinction entre kaolinite et dickite nécessite des analyses DRX sur poudre désorientée à partir de fractions fines afin d'observer les pics hk qui distinguent ces 2 polymorphes des minéraux du groupe kaolin. Cette distinction repose sur les pics hk qui sont situés entre 38 et 39° 2Théta (figure 4-1). On peut distinguer la position les pics d(202) et d(131) de la kaolinite qui sont entre 1,33Å et 1,34Å et ceux de la dickite dont les pics d(132) et d(204) sont à 1,32Å (Brindley and Brown, 1980).

Les analyses des lames orientées de fractions fines (infra 2 et 5 μ m) après saturation à l'éthylène glycol permettent de caractériser spécifiquement les minéraux argileux expansibles tels que les smectites (figure 4-2). Compte tenue de sa très petite taille, la dravite reste présente dans les fractions fines réalisées sur les échantillons. La position de ses pics majeurs correspond à des distances inter-réticulaires de 7,97 Å, 6,35 Å, 4,96 Å, 4,22 Å, 3,98 Å et 2,57 Å (figure 4-1).

Les analyses de poudres désorientées permettent de caractériser les différents polytypes des illites (Drits et al, 1998). Les principales positions des pics de ses polytypes sont distinguables entre 19 et 35°2 théta, entre 4,48 Å et 2,83 Å (Drits et al, 1993).



Figure 4-3 : Diffractogrammes au niveau du domaine angulaire du pic d(060) qui se situe entre 60 et 63 ° $2k \alpha$ pour la radiation du cuivre, ou entre 1,54 et 1, 48 Å. Chl = Chlorite trioctaédrique (clinochlore ou Chamosite), Sud = sudoite, ill = illite, kaol = minéraux kaolins. Echantillons de la zone de Kianna.

Les analyses réalisées sur les poudres désorientées permettent aussi de caractériser les polytypes des chlorites et de distinguer les phases dioctaédriques des phases trioctaédriques à partir de la position du pic d(060). La position du pic d(060) de la sudoite se situe à 1, 51 Å tandis que celle des chlorites trioctaédriques est supérieure à 1,53 Å (figure 4-3). Outre l'identification des minéraux argileux, l'utilisation des diffractogrammes permet d'avoir une bonne estimation semi-quantitative de leurs proportions relatives dans le long des sondages (Hoeve et al, 1981).

4.2.2. Par analyse spectroscopique par transformée de Fourier (FTIR)

La spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier est une technique très utilisée dans la prospection minière. A partir des outils PIMA (Portable Infrared Mineral Analyser) et Teraspec qui utilisent des fréquences dans le proche infrarouge (SWIR) il est possible de déterminer rapidement la composition minéralogique des roches.

Dans cette étude, la spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier a été utilisée dans le proche et moyen infrarouge pour l'identification et la caractérisation des minéraux argileux dans les échantillons par transmission dans des pastilles de KBr ou directement par réflexion sur la roche. Les analyses par réflexion permettent une identification rapide des phases argileuses dominantes. La méthode de transmission dans les pastilles KBr permet une meilleure caractérisation des minéraux argileux, mais elle est plus consommatrice de temps. La différence entre l'utilisation du proche ou moyen infrarouge tient du faite que le moyen infrarouge permet d'étudier les vibrations fondamentales et le proche infrarouge d'étudier principalement les vibrations harmoniques. La figure 4-4 montre les spectres caractéristiques des minéraux argileux et accessoires identifiés en proche infrarouge (SWIR) dans les gisements d'uranium associés à une discordance (kaolinite, illite, sudoite et dravite) (Zhan et al, 2001; Madejova, 2002; Petit et al, 2002; Quirt, 2002).



Figure 4-4 : Exemples de spectres en proche infrarouge pour les principaux types d'argiles et de la dravite du district de Shea Creek ou de Mc Arthur River.

4.3.Distribution verticale des minéraux argileux à l'aplomb du gisement de Kianna

Cette étude porte sur les sondages Shea 114 et Shea 114-11. Le sondage Shea 114-11 est un sondage dévié à partir du sondage Shea 114. L'échantillonnage du sondage Shea 114 a été effectué de la surface (44 m) jusqu'à 630 m et pour le sondage Shea 114-11 de 507 m jusqu'à 929 m pour un total de 49 échantillons. Les roches prélevées dans le bassin sont des grès moyens à l'exception de deux échantillons d'argilite prélevés à 507 m et 553 m de profondeur. Globalement les échantillons sont distants de 20 à 30 m dans les grès et de moins de 20 m dans le socle (figure 4-5). Ces échantillons ont été prélevés par Beaufort (2008) et ont déjà fait l'objet de nombreuses études pétrographiques et minéralogiques (Beaufort, 2008; Morichon, 2009, 2010; Rigault, 2010).

4.3.1. Analyse des minéraux argileux par diffraction de rayons X

Les résultats sont présentés sous forme de log de la composition semi-quantitative des minéraux argileux dans la figure 4-5. Cette composition se base sur l'analyse des intensités des principaux pics des minéraux argileux. L'identification des chlorites (sudoite et Chlorite trioctaédrique) se base sur l'intensité des pics $d(00\ell)$ impairs des chlorites et du pic d(060).

Les minéraux argileux dans les grès

Les différents minéraux argileux identifiés sont l'illite, les kaolins, les chlorites et la smectite (figure 4-5). La terminologie « kaolin » s'applique indistinctement à la kaolinite et à la dickite qui sont fréquemment associées dans les échantillons sans qu'il soit possible de les différencier efficacement sur la base de l'étude des diffractogrammes RX. Une caractérisation plus fine de ces minéraux par spectrométrie infrarouge sera présentée plus loin dans ce chapitre.

De la surface (44 m) jusqu'à 600 m de profondeur, l'illite prédomine par rapport aux kaolins à l'exception des 2 échantillons d'argilite dans lesquels les kaolins prédominent très largement. Les 2 échantillons d'argilite présentent une composition minéralogique distincte : l'illite est associée avec les kaolins dans le premier échantillon (509 m) alors que le second (553m) est composé uniquement de kaolin et de muscovite. De 600 à 710 m, les proportions relatives de kaolin et d'illite évoluent vers une nette prédominance des kaolins (excepté quelques passées riches en illite à 668 m et 696 m). Des chlorites trioctaédriques et peut-être di-trioctaédriques ont été identifiées en faible quantité à proximité de la minéralisation perchée (695 m). La smectite est peu abondante et uniquement localisée dans les grès vers la base de la formation Manitou Falls C.

Les minéraux argileux dans le socle

Les différents minéraux argileux identifiées dans le socle (figure 4-5) sont essentiellement l'illite, des chlorites trioctaédriques (clinochlore et chamosite) et di-trioctaédriques (sudoite), associés à des occurrences mineures de smectite et d'interstratifiés illite/smectite (I/S). L'illite prédomine dans la plupart des échantillons. Les chlorites (chlorites trioctaédriques et la sudoite) sont souvent associés en proportions très variables d'un échantillon à l'autre. La smectite est présente de manière très locale et toujours en très faible proportion. Les interstratifiés I/S associés avec l'illite ont été identifiés en faible quantité dans la partie profonde du socle altéré. Il n'existe pas de lien évident entre la minéralogie des argiles et les corps minéralisés localisés dans le socle. Tout au plus peut-on noter que ceux-ci sont localisés dans des niveaux très altérés riches en illite.



Figure 4-5 : Variation verticale des proportions relatives des différents types de minéraux argileux le long du sondage Shea 114-11. La minéralogie du socle est complètement différente du bassin. Le bassin est dominé par l'illite et les kaolins et le socle par l'illite et les chlorites.

4.3.2. Analyse par calcul normative des minéraux argileux

La composition minéralogique des échantillons a été estimée par un calcul normatif à partir de la composition des éléments majeurs et de la perte au feu de la roche totale pour 44 échantillons (tableau 4-1). Ces calculs se basent sur les compositions chimiques et sur les formules structurales des différentes espèces argileuses analysées dans le district de Shea Creek (kaolinite-dickite, illite, sudoite et chlorite trioctaédriques) déterminées par laverret (2002), Beaufort (2008), Rigault, (2010) et sur la base des travaux de Quirt, (1995). Les calculs sont détaillés en Annexe 1.

Formation Sondage Pretondeur Quarter Kalonite Illie audoit Chlorite Tri Argile Total Kalonite Illie audoit Chlorite Tri Argile Total Main Quarter Kalonite Total Lacker Lat SHE 114 Otto 97,5 0,00 0,00 1,12 100 40,11 938 0,00 0,00 1,00 40,11 938 0,00 0,00 1,00 1,00 4,011 938 0,00 0,00 1,00 <td< th=""><th></th><th colspan="9">Composition minérale en %</th><th colspan="5">Composition des argiles en %</th></td<>		Composition minérale en %									Composition des argiles en %				
SHE 11 SHE 14 7.11 0.79 0.62 0.00 0.00 1.22 0.00 0.00 1.23 00 0.00 0.01 <	Formation	Sondage	Profondeur	Quartz	Kaolinite	Illite	sudoite	Chlorite Tri	Argile	Total	Kaolinite	Illite	sudoite	Chlorite Tri	Total
SHE 114 SHE 114 T2m 98,00 0.49 0.73 0.00 0.00 1.32 100 40.11 59,81 0.08 0.00 100 SHE 114 139 m 97,93 0.69 1.68 0.00 0.00 1.38 100 2,01 70,33 0.66 0.00 1.00 1.68 100 4.16 58,33 0.60 0.00 1.00 2,00 7,93 0.66 0.00 0.00 2,00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00 1.00 2,00 1.00 2,00 1.00	Locker Lake	SHE 114	44 m	97,11	0,79	0,62	0,00	0,00	1,41	99	55,90	44,02	0,08	0,00	100
SHE 114 0.06m 9.7.5 0.63 1.00 0.00 1.35 99 2.6.3 7.33 0.04 0.00 100 SHE 114 1.37m 9.7.8 0.66 0.33 0.00 0.00 2.38 100 2.5.03 7.6.3 0.06 0.00 100 SHE 114 2.27m 7.7.8 0.66 0.20 0.00 2.48 100 2.5.07 7.5.1 0.02 0.00 100 SHE 114 2.27m 7.7.83 1.41 2.66 0.00 0.00 2.44 100 2.5.27 7.44 0.02 0.00 10.77 99 3.43 5.5.7 0.40 0.00 100 SHE 114 330m 9.5.4 0.72 1.66 0.00 0.00 3.33 99 3.8.38 0.30 0.00 100 SHE 114 330m 9.5.3 0.41 0.42 2.8.9 0.00 100 3.7.7 99 10.42 8.5.0 0.00 0.00 <td>SHE 114</td> <td>72 m</td> <td>98,60</td> <td>0,49</td> <td>0,73</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>1,22</td> <td>100</td> <td>40,11</td> <td>59,81</td> <td>0,08</td> <td>0,00</td> <td>100</td>		SHE 114	72 m	98,60	0,49	0,73	0,00	0,00	1,22	100	40,11	59,81	0,08	0,00	100
SHE 114 139 m 97,93 0,66 1,69 0,00 0,28 100 100 41,61 53,0 0,00 100 SHE 114 221 m 97,38 0,66 0,20 0,00 0,00 2,88 100 24,07 54,31 0,02 0,00 100 SHE 114 222 m 97,38 0,48 1,66 0,00 0,00 4,07 99 34,32 65,57 0,04 0,00 100 SHE 114 327 m 97,37 0,40 0,77 0,00 0,00 1,17 99 34,32 65,77 0,44 0,00 100 SHE 114 327 m 97,67 0,72 1,66 0,00 0,00 3,07 99 3,22 6,74 0,00 0,00 100 8,12 1,00 0,00 100 SHE 114 362 m 9,03 0,02 1,02 1,44 0,00 0,00 1,61 9,03 0,00 0,00 SHE 114	Wolverine Point	SHE 114	106 m	97,56	0,35	1,00	0,00	0,00	1,35	99	26,03	73,93	0,04	0,00	100
SHE 11 210m 98,24 0.66 0.93 0.00 1.58 100 1.61 5.33 0.00 100 PhE 14 221m 97.38 0.64 1.6 0.00 0.00 2.66 100 2.74 100 2.74 0.02 0.00 100 SHE 14 222m 97.38 1.41 2.66 0.00 0.00 4.07 98 3.43 5.57 0.41 0.00 100 SHE 14 320m 9.7.6 0.7.0 0.00 0.00 1.07 98 3.43 5.57 0.41 0.00 100 SHE 14 320m 9.7.6 0.7.2 1.66 0.00 0.00 0.37 98 3.2.8 6.0.0 0.00 100 SHE 14 320m 9.7.6 0.7.2 1.66 0.00 0.00 1.7.8 98 3.2.8 6.0.0 0.00 100 10.3.8 93.0 0.00 0.00 10.3.7 85.0 0.00 0.		SHE 114	139 m	97,93	0,69	1,69	0,00	0,00	2,38	100	29,01	70,93	0,06	0,00	100
SHE 114 204 m 96,90 0.66 2.20 0.00 2.86 100 2.3,07 76,31 0.02 0.00 100 SHE 114 232 m 97,33 0.48 1.66 0.00 0.00 4.11 100 22,37 76,31 0.02 0.00 100 SHE 114 232 m 97,33 0.48 1.66 0.00 0.00 1.17 99 34,32 65,57 0.04 0.00 1.00 SHE 114 328 m 95,96 0.62 2.68 0.00 0.00 2.30 99 34,38 81,51 0.00 0.00 1.00 2,32 64,74 0.03 0.00 0.00 3.17 99 1.042 64,74 0.03 0.00 0.00 5.18 100 8,47 13.55 0.00 0.00 1.00 8,47 13.55 0.00 0.00 1.00 1.00 8,93 0.00 0.00 1.00 8,93 0.00 0.00 1.00 1.00 <td>SHE 114</td> <td>170 m</td> <td>98,24</td> <td>0,66</td> <td>0,93</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>1,59</td> <td>100</td> <td>41,61</td> <td>58,33</td> <td>0,06</td> <td>0,00</td> <td>100</td>		SHE 114	170 m	98,24	0,66	0,93	0,00	0,00	1,59	100	41,61	58,33	0,06	0,00	100
Point SHE 114 232 m 97,38 0,48 1,66 0,00 0,00 2,14 100 22,54 77,44 0,02 0,00 100 SHE 114 282 m 97,33 1,41 2,66 0,00 0,00 1,17 98 34,38 65,57 0,44 0,00 100 SHE 114 282 m 97,94 0,62 2,68 0,00 0,00 2,33 99 38,48 1,40 0,00 100 SHE 114 394 m 96,26 0,02 0,00 0,07 99 35,23 64,74 0,03 0,00 100 SHE 114 496 m 95,00 0,44 4,74 0,00 0,00 5,18 100 8,47 93,30 0,00 0,00 100 SHE 114 496 m 95,00 0,40 0,40 0,00 1,48 8,40 0,00 0,00 1,40 8,53 0,00 0,00 1,40 8,40 0,00 0,00 1,40		SHE 114	204 m	96,90	0,66	2,20	0,00	0,00	2,86	100	23,07	76,91	0,02	0,00	100
SHE 114 262 m 94,33 1,41 2,66 0,00 4,07 99 34,58 65,40 0,03 0,00 100 SHE 114 330 m 96,76 0,72 1,06 0,00 2,38 99 30,22 69,73 0,05 0,00 100 SHE 114 362 m 95,4 0,62 2,68 0,00 0,00 3,00 99 18,44 81,16 0,00 0,00 100 SHE 114 426 m 95,83 0,33 2,64 0,00 0,00 3,17 99 10,42 89,60 0,00 100 SHE 114 466 m 95,00 0,44 74 0,00 0,00 1,68 99 13,47 85,53 0,00 0,00 1,00 0,00 1,00		SHE 114	232 m	97,38	0,48	1,66	0,00	0,00	2,14	100	22,54	77,44	0,02	0,00	100
SHE 114 288 m 97,47 0,40 0,77 0,00 0,00 1,17 99 34,39 65,57 0,04 0,00 100 SHE 114 330 m 95,54 0,62 2,68 0,00 0,00 3,30 99 18,84 81,16 0,00 0,00 100 SHE 114 394 m 98,25 0,34 0,32 0,00 0,00 1,77 99 35,23 64,74 0,33 0,00 0,00 100 SHE 114 426 m 35,02 0,44 4,74 0,00 0,00 5,18 100 8,47 9,55 0,00 0,00 100 SHE 114 496 m 33,02 0,68 5,59 0,00 0,00 1,81 100 8,47 9,55 0,00 0,00 1,00 SHE 114 496 m 33,02 0,58 1,46 0,00 0,00 1,81 100 19,50 8,45 0,50 0,00 1,00 1,00 1,00		SHE 114	262 m	94,53	1,41	2,66	0,00	0,00	4,07	99	34,58	65,40	0,03	0,00	100
SHE 114 330 m 95,7e 0,7z 1,6e 0,00 0,00 2,38 99 30,22 69,7z 0,65 0,00 100 SHE 114 392 m 95,24 0,62 0,88 0,00 0,00 3,30 99 38,28 81,16 0,00 0,00 100 SHE 114 426 m 95,83 0,33 2,44 0,00 0,00 5,17 99 10,42 89,60 0,00 100 SHE 114 466 m 95,00 0,44 4,74 0,00 0,00 1,66 99 13,47 85,53 0,00 0,00 100 SHE 114 520 m 97,10 0,22 1,44 0,00 0,00 1,66 99 13,47 85,53 0,00 0,00 100 SHE 114 550 m 98,00 0,31 4,46 0,00 0,00 1,70 100 5,63 4,61 0,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00		SHE 114	298 m	97,47	0,40	0,77	0,00	0,00	1,17	99	34,39	65,57	0,04	0,00	100
SHE 114 362 m 95,94 0,62 2,68 0,00 0,30 99 18,84 81,16 0,00 0,00 100 Lazenby Lake SHE 114 426 m 95,83 0,33 0,63 0,00 0,00 0,17 99 10,42 89,60 0,00 100 SHE 114 426 m 95,83 0,33 2,84 0,00 0,00 6,87 99 10,42 89,60 0,00 100 SHE 114 426 m 95,00 0,64 4,74 0,00 0,00 5,18 100 10,07 89,33 0,00 0,00 100 SHE 114 550 m 97,00 0,22 2,59 0,00 0,00 1,81 100 10,07 89,33 0,00 0,00 1,00 100 56,63 0,00 0,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,		SHE 114	330 m	96,76	0,72	1,66	0,00	0,00	2,38	99	30,22	69,73	0,05	0,00	100
SHE 114 394 93, 26 0,34 0,63 0,00 0,97 99 35,23 64,74 0,03 0,00 100 SHE 114 426 m 95,83 0,33 2,84 0,00 0,00 3,17 99 10,82 89,60 0,00 0,00 100 SHE 114 496 m 95,00 0,44 4,74 0,00 0,00 16.81 99 13,47 86,53 0,00 0,00 100 SHE 114 509 m 97,10 0,22 1,44 0,00 0,00 1,68 100 10,07 89,33 0,00 0,00 100 Manitou Falls SHE 114 580 m 98,08 0,35 1,46 0,00 0,00 1,70 100 56,26 43,63 0,00 0,00 100 SHE 114 580 m 98,437 0,55 0,74 0,00 0,00 5,44 98 9,415 5,66 0,00 100 SHE 114 170,1 m <t< td=""><td></td><td>SHE 114</td><td>362 m</td><td>95,94</td><td>0,62</td><td>2,68</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>3,30</td><td>99</td><td>18,84</td><td>81,16</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>100</td></t<>		SHE 114	362 m	95,94	0,62	2,68	0,00	0,00	3,30	99	18,84	81,16	0,00	0,00	100
SHE 114 426 m 55.83 0.33 2.84 0.00 0.00 3.77 99 10.42 89.60 0.00 0.00 100 SHE 114 460 m 93.02 0.68 5.59 0.00 0.00 6.27 99 10.83 89.20 0.00 0.00 100 SHE 114 496 m 95.00 0.44 4,74 0.00 0.00 5.18 100 8,47 91.55 0.00 0.00 100 Manitoo E114 581 m 98.08 0.33 1.46 0.00 0.00 1.81 100 19.50 80.45 0.05 0.00 100 SHE 114 680 m 92.40 2,63 2,71 0.00 0.00 5,42 98 49.18 50.76 0.06 0.00 100 SHE 1141 707.4m 7.42 2,91 0.03 0.00 16.37 99 9.12 5.86 0.02 0.00 100 SHE 11411 707.4m 71	Lazenby Lake	SHE 114	394 m	98,26	0,34	0,63	0,00	0,00	0,97	99	35,23	64,74	0,03	0,00	100
Lazenby Lake SHE 114 460m 93,02 0,06 5,59 0,00 0,00 5,77 99 10,83 89,20 0,00 0,00 100 SHE 114 529m 97,10 0,22 1,44 0,00 0,00 1,66 99 13,47 85,50 0,00 0,00 1,00 Manitou Falls SHE 114 550m 97,10 0,22 1,44 0,00 1,00 1,00 1,07 8,93 0,00 0,00 1,00 <td< td=""><td>SHE 114</td><td>426 m</td><td>95,83</td><td>0,33</td><td>2,84</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>3,17</td><td>99</td><td>10,42</td><td>89,60</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>100</td></td<>		SHE 114	426 m	95,83	0,33	2,84	0,00	0,00	3,17	99	10,42	89,60	0,00	0,00	100
SHE 114 496.m 9,00 0,44 4,74 0,00 0,00 5,18 100 8,47 91,55 0,00 0,00 100 SHE 114 529 m 97,10 0,22 1,44 0,00 0,00 1,86 99 13,47 86,53 0,00 0,00 100 Manitou Falls SHE 114 560 m 97,00 0,25 0,00 0,00 1,81 100 19,50 80,45 0,05 0,00 100 Manitou Falls SHE 114 581 m 98,08 0,35 1,46 0,00 0,00 1,70 100 55,26 43,63 0,11 0,00 100 Manitou Falls SHE 114-11 668 m 9,343 1,04 4,38 0,00 0,00 1,637 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 Manitou Falls SHE 114-1 707,67 23,15 1,53 0,20 0,00 14,34 98 93,30 6,62 0,68 36,73		SHE 114	460 m	93,02	0,68	5,59	0,00	0,00	6,27	99	10,83	89,20	0,00	0,00	100
SHE 114 529 m 97,0 0,22 1,44 0,00 1,66 99 13,47 85,31 0,00 0,00 100 Manitou Fla SHE 114 580 m 97,00 0,29 2,59 0,00 0,00 1,81 100 19,05 80,45 0,05 0,00 100 SHE 114 591 m 98,08 0,95 0,74 0,00 0,00 1,70 100 56,26 43,63 0,11 0,00 100 Manitou Fla SHE 1141 668 m 93,43 1,04 4,38 0,00 0,00 16,37 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 Manitou Fla SHE 1141 707,8m 82,95 15,13 0,02 0,00 43,94 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 C SHE 1141 707,4m 71,77 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 96 93,72 6,19 0,00 3,02 5,01 <td>SHE 114</td> <td>496 m</td> <td>95,00</td> <td>0,44</td> <td>4,74</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>5,18</td> <td>100</td> <td>8,47</td> <td>91,55</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>100</td>		SHE 114	496 m	95,00	0,44	4,74	0,00	0,00	5,18	100	8,47	91,55	0,00	0,00	100
Manitou Falls SHE 114 560 m 97,00 0,29 2,59 0,00 0,00 1,81 100 10,07 89,31 0,00 0,00 100 D SHE 114 598 m 98,17 0,95 0,74 0,00 0,00 1,70 100 55,62 43,63 0,10 0,00 100 SHE 114 630 m 92,17 0,26 2,71 0,00 0,00 5,34 98 49,18 50,76 0,00 100 SHE 114 668 m 93,33 1,04 4,38 0,00 0,00 5,42 99 19,16 80,76 0,08 0,00 100 C SHE 1141 707,8m 82,95 15,11 0,26 0,00 43,94 98 93,30 6,62 0,88 0,00 100 SHE 1141 707,1m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 98 93,00 21,73 200 SHE 1141 707,1m <		SHE 114	529 m	97,10	0,22	1,44	0,00	0,00	1,66	99	13,47	86,53	0,00	0,00	100
Manitou Falls SHE 114 S81 m 98,08 0,35 1,46 0,00 0,00 1,81 100 19,50 80,45 0,05 0,00 100 SHE 114 530 m 92,40 2,63 2,71 0,00 0,00 5,34 98 49,18 50,76 0,06 0,00 100 Manitou Falls SHE 114-11 668m 93,43 1,04 4,38 0,00 0,00 16,37 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 Manitou Falls SHE 114-11 677,8 m 82,95 15,41 0,96 0,00 16,37 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 SHE 114-11 707,1m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 96 93,72 6,19 0,09 0,00 100 SHE 114-11 725,50 0,00 0,00 45,81 36,51 99,40 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 <td rowspan="4">Manitou Falls D</td> <td>SHE 114</td> <td>560 m</td> <td>97,00</td> <td>0,29</td> <td>2,59</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>2,88</td> <td>100</td> <td>10,07</td> <td>89,93</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>100</td>	Manitou Falls D	SHE 114	560 m	97,00	0,29	2,59	0,00	0,00	2,88	100	10,07	89,93	0,00	0,00	100
De SHE 114 599 m 98,17 0,95 0,74 0,00 0,00 1,70 100 56,26 43,63 0,11 0,00 100 Mailtou Fill 660 m 93,43 1,04 4,38 0,00 0,00 5,34 98 49,18 50,76 0,06 0,00 100 Mailtou Fill SHE 11411 660 m 93,43 1,04 4,38 0,00 100 5,42 99 19,16 80,76 0,08 0,00 100 SHE 11411 677,8 m 82,95 15,51 0,95 0,00 43,94 98 93,30 6,62 0,08 0,00 100 SHE 11411 701,45 m 53,77 41,00 2,91 0,03 0,00 43,91 98 0,00 1,71 46,08 36,73 100 SHE 11411 725,50 0,00 0,00 42,17 31,89 24,98 99,000 42,57 32,82 24,73 100 SHE 11411 <		SHE 114	581 m	98,08	0,35	1,46	0,00	0,00	1,81	100	19,50	80,45	0,05	0,00	100
SHE 114 630 m 92,0 2,63 2,71 0,00 0,00 5,34 98 49,18 50,76 0,06 0,00 100 Manitou Fals SHE 114-11 668 m 93,33 1,04 4,38 0,00 0,00 5,42 99 19,16 80,76 0,08 0,00 100 C SHE 114-11 707,8 m 82,95 15,41 0,96 0,00 10,00 10,00 10,01 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 GHE 114-11 707,1 m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 96 93,20 6,52 0,80 0,00 100 SHE 114-11 707,1 m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,98 99,40 99 0,00 45,08 36,73 100 Gametic SHE 114-11 735,00 0,00 0,00 25,92 14,93 49,80 0,00 32,82 32,01 32,82		SHE 114	599 m	98,17	0,95	0,74	0,00	0,00	1,70	100	56,26	43,63	0,11	0,00	100
Manitou Fall Manitou Fall Manitou FallSHE 114-11668 m93,331,044,380,000,005,429919,1680,760,080,00100Manitou Fall Manitou Fall5HE 114-11677,8 m82,9515,410,960,0010,00116,379994,125,860,020,00100Manitou Fall Manitou Fall701,4 m71,6723,151,530,020,00143,9498990,0017,1946,0836,73100Pellit Gaus Manitou FallSHE 114-1170,1 m71,6723,151,500,0017,8845,8136,5199,40990,0042,1734,0836,73100Pellit Gaus Manitou FallSHE 114-1173,500,000,0017,8845,0836,5199,40990,0045,4513,2025,22100Garnetite 		SHE 114	630 m	92,40	2,63	2,71	0,00	0,00	5,34	98	49,18	50,76	0,06	0,00	100
Manitou Falls C SHE 114-11 677,8 m 577 82,95 15,41 0,96 0,00 16,37 99 94,12 5,86 0,02 0,00 100 C SHE 114-11 701,45 m 53,77 41,00 2,91 0,03 0,00 43,94 98 93,32 6,62 0,08 0,00 100 SHE 114-11 707,1 m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 99 9,40 99 0,00 17,19 6,68 36,73 100 Pellitic Gneis SHE 114-11 735,10 0,00 0,00 42,51 31,89 24,98 99,40 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 SHE 114-11 744,90 0,00 0,00 29,80 25,60 43,03 98,44 98 0,00 32,82 26,01 43,71 100 Garabitic SHE 114-11 775,60 0,00 0,00 45,93 3,65 46,67 98 0,00	Manitou Falls C	SHE 114-11	668 m	93,43	1,04	4,38	0,00	0,00	5,42	99	19,16	80,76	0,08	0,00	100
C SHE 114-11 701,45 m 53,77 41,00 2,91 0,03 0,00 43,94 98 93,30 6,62 0,08 0,00 100 SHE 114-11 707,1 m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 96 93,72 6,19 0,09 0,00 100 Bell SHE 114-11 722,50 0,00 0,00 42,17 31,89 24,98 99,04 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 SHE 114-11 735,10 0,00 0,00 56,01 18,87 44,50 99,22 99 0,00 36,65 18,82 24,71 100 Garnetite SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 29,82 15,60 43,03 98,44 98 0,00 32,82 6,06 51,11 100 Garnetite SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,41 </td <td>SHE 114-11</td> <td>677,8 m</td> <td>82,95</td> <td>15,41</td> <td>0,96</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>16,37</td> <td>99</td> <td>94,12</td> <td>5,86</td> <td>0,02</td> <td>0,00</td> <td>100</td>		SHE 114-11	677,8 m	82,95	15,41	0,96	0,00	0,00	16,37	99	94,12	5,86	0,02	0,00	100
SHE 114-11 707,1 m 71,67 23,15 1,53 0,02 0,00 24,71 96 93,72 6,19 0,09 0,00 100 Pelitic Gneiss SHE 114-11 722,50 0,00 0,00 42,17 31,89 24,98 99,04 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 SHE 114-11 735,10 0,00 0,00 42,17 31,89 24,98 99,04 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 SHE 114-11 744,90 0,00 0,00 29,80 25,60 43,03 98,44 98 0,00 30,28 26,01 43,71 100 Garnetite SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Granitic SHE 114-11 77,40 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 85,34 6,37		SHE 114-11	701,45 m	53,77	41,00	2,91	0,03	0,00	43,94	98	93,30	6,62	0,08	0,00	100
SHE 114-11 722,50 0,00 0,00 17,08 45,81 36,51 99,40 99 0,00 17,19 46,08 36,73 100 Pelitic Gneiss SHE 114-11 735,10 0,00 0,00 42,17 31,89 24,98 99,04 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 SHE 114-11 744,90 0,00 0,00 56,01 18,67 24,54 99,22 99 0,00 30,28 26,01 43,71 100 Garnetite SHE 114-11 757,60 0,00 0,00 29,28 14,33 45,60 89,21 89 0,00 32,82 16,06 51,11 100 Garnetite SHE 114-11 773,40 0,00 0,00 45,43 15 13,29 97,08 99 0,00 83,6 3,24 13,69 100 Garnetite SHE 114-11 79,00 4,58 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00		SHE 114-11	707,1 m	71,67	23,15	1,53	0,02	0,00	24,71	96	93,72	6,19	0,09	0,00	100
Pelitic Gneiss SHE 114-11 735,10 0,00 42,17 31,89 24,98 99,04 99 0,00 42,57 32,20 25,22 100 SHE 114-11 744,90 0,00 0,00 56,01 18,67 24,54 99,22 99 0,00 56,45 18,82 24,73 100 Garnette SHE 114-11 757,60 0,00 0,00 29,80 25,60 43,03 98,44 98 0,00 30,28 26,01 43,71 100 Graphitic SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Graphitic SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 80,64 3,15 13,29 97,08 99 0,00 83,06 3,24 13,69 100 Pegmatite SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 48,95 3,65 4,76 57,36 100 0,00<	Pelitic Gneiss	SHE 114-11	722,50	0,00	0,00	17,08	45,81	36,51	99,40	99	0,00	17,19	46,08	36,73	100
SHE 114-11 744,90 0,00 56,01 18,67 24,54 99,22 99 0,00 56,45 18,82 24,73 100 Garnetic SHE 114-11 757,60 0,00 0,00 29,80 25,60 43,03 98,44 98 0,00 30,28 26,01 43,71 100 Graphitic SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 29,28 14,33 45,60 89,21 89 0,00 32,82 16,06 51,11 100 Graphitic SHE 114-11 773,40 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Graphitic SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 75,23 15,91 8,86 100 Pegmatite SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 48,95 3,65 4,76 57,36 100 0,00 26,87		SHE 114-11	735,10	0,00	0,00	42,17	31,89	24,98	99,04	99	0,00	42,57	32,20	25,22	100
SHE 114-11 757,60 0,00 0,00 29,80 25,60 43,03 98,44 98 0,00 30,28 26,01 43,71 100 Graphitic Gneiss SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Graphitic Gneiss SHE 114-11 773,40 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Pegmatite SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 83,04 6,37 8,29 100 Pegmatite SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 6,59 3,65 4,76 57,36 100 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 55,63 18,52		SHE 114-11	744,90	0,00	0,00	56,01	18,67	24,54	99,22	99	0,00	56,45	18,82	24,73	100
Gametree SHE 114-11 761,30 0,00 0,00 29,28 14,33 45,60 89,21 89 0,00 32,82 16,06 51,11 100 Graphitic Gneiss SHE 114-11 773,40 0,00 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Gneiss SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 80,64 3,15 13,29 97,08 99 0,00 83,06 3,24 13,69 100 Pegmatite SHE 114-11 791,00 64,58 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 75,23 15,91 8,86 100 SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 6,59 0,84 17,08 24,51 99 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 56,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00	Garnetite	SHE 114-11	757,60	0,00	0,00	29,80	25,60	43,03	98,44	98	0,00	30,28	26,01	43,71	100
Graphitic Gneiss SHE 114-11 773,40 0,00 45,19 16,96 36,65 98,80 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Gneiss SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 80,64 3,15 13,29 97,08 99 0,00 45,74 17,17 37,09 100 Pegmatite SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 75,23 15,91 8,86 100 Pegmatite SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 48,95 3,65 4,76 57,36 100 0,00 85,34 6,37 8,29 100 SHE 114-11 812,75 74,81 0,00 6,59 0,84 17,08 24,51 99 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 56,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00 26,88		SHE 114-11	761,30	0,00	0,00	29,28	14,33	45,60	89,21	89	0,00	32,82	16,06	51,11	100
Gneiss SHE 114-11 779,60 1,81 0,00 80,64 3,15 13,29 97,08 99 0,00 83,06 3,24 13,69 100 Pegmatite SHE 114-11 791,00 64,58 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 75,23 15,91 8,86 100 SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 48,95 3,65 4,76 57,36 100 0,00 85,34 6,37 8,29 100 SHE 114-11 812,75 74,81 0,00 6,59 0,84 17,08 24,51 99 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 55,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 56,42 18,80 24,72 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00	Graphitic	SHE 114-11	773,40	0,00	0,00	45,19	16,96	36,65	98,80	99	0,00	45,74	17,17	37,09	100
Pegmatite SHE 114-11 791,00 64,58 0,00 26,53 5,61 3,12 35,26 100 0,00 75,23 15,91 8,86 100 SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 48,95 3,65 4,76 57,36 100 0,00 85,34 6,37 8,29 100 SHE 114-11 812,75 74,81 0,00 55,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 55,63 18,52 24,35 98,97 100 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 56,42 18,80 24,72 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 56,42 19,89,77 100 0,00 76,33 0,96 22,71 100 SHE 114-11 844,50 2,93 0,00 26,20 46,80 <t< td=""><td>Gneiss</td><td>SHE 114-11</td><td>779,60</td><td>1,81</td><td>0,00</td><td>80,64</td><td>3,15</td><td>13,29</td><td>97,08</td><td>99</td><td>0,00</td><td>83,06</td><td>3,24</td><td>13,69</td><td>100</td></t<>	Gneiss	SHE 114-11	779,60	1,81	0,00	80,64	3,15	13,29	97,08	99	0,00	83,06	3,24	13,69	100
SHE 114-11 801,45 42,61 0,00 48,95 3,65 4,76 57,36 100 0,00 85,34 6,37 8,29 100 SHE 114-11 812,75 74,81 0,00 6,59 0,84 17,08 24,51 99 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 55,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 54,04 5,06 30,87 89,97 100 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 833,40 9,65 0,00 54,04 5,06 30,87 89,97 100 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 66,52 0,84 19,79 87,15 100 0,00 78,23 14,48 7,29 100	Pegmatite	SHE 114-11	791,00	64,58	0,00	26,53	5,61	3,12	35,26	100	0,00	75,23	15,91	8,86	100
SHE 114-11 812,75 74,81 0,00 6,59 0,84 17,08 24,51 99 0,00 26,87 3,44 69,69 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 55,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 54,04 5,06 30,87 89,97 100 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 833,40 9,65 0,00 54,04 5,06 30,87 89,97 100 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 66,52 0,84 19,79 87,15 100 0,00 76,33 0,96 22,71 100 SHE 114-11 866,50 20,58 0,00 26,20 46,80 5,97 78,97 100 0,00 33,17 59,27 7,56 100	Felsic Gneiss	SHE 114-11	801,45	42,61	0,00	48,95	3,65	4,76	57,36	100	0,00	85,34	6,37	8,29	100
SHE 114-11 818,15 0,23 0,00 55,63 18,52 24,35 98,50 99 0,00 56,48 18,80 24,72 100 SHE 114-11 833,40 9,65 0,00 54,04 5,06 30,87 89,97 100 0,00 60,06 5,62 34,32 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 66,52 0,84 19,79 87,15 100 0,00 76,33 0,96 22,71 100 SHE 114-11 845,50 2,93 0,00 74,91 13,87 6,98 95,76 99 0,00 78,23 14,48 7,29 100 SHE 114-11 866,50 20,58 0,00 26,20 46,80 5,97 78,97 100 0,00 33,17 59,27 7,56 100 SHE 114-11 879,10 2,63 0,00 21,60 11,26 63,38 96,24 99 0,00 22,44 1,70 65,86 100		SHE 114-11	812,75	74,81	0,00	6,59	0,84	17,08	24,51	99	0,00	26,87	3,44	69,69	100
SHE 114-11 833,40 9,65 0,00 54,04 5,06 30,87 89,97 100 0,00 60,06 5,62 34,32 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 66,52 0,84 19,79 87,15 100 0,00 76,33 0,96 22,71 100 SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 74,91 13,87 6,98 95,76 99 0,00 78,23 14,48 7,29 100 SHE 114-11 866,50 20,58 0,00 26,20 46,80 5,97 78,97 100 0,00 33,17 59,27 7,56 100 SHE 114-11 879,10 2,63 0,00 21,60 11,26 63,38 96,24 99 0,00 22,44 1,70 65,86 100 SHE 114-11 894,35 14,87 0,00 42,96 33,16 8,46 84,58 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100		SHE 114-11	818,15	0,23	0,00	55,63	18,52	24,35	98,50	99	0,00	56,48	18,80	24,72	100
SHE 114-11 844,50 12,79 0,00 66,52 0,84 19,79 87,15 100 0,00 76,33 0,96 22,71 100 SHE 114-11 855,50 2,93 0,00 74,91 13,87 6,98 95,76 99 0,00 78,23 14,48 7,29 100 SHE 114-11 866,50 20,58 0,00 26,20 46,80 5,97 78,97 100 0,00 33,17 59,27 7,56 100 SHE 114-11 879,10 2,63 0,00 21,60 11,26 63,38 96,24 99 0,00 22,44 11,70 65,86 100 SHE 114-11 894,355 14,87 0,00 42,96 33,16 8,46 84,58 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100 SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 <t< td=""><td>SHE 114-11</td><td>833,40</td><td>9,65</td><td>0,00</td><td>54,04</td><td>5,06</td><td>30,87</td><td>89,97</td><td>100</td><td>0,00</td><td>60,06</td><td>5,62</td><td>34,32</td><td>100</td></t<>		SHE 114-11	833,40	9,65	0,00	54,04	5,06	30,87	89,97	100	0,00	60,06	5,62	34,32	100
Felsic Gneiss SHE 114-11 855,50 2,93 0,00 74,91 13,87 6,98 95,76 99 0,00 78,23 14,48 7,29 100 SHE 114-11 866,50 20,58 0,00 26,20 46,80 5,97 78,97 100 0,00 33,17 59,27 7,56 100 SHE 114-11 879,10 2,63 0,00 21,60 11,26 63,38 96,24 99 0,00 22,44 11,70 65,86 100 SHE 114-11 894,35 14,87 0,00 42,96 33,16 8,46 84,58 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100 SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100 SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 70,70 20,11 2,69 100		SHE 114-11	844,50	12,79	0,00	66,52	0,84	19,79	87,15	100	0,00	76,33	0,96	22,71	100
SHE 114-11 866,50 20,58 0,00 26,20 46,80 5,97 78,97 100 0,00 33,17 59,27 7,56 100 SHE 114-11 879,10 2,63 0,00 21,60 11,26 63,38 96,24 99 0,00 22,44 11,70 65,86 100 SHE 114-11 894,35 14,87 0,00 42,96 33,16 8,46 84,58 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100 SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 70,20 20,11 2,69 100		SHE 114-11	855,50	2,93	0,00	74,91	13,87	6,98	95,76	99	0,00	78,23	14,48	7,29	100
SHE 114-11 879,10 2,63 0,00 21,60 11,26 63,38 96,24 99 0,00 22,44 11,70 65,86 100 SHE 114-11 894,35 14,87 0,00 42,96 33,16 8,46 84,58 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100 SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 77,20 20,11 2,69 100		SHE 114-11	866,50	20,58	0,00	26,20	46,80	5,97	78,97	100	0,00	33,17	59,27	7,56	100
SHE 114-11 894,35 14,87 0,00 42,96 33,16 8,46 84,58 99 0,00 50,79 39,20 10,01 100 SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 77,20 20,11 2,69 100		SHE 114-11	879.10	2.63	0.00	21.60	11.26	63.38	96.24	99	0.00	22.44	11.70	65.86	100
SHE 114-11 906,60 8,12 0,00 70,39 18,33 2,45 91,18 99 0,00 77,20 20,11 2,69 100		SHE 114-11	894.35	14.87	0.00	42.96	33.16	8.46	84.58	99	0.00	<i>,</i> 50,79	39.20	10.01	100
		SHE 114-11	906.60	8.12	0.00	70.39	18.33	2.45	91.18	99	0.00	77.20	20.11	2.69	100
SHE 114-11 929.10 62.94 0.00 27.43 9.46 0.00 36.89 100 0.00 74.36 25.64 0.00 100		SHE 114-11	929.10	62.94	0.00	27.43	9.46	0.00	36.89	100	0.00	74.36	25.64	0.00	100

Tableau 4-1 : Composition minéralogique essentielle des roches des sondages Shea 114 Shea 114-11, déterminée par calcul normatif. La discordance basale se situe à 714 m.

Les résultats des calculs normatifs sont en accord avec les analyses DRX pour ce qui concerne les argiles. L'illite est dominante par rapport aux minéraux du groupe des kaolins de la surface jusqu'à 668 m. La tendance s'inverse à la base du bassin avec plus de 90 % de minéraux du groupe kaolin dans la fraction argileuse rencontrée dans les grès de la formation Maintou Falls C jusqu'à plus de 30 m au dessus de la discordance.

Dans le socle, les proportions du quartz varient fortement en fonction du degré d'altération. L'illite reste la phase argileuse dominante même si la proportion de sudoites et de chlorites trioctaédriques peut être importante dans certains échantillons (dans les métabsites notamment).

Vers une approche quantitative de la minéralogie des échantillons altérés

La quantité globale d'argile est faible dans les formations gréseuses étudiées entre 0 à 600 m (\approx 3%), excepté au niveau de la formation Lazenby Lake où quelques échantillons montrent des teneurs en argile autour de 6%. Dans la formation Manitou Falls C, la proportion d'argile augmente fortement à partir de 677 m pour atteindre plus de 41% à une dizaine de mètres au dessus de la discordance où prédomine les minéraux du groupe kaolins (figure 4-6) dont les caractéristiques diffractométriques sont celles d'une kaolinite présentant des caractéristiques cristallochimiques spécifiques. Cela sera développé dans le chapitre suivant.



Figure 4-6 : Variation verticale de la composition minéralogique des échantillons de Shea 114-11. Figure du haut quartz et argile et en bas distribution des différentes espèces de minéraux argileux.

Au niveau du socle tous les échantillons analysés ont un fort taux d'altération marqué par les faibles proportions de quartz. L'illite, la sudoite et les chlorites trioctaédriques sont prédominantes. L'illite et la sudoite sont présentes dans la zone minéralisée. Les chlorites trioctaédriques sont plus marqués de part et d'autre de la minéralisation (figure 4-6).

4.4.Distribution des minéraux argileux à l'échelle du gisement de Kianna

La distribution minéralogique dans les sondages du gisement de Kianna est basée sur l'analyse de près de 360 échantillons prélevés dans 13 sondages (figures 4-7, 4-8 et 4-9). La gamme de profondeur étudiée dans chaque sondage est située entre 600 et 900 m environ. Elle comprend une centaine de mètres des grès de la formation Manitou Falls qui recouvrent la discordance et la totalité des roches altérées du socle qui ont été forées jusqu'à plus de 200 m sous la discordance intégrant ainsi les corps minéralisés.

La caractérisation et l'estimation semi-quantitative des minéraux argileux à partir des analyses DRX ont été réalisées sur la même base méthodologique que celle mise en œuvre pour les sondages Shea 114 et Shea 114-11.

4.4.1. Dans les grès à la base du bassin

Les minéraux argileux identifiés dans les grès à l'échelle du gisement de Kianna sont identiques à ceux caractérisés dans les forages de référence Shea 114 et Shea 114-11 : kaolins, illite, sudoite, chlorites trioctaédriques et smectites. Il est à noter que la sudoite qui n'apparaît qu'à l'état de traces dans le sondage Shea 114-11 est présente de manière locale dans les grès de la plupart des sondages étudiés à Kianna (figures 4-7, 4-8 et 4-9).

Les minéraux du groupe kaolin sont abondants dans la partie basale des grès au dessus de la discordance. Ils présentent les caractéristiques de la kaolinite déjà identifiée dans le forage Shea 114-11. Au dessus, l'illite, parfois accompagnée de sudoite est plus abondante. Les chlorites trioctaédriques (clinochlores) ont été identifiées sur un seul échantillon Shea 118-1 à 697,50 m. La smectite est présente essentiellement à proximité de la discordance.

4.4.2. Dans le socle altéré minéralisé sous la discordance

La nature et la distribution spatiale des minéraux argileux dans le socle sont identiques à celles déjà décrites dans le sondage Shea 114-11 avec une abondance d'illite, de sudoite et de chlorites trioctaédriques et une présence locale des interstratifiés illite/smectite (I/S) et de smectite (figures 4-7 à 4-9). Quelques rares échantillons présentent de faibles proportions de kaolin. Enfin, un minéral non expansible présentant les caractéristiques d'un interstratifié illite/sudoite a été observé dans le sondage Shea 118-1 à 796 m. La répartition des minéraux argileux dans le socle montre une faible corrélation avec la nature des protolites, car le degré d'altération de la roche est aussi à prendre en compte. L'illite associée à la sudoite prédomine dans les gneiss felsiques inférieurs. Les gouges argileuses sont principalement composées d'illite. Les corps minéralisés en profondeur sont répartis dans les gneiss felsiques inférieurs et associés aux zones riches en illite, sudoite et chlorites trioctaédriques.



Figure 4-7 : Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles dans les échantillons de la section 1 de Kianna (figure 2-16).



Figure 4-8 Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles dans les échantillons de la section 2 de Kianna (figure 2-16).



Figure 4-9 : Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles dans les échantillons de la section 3 de Kianna (figure 2-16).

4.5.Distribution régionale des minéraux argileux

L'extension de l'étude des argiles au niveau de la zone de Anne et aux sondages externes à la structure minéralisée a été réalisée par l'étude de 146 échantillons provenant des sondages Hyd 07-05, Hyd 07-03, Shea 11 et Shea 13, Shea 85, Shea 112 et Shea 122-3 (figure 4-10). Cette étude est basée sur la méthodologie d'analyse DRX décrite pour le sondage du gisement de Kianna.

Les minéraux argileux identifiés hors de la structure minéralisée sont du même type que ceux décrits précédemment dans le gisement de Kianna ainsi que dans les gisements d'Anne et de Colette d'après les travaux de Laverret (2002). Dans les sondages les plus éloignés du SLC (Hyd 07-03 et 05) l'illite et la sudoite sont sensiblement plus abondantes dans la partie basale des grès. Dans les autres sondages externes Shea 11 et Shea 13, les minéraux kaolins sont abondants à la base du bassin. Les sondages localisés à l'est du SLC montrent une distribution identique à celle de la zone de Kianna comme l'avait noté Quirt (2002) (coupe L68 incluant Shea 11). Le sondage Shea 13 présente dans sa partie basale entre 731 m et 737 m une dédoublement de la discordance qui intercale des roches du socle entre les deux zones de grès (intersection du rejet d'une faille inverse). Au dessus de la discordance, la distribution des argiles est similaire aux autres zones avec une dominance des kaolins. La smectite est aussi présente de manière ponctuelle comme décrite pour le gisement de Kianna.

Au niveau de la zone Anne, la distribution est semblable à celle décrite dans le gisement de Kianna que se soit dans les grès ou dans le socle. Néanmoins la sudoite semble être plus abondante dans les grès les plus proches de la discordance basale. La minéralisation dans le socle est également associée à l'illite et la sudoite. La smectite est peu abondante et n'apparaît que de manière très localisée.

Dans les échantillons de grès que se soit à l'intérieur du SLC comme à Anne ou à l'extérieur avec les sondages Hyd O7-03, Hyd 07-05, Shea 13 et Shea 11, la dravite apparaît dans les niveaux riches en kaolinite ou en sudoite. Les échantillons riches en illite sont généralement dépourvus de dravite. Dans les échantillons du socle, la dravite n'apparaît que de manière ponctuelle.



Figure 4-10 : Estimation semi-quantitative de la composition minéralogique des argiles et dravite dans les échantillons des sondages extérieurs au SLC et Anne.
4.6. Distribution verticale des minéraux argileux entre les gisements 58B et Anne

La distribution verticale des différents minéraux argileux (Kaolin, illite et sudoite) et de la dravite qui est présentée dans la figure 4-11, a été construite à partir de l'estimation des proportions relatives de minéraux argileux dans les formations sédimentaires par calcul normatif à partir de 2500 analyses chimiques réparties dans 190 sondages d'exploration implantés suivant un transect joignant les gisements de 58B et de Anne (figure 2-23). Cette représentation permet de généraliser les observations faites précédemment au sujet de la la distribution verticale des minéraux argileux. Ceci confirme notamment que l'illite est la phase argileuse prédominante de la surface d'érosion actuelle jusqu'à environ cinquante mètres au dessus de la discordance et que la kaolinite et parfois la sudoite sont les phases argileuses dominantes dans la partie basale du bassin.



Figure 4-11 : Distribution verticale des minéraux argileux et accessoires (dravite), calculée à partir du calcul normatif sur 2500 analyses chimiques de roche totale répartis dans 190 sondages. Les analyses chimiques sont extraites de la base de données ARC. Tous les sondages ont été recalés par rapport au niveau marin (TVDSS).

4.7.Caractérisation des minéraux argileux

4.7.1. Les minéraux du sous-groupe kaolin des formations gréseuses

La nature des minéraux du groupe des kaolins rencontrés dans les roches sédimentaires silicoclastiques donne un aperçu des conditions de diagenèse auxquelles celles-ci ont été soumises (Beaufort et al., 1998, Lanson et al., 2002). L'intensification de la diagenèse (liée à l'augmentation de la profondeur d'enfouissement) se traduit par le remplacement progressif de la kaolinite par la dickite (figure 4-12).



Figure 4-12 : Modèle de genèse de la dickite lors de la diagénèse d'enfouissement (Beaufort et al., 1998)

Kaolinite et dickite étant deux polymorphes, leur caractérisation ne peut pas être réalisée à partir de préparations orientées de minéraux argileux. L'identification des 2 minéraux peut être réalisée à partir de la diffraction RX sur des poudres désorientées de fractions inférieures à 5 µm. Elle se base alors principalement sur l'identification des pics d(202) et d(131) de la kaolinite et d(132) et d(204) de la dickite (figure 4-1). Elle peut être également réalisée sur la base des spectres infrarouges (FTIR) dans la région de vibration des hydroxyles dont les bandes d'absorption se situent à 3695, 3668, 3652 et 3620 cm⁻¹ pour la kaolinite et à 3710, 3655 et 3620 cm⁻¹ pour la dickite. En proche infrarouge cette identification peut également se faire à partir des bandes de la dickite soit à 7240 et 4250 cm⁻¹ et pour la kaolinite des pics à 7270, 7112, 4625 et 4240 cm⁻¹.

De ces deux méthodes de caractérisation des polytypes des minéraux du sous-groupe kaolin, la spectroscopie infrarouge est la plus performante. En effet, du fait de la très forte absorbance du rayonnement IR par les minéraux du sous-groupe kaolin, cette méthode se révèle beaucoup plus sensible que la diffraction RX en termes de détection. Elle présente également l'avantage d'être peu sensible aux impuretés minérales (minéraux argileux tels que l'illite, la chlorite ou la smectite).



Figure 4-13 : Distribution verticale des polymorphes des minéraux kaolins (kaolinite et dickite) le long du sondage Shea 114-11, déterminée à partir d'analyse DRX sur poudres désorientées infra 5µm et de spectres infrarouges acquis en mode transmisson sur pastille KBr.

Les minéraux du groupe kaolin analysés au DRX dans la partie supérieure du bassin de la surface à la formation Lazenby Lake montrent un mélange de kaolinite et dickite. Ces observations sont confirmées par les analyses en FTIR (figure 4-13). La bande U1 des spectres IR de ces échantillons est souvent décalée entre la position de la kaolinite (3695 cm-1) et celle de la dickite (3710) cm-1 et son intensité est atténuée par rapport à celle d'une kaolinite (Beaufort et al, 1998 et Quirt, 2001).

Dans la formation Manitou Falls, la kaolinite est le seul minéral du groupe kaolin présent (figure 4-13). Il est à noter que certains échantillons (Shea 114-11 685 m par exemple) présentent un décalage de la position de U1 aux environs de 3690 cm-1. Un certain nombre d'échantillons de la formation du Manitou Falls C contenant des minéraux du sous-groupe kaolin a été analysé en FTIR : ils sont tous composés de kaolinite (figure 4-14). Cette kaolinite est aussi présente dans les cimentations argileuses de certaines fractures et brèches qui affectent les niveaux de grès propres situés au dessus de la discordance.



Figure 4-14 : Spectres infrarouges de la fraction argileuse des grès de la formation Manitou Falls C issus des divers secteurs du gisement de Shea Creek. La kaolinite est le seul polymorphe du sous-groupe kaolin qui s'observe aussi bien dans les grès que dans les zones fracturées.

Cristallinité de la kaolinite

La cristallinité de la kaolinite des grès de la formation Manitou Falls des gisements de Kianna et Anne a été déterminée grâce à la mesure de l'indice d'Hinkley à partir des diffractogrammes RX d'une dizaine d'échantillons. Les minéraux du sous-groupe kaolin sont sujets à de nombreuses fautes d'empilement des feuillets. L'ordre et le désordre structural des feuillets apportent des informations sur les conditions dans lesquelles se sont développés ces minéraux.

Les défauts dans les kaolinites peuvent être quantifiés en utilisant la méthode de calcul de Plaçon et al. (1988) plus connue sous le nom d'indice de cristallinité ou d'indice d'Hinkley (Hinckley, 1963). Cette indice prend en compte les raies d(1-10) et d(11-1) affectées par la translation de \pm b/3 et rotation de $2\pi/3$ des feuillets. Il se calcule par la taille des pics d(1-14) et d(11-1) nommée B, C la taille mesurée à partir du bruit de fond local entre ces 2 pics et A la vraie taille du pic A (d(1-10)) à partir du vrai bruit de fond et donnant l'équation (C+B)/A (figure 4-15).



Figure 4-15 : Modèle de calcul de l'indice de cristallinité (Hinkley) à partir des diffractogrammes de poudres désorientées (Hinckley, 1963).

Dans les kaolinites, l'indice de Hinkley augmente entre 0,2 et 1,5 avec l'augmentation de la cristallinité. Une kaolinite est considérée comme ayant une très bonne cristallinité quand l'indice est supérieur à 1,2. La valeur d'indice correspondant aux plus fortes cristallinités observées pour une kaolinite dans la nature est de 1,73 (Giral-Kacmarcik, 1998).

Les indices d'Hinkley obtenus pour les échantillons de Shea Creek montrent que les kaolinites présentent toutes une cristallinité correspondant aux valeurs les plus fortes rapportées dans la littérature (tableau 4-2). Les valeurs des indices sont comprises entre 1,35 et 1,83. Cela démontre que les kaolinites des grès du Manitou Falls ont très peu de désordre dans l'empilement de leurs feuillets unitaires. C'est dans les grès pauvres en argile qu'ont été mesurés les indices les plus élevés (Shea 115-7 725 m, Shea 50-8 709 m, Shea 115-16 699 m et Shea 115-2 731 m).

Echantillonc	Shea 123	Shea 115-7	Shea 115-7	Shea 115	Shea 50-8	Shea 36	Shea 115-16	Shea 121-4
Echantinons	695 m	725,2 m	667 m	673 m	709 m	665,5 m	699,1	691 m
н	1,42	1,71	1,49	1,40	1,72	1,65	1,72	1,61
Echantillonc	Shea 114-4	Shea 114-4	Shea 114-11	Shea 114-11	Shea 114-11	Shea 115-2	Shea 115-2	Shea 115-2
Echantinons	634 m	682 m	677 m	701 m	707 m	633,2 m	657,6 m	730,9 m
н	1,36	1,38	1,66	1,53	1,48	1,48	1,66	1,83

Tableau 4-2 : Indices d'Hinkley des échantillons de kaolinite situés dans les grès de la formation Manitou Falls dans le district de Shea Creek.

La composition isotopique de l'oxygène et de l'hydrogène des kaolinites

Les isotopes stables sont naturellement présents sur terre et utilisés dans l'étude de la circulation des eaux, notamment dans les aquifères. La composition isotopique stable des eaux change en fonction des interactions subies avec d'autres systèmes aquifères par les phénomènes de recharge tout au long de son cycle. Cependant si cette interaction est limitée, elle gardera la signature d'origine. Dans les anciennes eaux piégées dans les sédiments, le δO^{18} et le δD des minéraux diagénétiques permettent de calculer la température originale et le δO^{18} et le δD du fluide (Kotzer et Kyzer, 1995).

La composition des isotopes stables (oxygène et hydrogène) a été mesurée pour 4 échantillons de kaolinite à la base des grès dans le sondage Shea 114-11 (668 m, 677,8 m, 701,45 m et 707,1 m) (Quirt, données non publiées, 2007). La composition isotopique des minéraux présente des valeurs proches qui sont comprises entre 12,50 et 14,15 pour le δO^{18} et entre -60 et -75 pour le δD . La composition isotopique du fluide en équilibre avec cette kaolinite a été calculée grâce à l'équation de fractionnement de Savin et Epstein (1970) sur la base d'une température de fluide de 200°C au fond du bassin de l'Athabasca (Pagel, 1975a et b) à partir des inclusions de fluide dans le quartz. Les valeurs de δO^{18} et δD du fluide sont comprises respectivement entre 3,6 et 5,8 et entre -47 à -74 (tableau 4-3).

Samples	δ^{18} O Mineral	δD mineral	δ ¹⁸ O Fluid	δD Fluid
Kaolinite K1 (200°C) Kotzer	10,1 à 13,5	-56 à -35	1,8	-80 à -30
Kaolinite K2 (< 50°C) Kotzer	10,1 à 13,3	-176 à -105	-15 à -11,9	-136 à -91
Kaolinite K3(< 50°C) Kotzer	6,3 à 13	-168 à -123	-18,9 à -12,4	-135 à -115
Kaolinite (digénétique) Kotzer	9,7 à 11,9	-106 à -55	-10,6 à 5,8	-75 à -39
Kaolinite K2 (Quirt 2001)	13,9	-62		
Echantillons	δ^{18} O Mineral	δD mineral	δ ¹⁸ O Fluid	δD Fluid
Shea 114-11 677,8 m	14.13	-70	5,8	-69
Shea 114-11 701,45 m	13,82	-60	5,5	-59
Shea 114-11 707,1 m	13,31	-75	5	-74

Tableau 4-3 : Composition isotopique de l'oxygène (δ180) et de l'hydrogène (δD) des kaolinites et composition isotopique des fluides en équilibre avec ces minéraux à 200 °C pour les différents types de kaolinite identifiés dans l'ensemble du bassin de l'Athabasca (Kotzer Kyzer, 1995), pour les kaolinites détritiques des argilites (Quirt, 2002) et pour nos échantillons à la base des grès du sondage Shea 114-11.

La composition isotopique de 3 échantillons de Shea 114-11 (figure 4-16) a été comparée à celle calculée par Kotzer et Kyzer (1995) pour des kaolinites prélevées dans des grès dans un certains nombre de gisements du bassin de l'Athabasca. Les valeurs obtenues sont voisines de celles des kaolinites diagénétiques des grès (Kotzer et Kyzer, 1995) ou des argilites (Quirt 2001) du bassin de l'Athabasca.

Ces résultats comparés à la ligne des eaux météoriques (SMOW) déterminée pour le bassin de l'Athabasca par Kotzer et Kyzer (1995), indiquent que les kaolinites n'ont pas interagi avec d'autres systèmes de fluide postérieurs à la diagenèse.

Ceci met en évidence que les kaolinites de la formation Manitou Falls à Shea Creek ont soit une origine diagénétique soit ont été rééquilibrées avec les fluides du bassin au cours de la diagenèse quand ces kaolinites ont une origine détritique (figure 4-16).



Figure 4-16 : Les valeurs de δ^{18} 0 and δ D des fluides en équilibre avec les kaolinites à 200° C dans la partie inférieure de la colonne stratigraphique recoupée par Shea 114-11 sont semblables à celles des fluides en équilibre avec les kaolinites diagénétiques dans le bassin de l'Athabasca (Kotzer and Kyzer, 1995) ainsi qu'à celle des kaolinites détritiques (K2) caractérisées par Quirt (2001).

La composition chimique des kaolinites

Les compositions chimiques et les formules structurales des kaolinites des échantillons Shea 114-11 677 m, 701 m et 707 m ont été déterminées par microanalyse chimique ponctuelle (tableau 4-4). Ces kaolinites présentent de teneurs négligeables en Na₂O, K₂O et MgO. Leur teneur en fer (arbitrairement considéré comme ferrique), comprise entre 0,1 et 0,4 % en pourcentage pondéral d'oxyde, est faible mais significative).

Leurs formules structurales sont semblables. La concentration de Si est de 4 atomes par maille, pour Al entre 3,88 et 3,97 atomes par maille. Le taux de substitution $Fe^{3+} - Al^{3+}$ est très faible : de 0,01 à 0,02 atomes par maille.

	Co	mpos	ition d	s en %	Les formules structurales calculées sur une base de 14 oxygènes											xygènes								
Analyse	Na2O	MgO	AI2O3	SiO2	К2О	CaO	TiO2	MnO	FeO	Fe2O3	Tot	al	Na	Mg	AI	Si	к	Са	Ti	Mn	Fe2+	Fe3+	Oct	Int Ch
She 14-11 677 site 1	0,09	0,04	38,15	45,77	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19	85,	37	0,02	0,01	3,95	4,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,96	0,02
She 14-11 677 site 1	0,15	0,07	38,22	46,17	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,11	85,	34	0,03	0,01	3,93	4,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,94	0,04
She 14-11 677 site 1	0,09	0,04	38,81	46,66	0,02	0,03	0,01	0,02	0,00	0,21	85,	29	0,01	0,01	3,94	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,96	0,02
She 14-11 677 site 1	0,10	0,04	38,83	46,42	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,27	85,	31	0,02	0,01	3,95	4,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,97	0,03
She 14-11 677 site 1	0,07	0,03	38,56	46,07	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,16	85,	43	0,01	0,00	3,96	4,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,97	0,02
She 14-11 677 site 1	0,07	0,00	38,15	45,43	0,05	0,03	0,00	0,03	0,00	0,15	85,	48	0,01	0,00	3,97	4,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,98	0,02
She 14-11 677 site 2	0,08	0,03	37,61	44,86	0,14	0,00	0,01	0,03	0,00	0,46	85,	30	0,01	0,00	3,95	4,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	3,98	0,03
She 14-11 677 site 2	0,10	0,01	38,86	46,77	0,17	0,00	0,00	0,07	0,00	0,16	85,	29	0,02	0,00	3,94	4,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,95	0,04
Moyenne	0,09	0,03	38,40	46,02	0,08	0,02	0,00	0,02	0,00	0,21	85,	35	0,02	0,01	3,95	4,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,96	0,03
She 14-11 701 site 1	0,00	0,04	38,88	46,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	85,	31	0,00	0,01	3,97	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,98	0,00
She 14-11 701 site 1	0,08	0,06	36,94	45,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	85,	30	0,01	0,01	3,88	4,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,89	0,01
She 14-11 701 site 1	0,00	0,00	38,80	47,53	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	85,	35	0,00	0,00	3,91	4,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,91	0,01
She 14-11 701 site 1	0,05	0,04	39,02	46,68	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,15	85,	35	0,01	0,01	3,96	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,97	0,01
She 14-11 701 site 1	0,05	0,01	37,88	45,06	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,18	85,	35	0,01	0,00	3,97	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,98	0,01
She 14-11 701 site 2	0,05	0,04	38,11	45,32	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,10	85,	35	0,01	0,01	3,97	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,98	0,01
She 14-11 701 site 2	0,04	0,01	37,49	45,23	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00	0,07	85,	35	0,01	0,00	3,94	4,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,95	0,01
Moyenne	0,04	0,03	38,16	45,98	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,12	85,	34	0,01	0,01	3,94	4,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,95	0,01
She 14-11 707 site 1	0,07	0,04	39,46	47,07	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,17	85,	34	0,01	0,01	3,96	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,97	0,02
She 14-11 707 site 1	0,00	0,03	37,98	45,50	0,03	0,01	0,00	0,04	0,00	0,43	85,	33	0,00	0,00	3,95	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	3,98	0,01
She 14-11 707 site 1	0,07	0,06	38,54	46,04	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,22	85,	33	0,01	0,01	3,96	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,97	0,02
She 14-11 707 site 1	0,10	0,05	38,54	45,96	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,19	85,	33	0,02	0,01	3,96	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,98	0,02
Moyenne	0,06	0,05	38,63	46,14	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,25	85,	33	0,01	0,01	3,96	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,98	0,02

Tableau 4-4 : Microanalyses chimiques ponctuelles et formules structurales de kaolinite des échantillons de grès du sondage Shea 114-11 recueillis dans la formation Manitou Fall C. Les analyses chimiques ont été acquises à la microsonde électronique (EDX) et les formules structurales ont été calculées sur une base de 14 oxygènes ar maille.

4.7.2. <u>Les minéraux du sous-groupe kaolin dans les argilites et intraclastes</u> <u>argileux</u>

Les minéraux du groupe kaolin des argilites et des intraclastes argileux ont été prélevés dans l'ensemble du district de Shea Creek (Colette, 58B, Kianna Sud, Anne et Anne sud). Ils ont été étudiés et caractérisés par des analyses de diffraction RX, par spectroscopie infrarouge, par analyses chimiques de roche totale et par analyses ponctuelles (EDX) au miscoscope électronique à balayage. Une quantaine d'échantillons a été sélectionnée (tableau 4-5).

Echar	tillons				Arg	iles			Minérau	<pre>k accessoires</pre>
sondages	profondeur	TYPE	muscovite	illite	Chlorite	Sudoite	kaolinite	dickite	dravite	APS
Hyd 07 01	550 m	argilite		XXXXX		ХХ				
Hyd 07 01	554 m	argilite		XXXXX			Х			
Hyd 07 01	663 m	argilite		XXX					XXXX	
Hyd 07 01	678,50 m	argilite		ХХ					XXXX	Х
Hyd 07 05	660,80 m	argilite	ХХ	(±X)			ХХХ	XXX		Х
Shea 11	683 m	argilite	ХХ	(±X)			XXXX	ХХ		
Shea 111-7	668,50 m	argilite	ХХ	(±X)			ХХх	XXXX		
Shea 114-11	507 m	argilite	ХХ	(±X)			ХХХ	ХХ		Х
Shea 114-11	553 m	argilite	ХХ	х		х	ХХХ	ХХ		Х
Shea 118	661 m	argilite		ХХ		ХХ	XXXX			ХХ
Shea 13	678 m	argilite	ХХ	(±X)			XXX	XXX		х
Shea 22	673 m	argilite	Х	(±X)			XXXX	ХХ		ХХ
Shea 22	677 m	argilite	ХХ	(±X)			ХХХ	XXX		
Shea 22	689 m	argilite	ХХ	(±X)			ХХХ	ХХ		ХХ
Shea 50-4	704,80 m	argilite		XXX		XXX	Хх	х		х
Shea 51	663 m	argilite		XXXX						ХХ
Shea 51	672 m	argilite	ХХ	х		х	XXXX	ХХ		
Shea 52	390,60 m	argilite		XXXX		х	ХХ	х		х
Shea 52	494,30 m	argilite		XXXX		ХХ	ХХ	?		Хх
Shea 57	668,5 m	argilite		ХХХ		ХХ			ХХ	Хх
Shea 62	675 m	argilite		ХХ		XXXXX				
Hyd 07 01	553 m	intraclaste		XXX			Х		XXXXX	ХХ
Hyd 07 01	627,50 m	intraclaste		ХХ			XXXXX		ХХ	XX
Hyd 07 01	663 m	intraclaste		ХХХ					XXXX	XX
Hyd 07 01	672 m	intraclaste		ХХ			ХХ		XXXX	Х
Hyd 07 01	704 m	intraclaste		ХХ			XXXX		ХХ	Х
Hyd 07 03	583 m	Intraclaste		XXXX			Х		XXXXX	
Shea 101	599,7 m	intraclaste		XXXXX						XX
Shea 101	620, 40 m	intraclaste		XXXXX						Х
Shea 101	643 m	intraclaste		XXXX			ХХ			Х
Shea 117	630 m	intraclaste		ХХ		Хх			XXXX	Х
Shea 18	661 m	intraclaste		XXXXX						XX
Shea 36	665,50 m	intraclaste		XXXXX						XX
Shea 52	218,60 m	intraclaste		ХХХ			ХХХ		ХХ	ХХ
Shea 52	360, 20 m	intraclaste		ХХ		ХХХ	Х	х		Х
Shea 52	625 m	intraclaste		XXXX		ХХ	ХХ		ХХ	Хх
Shea 62	625 m	intraclaste		XXXXX			ХХ		XXX	ХХ
Shea 62	662 m	intraclaste		XXXXX						ХХ
Shea 62	675,5 m	intraclaste		XXXXX						ХХ
Shea 77	205,50 m	intraclaste		XXXX				ХХ	x	х
Shea 77	428,50 m	intraclaste		ХХ				XXXXX		ХХ
ShEA 77	629 m	intraclaste		XXXX					х	ХХ
Hyd 07 01	713,80 m	intraclaste (Dravite)					х		XXXXX	x

Tableau 4-5 : Minéralogie des argilites et intraclastes argileux du prospect de Shea Creek déterminée par diffraction de RX. Les échantillons ayant subi l'altération hydrothermale sont marqués par la présence d'illite, de sudoite et dravite. Les échantillons non affectés par le processus hydrothermal sont riches en kaolinite et dickite. La plupart des échantillons contiennent des APS.

Echan	tillons		C	omposition	minérale	%			Composition argile %			Sommo
eondada	profondeur	type			ULITE	SUDOITE	Somme	Total		ILLITE/	SUDOITE/	ARGILE %
sonuage	protondeur	type	QUANIZ	KAULIN	ILLIIE	/Dravite	ARGILE %		KAULIN	Muscovite	Dravite	
Hyd 07-001	550 m	argilite	66	0	27	6	33	99	0	82	18	100
Hyd 07-001	554 m	argilite	57	3	39	0	42	99	7	93	0	100
Hyd 07-001	663 m	argilite	15	25	12	45	82	97	30	15	55	100
Hyd 07-001	678,50 m	argilite	74	7	6	12	25	99	28	24	48	100
Hyd 07-05	660,8 m	gres	75	4	21	1	25	100	16	84	0	100
Hyd 07-05	660,8 m	argilite	7	77	14	0	91	98	85	15	0	100
She 13	678 m	argilite	0	55	42	0	97	97	57	43	0	100
SHEA 11	683,30 m	grès fins	63	17	19	0	36	99	47	53	0	100
Shea 111-7	668,50 m	argilite	43	33	24	0	57	100	58	42	0	100
Shea 114-11	507 m	argilite	54	32	13	0	45	99	71	29	0	100
Shea 114-11	553 m	argilite	6	35	42	14	91	97	38	46	15	99
Shea 118	681 m	argilite	44	7	20	25	52	96	13	38	48	99
SHEA 22	693 m	grès fins	17	70	9	1	79	96	89	11	0	100
SHEA 22	689 m	argilite	61	20	17	0	37	98	54	46	0	100
Shea 50-4	704,80 m	argilite	27	0	33	41	74	101	0	45	55	100
SHEA 51	670,50 m	grès fins	23	11	41	22	75	98	15	55	29	99
SHEA 51	672,50 m	argilite	41	34	13	9	57	98	60	23	16	99
Shea 52	390,60 m	argilite	2	0	67	27	95	97	0	71	28	99
Shea 52	494,30 m	argilite	11	12	57	17	86	97	14	66	20	100
Shea 62	675 m	argilite	34	0	15	52	67	101	0	22	78	100
Hyd 07-001	627,50 m	intraclaste	12	51	4	28	83	95	61	5	34	100
Hyd 07-001	663 m	intraclaste	30	18	16	30	65	95	28	25	46	99
Hyd 07-001	672 m	intraclaste	14	29	5	47	82	96	35	6	57	98
Shea 101	620, 40 m	intraclaste	65	3	28	0	31	96	10	90	0	100
Shea 117	630 m	intraclaste	31	17	3	42	62	93	27	5	68	100
Shea 111-7	674 m	intraclaste	63	3	34	0	37	100	8	92	0	100
Shea 123	651,50 m	intraclaste	62	4	35	0	39	101	10	90	0	100
Shea 18	661 m	intraclaste	32	6	61	0	67	99	9	91	0	100
Shea 36	665,50 m	intraclaste	34	5	62	0	67	101	7	93	0	100
Shea 52	218,60 m	intraclaste	17	8	55	11	75	92	11	73	15	99
Shea 52	360, 20 m	intraclaste	56	1	23	18	41	97	2	56	44	102
Shea 62	662 m	intraclaste	20	8	75	0	83	103	10	90	0	100
Shea 62	675,5 m	intraclaste	21	0	76	1	77	98	0	99	1	100
Shea 77	205,50 m	intraclaste	58	4	37	0	41	99	10	90	0	100
Shea 77	428,50 m	intraclaste	47	25	27	0	53	100	47	51	0	98
Hyd 07-001	713,80 m	intraclaste	0	34	0	62	96	96	35	0	65	100

Tableau 4-6 : Minéralogie quantitative des argilites, grès fins et intraclastes argileux prélevés sur l'ensemble du district de Shea Creek. Les qunatités de chaque espèce minérale et les proportions relatives des espèces argileuses ont été déterminées par calcul normatif à partir des analyses chimiques sur roche totale faites au SARM (Nancy).

Un certain nombre d'échantillons montre une forte altération hydrothermale marquée par la présence d'illite, de sudoite et dravite. Les échantillons les plus affectés montrent une diminution des minéraux du groupe kaolin (kaolinite et dickite). Dans les échantillons peu ou pas affectés par l'altération, les minéraux du sous-groupe kaolin sont les seuls minéraux argileux présents associés à des muscovites détritiques. Les argilites sont composées principalement de kaolinites détritiques, les intraclastes d'argile de minéraux kaolins vermiculaires de petite taille. Tous les échantillons analysés présentent une proportion significative d'APS (Tableau 4-5).

Les analyses par diffraction RX et spectroscopie IR (figure 4-17) montrent que la composition minéralogique des minéraux du sous-groupe kaolin varie sensiblement selon les échantillons d'intraclaste argileux. Certains échantillons (She 52 218,6 m, Hyd 07-01 627 m et 704 m, She 101 643 m) sont composés uniquement de kaolinite. D'autres échantillons (Shea 77 250 m et 428 m) sont composés uniquement de dickite (tableau 4-5 et figure 4-17).

Les échantillons contenant uniquement de la kaolinite sont principalement observés dans les grès propres quelque soit la profondeur de l'échantillon et sont entourés par une auréole d'hématite et de quartz (figures 3-4 G et Annexe 4-9). Les échantillons d'intraclaste d'argile composés de dickite sont principalement observés dans les grès argileux et ne présentent aucune auréole (figure 3-4 G).

Enfin, les échantillons d'argilite peu ou pas affectés par l'altération hydrothermale sont tous composés d'un mélange de kaolinite et de dickite (tableau 4-5 et figure 4-17).





Caractérisation des grains de kaolinite détritique

Les minéraux du sous-groupe kaolin des argilites et grès fins qui présentent des évidences pétrographiques de kaolin détritique montrent une composition globale plus riche en fer. La présence de fer structural dans ces kaolinites est confirmée par les spectres infrarouges (proche et moyen) avec un bande située à 7020 cm⁻¹ dans le domaine du proche infrarouge (figure 4-18).



Figure 4-18 : Spectres de proche infrarouge d'échantillons d'argilite et de grès très fins. Ils montrent une composition de dickite et de kaolinite et riche en fer.

Une analyse en spectrométrie infrarouge plus ponctuelle (taille de spot 50X50 μ m) réalisée à l'aide d'un microscope associé à un spectromètre infrarouge (MIR) (figure 4-18), démontre que la dickite peut être analysée localement dans les parties externes ou dans les parties fracturées de certains grains de « kaolinite détritique ».



Figure 4-19 : Spectres infrarouges obtenus sur les grains de kaolinite détritique à l'aide d'un microscope associé à un spectromètre (FTIR). L'image représente la zone analysée (Taille des spots : 50X50 µm). Les grains sont composés de kaolinite et de dickite ; la matrice semble uniquement composée de kaolinite. 1, 2 et 3 correspondent aux points d'analyse. En vert la position des bandes de vibration des hydroxyles de la dickite et en bleu la position des bandes de vibration des hydroxyles de la dickite au fer structural dans les kaolins.

La microanalyse chimique démontre que les grains de kaolinite détritique contiennent une quantité de fer beaucoup plus élevée que les kaolinites du ciment diagénétique qui les entoure. La teneur en Fe₂O₃ des kaolinites détritiques varie entre 0,85 et 1,77 % alors que celle des kaolinites du ciment diagénétique varient entre 0,2 et 0, 6% (tableau 4-7). Ces teneurs en fer sont proches de celles observées dans les kaolinites détritiques de la formation Wolverine Point par Quirt (2002).

	Comp	oositio	s fins	fins Les formules structurales calculées sur une base de 14 oxygènes																			
Référence	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	К2О	CaO	TiO2	MnO	FeO	Fe2O3	Total	Na	Mg	AI	Si	к	Са	Ti	Mn	Fe2+	Fe3+	Oct	Int Ch
She 22 667 m Kaol cim indif	0,04	0,00	38,04	45,23	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00	0,58	84,48	0,01	0,00	3,96	4,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	4,00	0,01
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,02	0,01	38,54	46,16	0,26	0,01	0,11	0,04	0,00	0,97	86,61	0,00	0,00	3,93	3,99	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	3,99	0,03
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,05	0,15	38,09	45,62	0,18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,71	85,33	0,01	0,02	3,93	4,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	3,98	0,03
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,01	0,13	38,63	46,53	0,14	0,00	0,00	0,06	0,00	0,79	86,80	0,00	0,02	3,92	4,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	3,97	0,02
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,06	0,15	38,64	45,96	0,11	0,00	0,04	0,03	0,00	0,63	86,10	0,01	0,02	3,95	3,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	3,99	0,02
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,00	0,00	39,05	46,45	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	86,38	0,00	0,00	3,97	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,99	0,00
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,04	0,03	38,51	45,43	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,25	84,84	0,01	0,00	3,99	3,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	4,00	0,02
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,01	0,00	38,71	46,26	0,10	0,04	0,00	0,00	0,00	0,57	86,20	0,00	0,00	3,95	4,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	3,99	0,02
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,03	0,09	37,92	45,47	0,17	0,02	0,00	0,03	0,00	1,13	85,36	0,00	0,01	3,92	3,99	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	4,00	0,03
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,00	0,06	37,32	44,21	0,16	0,00	0,43	0,00	0,00	0,58	83,26	0,00	0,01	3,95	3,97	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	3,99	0,02
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,02	0,00	38,45	45,37	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	84,57	0,00	0,00	3,99	4,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	4,00	0,01
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,01	0,00	38,19	45,37	0,15	0,05	0,01	0,00	0,00	0,79	85,06	0,00	0,00	3,96	3,99	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	4,01	0,03
Shea 22 667 m Kaol cim indif	0,02	0,06	38,29	45,48	0,08	0,00	0,03	0,00	0,00	0,62	85,08	0,00	0,01	3,96	3,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	4,00	0,01
Moyenne	0,02	0,05	38,34	<mark>45,66</mark>	0,12	0,01	0,05	0,01	0,00	0,63	85,39	0,00	0,01	3,95	3,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	<mark>3,99</mark>	0,02
She 11 683 m kaol détr site 1	0,00	0,07	37,98	46,24	0,24	0,00	0,01	0,00	0,00	0,85	85,87	0,00	0,01	3,90	4,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	3,95	0,03
She 11 683 m kaol détr site 1	0,00	0,05	37,39	46,03	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	1,00	85,13	0,00	0,01	3,87	4,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	3,94	0,02
She 11 683 m kaol détr site 1	0,00	0,06	37,55	45,85	0,12	0,04	0,00	0,00	0,00	0,97	85,07	0,00	0,01	3,89	4,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	3,95	0,02
She 11 683 m kaol détr site 2	0,00	0,17	38,23	46,64	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	86,94	0,00	0,02	3,88	4,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,96	0,02
She 11 683 m kaol détr site 2	0,00	0,16	38,18	46,48	0,12	0,05	0,02	0,00	0,00	1,77	87,22	0,00	0,02	3,87	4,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	3,98	0,02
She 11 683 m kaol détr site 2	0,00	0,11	37,49	46,00	0,13	0,05	0,04	0,00	0,00	1,22	85,56	0,00	0,01	3,87	4,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	3,95	0,03
She 11 683 m kaol détr site 3	0,00	0,13	37,67	45,97	0,19	0,04	0,01	0,00	0,00	1,11	85,61	0,00	0,02	3,88	4,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	3,95	0,03
She 11 683 m kaol détr site 3	0,00	0,16	37,38	45,73	0,11	0,04	0,01	0,00	0,00	1,36	85,26	0,00	0,02	3,87	4,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	3,96	0,02
She 11 683 m kaol détr site 3	0,02	0,14	37,56	45,64	0,26	0,10	0,00	0,03	0,00	0,94	85,18	0,00	0,02	3,89	4,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06	3,95	0,05
She 11 683 m kaol détr site 4	0,01	0,11	37,94	46,27	0,07	0,02	0,01	0,02	0,00	1,24	86,19	0,00	0,01	3,88	4,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,96	0,01
She 11 683 m kaol détr site 4	0,00	0,17	37,93	46,45	0,32	0,10	0,00	0,00	0,00	1,27	86,72	0,00	0,02	3,86	4,02	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08	3,95	0,05
She 11 683 m kaol détr site 4	0,00	0,12	37,35	45,68	0,11	0,01	0,00	0,02	0,00	1,24	85,02	0,00	0,02	3,87	4,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	3,96	0,01
Moyenne	0,00	0,12	37,72	<mark>46,08</mark>	0,17	<mark>0,04</mark>	0,01	0,01	0,00	1,18	85,81	0,00	0,02	<mark>3,88</mark>	4,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	<mark>3,95</mark>	0,03
She 11 683 m cim diag	0,00	0,01	37,73	46,08	0,05	0,07	0,00	0,00	0,00	0,55	84,95	0,00	0,00	3,90	4,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	3,94	0,02
She 11 683 m cim diag	0,00	0,02	38,04	46,51	0,14	0,07	0,00	0,00	0,00	0,54	85,82	0,00	0,00	3,90	4,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	3,93	0,03
She 11 683 m cim diag	0,01	0,01	38,58	46,47	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,59	86,21	0,00	0,00	3,93	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	3,97	0,01
She 11 683 m cim diag	0,01	0,04	37,88	45,71	0,42	0,04	0,04	0,00	0,00	0,23	84,87	0,00	0,01	3,93	4,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,94	0,06
She 11 683 m cim diag	0,00	0,03	38,11	46,12	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,31	85,14	0,00	0,00	3,93	4,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,95	0,01
She 11 683 m cim diag	0,00	0,04	38,12	46,36	0,15	0,05	0,00	0,01	0,00	0,62	85,85	0,00	0,00	3,91	4,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	3,95	0,03
She 11 683 m cim diag	0,00	0,14	37,57	46,20	0,85	0,09	0,00	0,02	0,00	0,25	85,60	0,00	0,02	3,88	4,04	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	3,89	0,11
She 11 683 m cim diag	0,00	0,02	37,88	45,85	0,10	0,03	0,04	0,07	0,00	0,43	84,88	0,00	0,00	3,92	4,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	3,95	0,02
She 11 683 m cim diag	0,00	0,05	37,94	46,05	0,28	0,08	0,00	0,00	0,00	0,54	85,43	0,00	0,01	3,91	4,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	3,95	0,05
She 11 683 m cim diag	0,00	0,07	37,59	45,40	0,50	0,09	0,02	0,00	0,00	0,37	84,52	0,00	0,01	3,92	4,02	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	3,94	0,07
She 11 683 m cim diag	0,00	0,00	38,02	46,49	0,06	0,06	0,00	0,01	0,00	0,40	85,45	0,00	0,00	3,90	4,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	3,93	0,02
Moyenne	0,00	0,04	37,95	46,11	0,24	0,06	0,01	0,01	0,00	0,44	85,34	0,00	0,00	3,91	4,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	3,94	0,04

Tableau 4-7 : Analyses chimiques ponctuelles et formules structurales des kaolinites des échantillons de grès fins contenant des évidences pétrographiques de kaolinite détritique et diagénétique (ciment). Analyse chimique faite à la sonde électronique (EDX) et formule structurale calculée sur une base de 14 oxygènes. Kaol cim indif (kaolinite détritique et ciment indifférenciés), kaol détr (kaolinite détritique) et cim diag (ciment diagénétique).

Ces compositions chimiques obtenues dans les échantillons de grès très fins (siltsones) contenant des kaolinites détritiques sont également semblables aux compositions relevées par Halter (1988) sur des kaolinites néoformées dans le régolithe de Carswell (Cluff Lake) et Waterbury Lake.

4.7.3. Les polytypes de l'illite hydrothermale

Les illites présentes dans les grès et les roches du socle de l'Athabasca sont associées au processus d'altération hydrothermale à l'origine de la mise place des gisements d'uranium de type discordance. Cependant 2 origines ont été proposées pour ces minéraux argileux : (1) Une origine associée à la remobilisation du potassium présent dans les grès de l'Athabasca lors du processus diagénétique ou (2) une origine associée à l'altération hydrothermale des roches du socle et des grès par des fluides riches en potassium. Ces différentes illites ont souvent été caractérisées par leur polytype. Les travaux de référence de Drits et al., (1993) ont permis de différencier les polytypes d'illite 1Mc, 1Mt et 2M1. Dans le contexte des gisements d'uranium du bassin d'Athabasca, la structure cristalline de l'illite est essentiellement caractérisée par les 2 polytypes 1Mc, 1Mt souvent associés dans la paragenèse argileuse alors que le polytype 2M1 (essentiellement observé dans les échantillons de socle) représente la signature des reliques de micas métamorphiques (muscovites, phengites) qui sont particulièrement résistants à l'altération. Dans les illites de polytype 1M, les 2 variantes 1Mc et 1Mt se caractérisent par la position d'un site octaédrique vacant. Lorsque ce site vacant est en position trans-octaédrique, le polytype est dit 1Mt et en position cis-octaédrique, il est dit 1Mc (Drits et al, 1993).

D'après les conclusions de Laverret (2002, 2006) le polytype d'illite 1Mt est généralement associé à l'altération hydrothermale et celui-ci est localisé généralement à proximité de la discordance et dans les zones fracturées, altérées et minéralisées, marquées par un fort taux de sursaturation en potassium des solutions hydrothermales. L'illite 1Mt est caractérisée par sa petite taille et une faible cristallinité. L''illite 1Mc est caractérisé par une plus grande taille et une meilleure cristallinité. Le polytype d'illite 1Mc est considéré plus externe par rapport au système hydrothermal et pourrait être représentatif de l'illitisation dans des conditions de plus faible déséquilibre chimique (plus faible sursaturation des solutions vis-à-vis de l'illite) qui pourrait être plus proche des conditions de la diagenèse (si le potasssium est disponible dans le milieu).

L'analyse des polytypes de l'illite a été réalisée dans les grès et dans les roches du socle sur 28 échantillons d'illite (figures 4-20, 4-21 et 4-22) :

<u>Dans les grès</u>

Les 2 polytypes 1Mc et 1Mt sont présents dans l'ensemble des échantillons ; leur proportion semble être équivalente dans l'ensemble hormis pour l'échantillon Shea 118-2 696 m où seul le polytype 1Mt a été détecté (figure 4-20). Le polytype 2M1, très peu abondant, est lié à la muscovite détritique qui persiste dans les grès.

Dans les sondages éloignés de la zone du SLC, les échantillons du sondage Hyd 07-03 701 m situé à une dizaine de mètres de la discordance et à 620 m montre une dominance du polytype d'illite 1Mc. Le sondage Shea 11 à 685 m montre une proportion similaire entre 1Mt et 1Mc, tandis que les échantillons à 620 m et 609 m montre une dominance 1Mt.

Au niveau de la zone du SLC, les échantillons du sondage Shea 114 les plus éloignés de la discordance verticalement à 139 m, 362 m et 508 m montrent la présence des 2 polytypes d'illite 1Mt et 1Mc et en proportion relativement équivalente. L'échantillon du sondage Shea 118-2 696 m dans lequel l'illitisation s'est développée à une cinquantaine de mètres de la discordance est composé essentiellement du polytype d'illite 1Mt.

Dans les roches du socle

Les polytypes 1Mc et 1Mt ont également été associés dans les roches altérées du socle (figure 4-21). Le polytype 1Mt semble être le polytype dominant dans tous les échantillons éloignés des zones minéralisées. Les échantillons contenant une importante proportion de micas sont riches en 2M1.

Dans les échantillons des zones minéralisées dans le socle, les polytypes d'illite sont 1Mc et 1Mt cependant le polytype 1Mc semble prédominant (figure 4-22).



Figure 4-20 : Diffractogrammes RX de poudres désorientées de fraction inférieure à 2 µm sur différents échantillons d'illite dans les grès. Les positions des pics index des différents polytypes (2M1, 1Mc et 1Mt) sont indiquées.



Figure 4-22 : Diffractogrammes RX de poudres désorientées de fraction inférieure à 2 μ m sur différents échantillons d'illite dans les roches du socle. Les positions des pics index des différents polytypes (2M1, 1Mc et 1Mt) sont indiquées.



Figure 4-21 : Diffractogrammes RX de poudres désorientées de fraction inférieure à 2 µm sur différents échantillons d'illite dans les roches minéralisées du socle. Les positions des pics index des différents polytypes (2M1, 1Mc et 1Mt) sont indiquées.

Composition chimique des illites

Les formules structurales des illites analysées à la microsonde électronique ont été calculées sur une base O_{20} (OH)₄ (Beaufort, 2008) ; le fer a arbitrairement été considéré comme ferrique (figure 4-23). Ces illites se caractérisent par une charge interfoliaire comprise entre 1,6 et 1,8. Cette charge interfoliaire compense la charge négative du feuillet 2:1 due essentiellement aux substitutions Al-Si dans les couches tétraédriques. Les échantillons de roches profondes contenant des interstratifiés illite-smectite (figure 4-24) donnent des valeurs de charge interfoliaire légèrement inférieures.

La projection de la composition cationique des illites dans un diagramme ternaire AL^{VI}/3-Fe-Mg montre les particularités suivantes (figure 4-23) :

- La composition des illites dans les grès est relativement homogène comme cela avait déjà été démontré par Laverret (2002). Globalement, les illites sont alumineuses.
- Les illites des roches du socle sont légèrement enrichies en magnésium.
- Les plus fortes teneurs de Mg sont mesurées dans les fractions illitiques qui contiennent des interstratifiés illite/smectite.

Globalement les compositions des illites des grès et du socle sont significativement identiques.



Figure 4-23 : Projection de la composition cationique dans les octaèdres des illites des forages Shea 114, Shea 114-11 dans le diagramme AlVI/3 – Mg - Fe. Champs de composition des grès représenté par le cercle bleu et socle par cercle rouge.

Les minéraux interstratifiés I/S ne sont présents que de manière épisodique dans les roches du socle où ils sont étroitement associés à l'illite. Ils n'ont pas été détectés dans la couverture sédimentaire. Ces minéraux argileux correspondent à l'interstratification de faible quantité de smectite dioctédrique (montmorillonite ?) avec des feuillets illitiques qui sont facilement détectables en DRX lorsque les teneurs en feuillets expansibles excèdent 5 % (Reynolds dans Brindley et Brown, 1980) (Annexe 1).

Les diffractogrammes RX (figure 4-24) montrent l'association systématique d'illite et interstratifiés I/S dans tous les échantillons où les interstratifiés I/S ont été détectés. Ces interstratifiés I/S sont rencontrés principalement dans les roches du socle peu altérées.



Figure 4-24 : Diffractogramme de la fraction argileuse d'échantillons de roches altérées du socle montrant la présence d'interstratifiés illite-smectite. La quantité maximum de feuillets expansibles est estimée aux environs de 10% sur la base de la position des pics après saturation à l'éthylène glycol (diffractogramme en rouge).

4.7.4. Les Chlorites (sudoite et chlorites trioctaédriques)

Les chlorites identifiées dans le halo d'altération des gisements d'uranium associés à une discordance et dans le district de Shea Creek sont de 3 types (Rigault, 2010) :

- Les chlorites trioctaédriques métamorphiques riches en fer (chamosites) issues du métamorphisme rétrograde de type schiste vert.

- Deux types de chlorites associées a l'altération hydrothermale qui sont la sudoite, qui est une chlorite di-trioctaédrique alumineuse et magnésienne, et le clinochlore qui est une chlorite trioctaédrique magnésienne.

L'étude de la composition chimique des chlorites réalisée par Beaufort (2008) et Rigault (2010) sur les échantillons du socle du sondage Shea 114-11 permet de definir des champs de composition spécifiques à ces trois types de chlorite (figure 4-25).

La cristallisation dans le socle des chlorites hydrothermales riches en Mg est associée à la circulation de fluide oxydant (Alexandre, 2005; Rigault; 2010). Ces fluides déstabilisent les minéraux du socle, minéraux feldspathiques, amphibole, grenats, pyroxènes et libèrent le magnésium permettant la cristallisation de la sudoite et du clinochlore (Alexandre et al, 2005). D'après Rigault (2010) la cristallisation de ces chlorites dans le socle présente une chronologie de formation qui est dépendante de la fugacité en oxygène ainsi qu'une neutralisation du Ph des fluides circulant dans le socle. La sudoite est le premier type de chlorite à se former (Alexandre et al, 2005) et au fur et mesure de la neutralisation du Ph des fluides par les réactions minérales, les chlorites trioctaédriques magnésiennes deviennent stables.



Figure 4-25 : Diagramme ternaire de la composition des phylosilicates trioctaédriques hydratés. Le Fe total est considéré ferreux dans les chlorites trioctaédriques et ferriques dans les sudoites.

4.7.5. Les Smectites

La caractérisation des smectites est relativement difficile car ce minéral est peu abondant et toujours associé à d'autres phases argileuses telles que l'illite, la kaolinite, la sudoite ou la dravite. Ces smectites ont été partiellement caractérisées par Laverret (2002). Elles ont été identifiées comme étant des smectites trioctaédriques.

De nombreux essais de séparation des smectites des autres phases argileuses ont été réalisés, malheureusement aucun n'a permis de les isoler parfaitement : essai réalisé dans l'échantillon Shea 118-1 728,30 m de fraction inférieure à 0,2 μ m, où la phase smectite est dominante par rapport à l'illite et la kaolinite (figure 4-26).



De par la position du pic d(060) située vers 1,50 Å, il apparaît que ces smectites sont dioctaédriques (figure 4-26). Ceci a été confirmé par l'analyse en spectroscopie infrarouge.

Figure 4-26 : Diffractogrammes RX sur la fraction < 0,2 μ m d'un échantillon riche en smectite. La position du pic d(060) est caractéristique d'une distance inter-réticulaire d'argile dioctaédrique (1,5Å).

Chimie des Smectites

La composition chimique des smectites présentes dans cet échantillon Shea 63B 719,80 m a été mesurée à l'EDX Meb (tableau 4-8). Le fer a arbitrairement été considéré comme ferrique. La teneur en oxyde est en moyenne de 41,62 % pour le Si, de 21 % pour Al, de 1,76 % pour le Fe et de 7,74 % pour le Mg. les microanalyses ponctuelles de ces smectites permettent de calculer une formule structurale dans laquelle l'occupation octaédrique atteint une valeur moyenne de 5,06 atomes par maille et une charge interfoliaire en moyenne de 0,45 atomes par maille. De telles valeurs ne sont pas compatibles avec celles d'une smectite dioctaédrique (occupation octédrique de 4 atomes par maille) et il semble bien que la caractérisation de ce minéral nécessite des travaux complémentaires.

							m	icroar	nalys	e Silicate	tes Kianna (microsonde Jussieu)											
			comp	osition	chimic	jue en	% d'o	xyde			Formule strucutrale calculée sur un base de 22 oxygènes											
Base 22 Fe3+	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Fe2O3	Si	AI	Mg	Fe2+	Ti	Mn	Са	Na	К	Fe3+	Int Ch	Oct
Shea 63b-719,80 smec-1	0,13	9,7	32,52	41,13	0,88	0,14	0,08	0	0	1,516	5,77	5,38	2,03	0	0,01	0	0,02	0,03	0,16	0,16	0,23	5,34
Shea 63b-719,80 smec-2	0,22	5,63	24,05	39,58	2,19	0,25	0,1	0	0	2,715	6,44	4,62	1,37	0	0,01	0	0,04	0,07	0,45	0,33	0,61	4,77
Shea 63b-719,80 smec-3	0,23	3,26	29,24	46,29	4,13	0,54	0,65	0	0	1,453	6,56	4,89	0,69	0	0,07	0	0,08	0,06	0,75	0,16	0,97	4,36
Shea 63b-719,80 smec-4	0,12	8,43	30,55	40,06	1,05	0,23	0,16	0	0	1,901	5,87	5,28	1,84	0	0,02	0	0,04	0,03	0,2	0,21	0,3	5,22
Shea 63b-719,80 smec-5	0,17	8,6	31,04	42,26	1,62	0,23	0	0	0	1,568	5,98	5,18	1,81	0	0	0	0,04	0,05	0,29	0,17	0,41	5,14
Shea 63b-719,80 smec-6	0,23	4,83	28,82	50,19	6,77	0,18	0,34	0	0	0,839	6,7	4,54	0,96	0	0,03	0	0,03	0,06	1,15	0,08	1,26	4,32
Shea 63b-719,80 smec-7	0,09	9,14	32,32	41,65	1,14	0,27	0,09	0	0	1,501	5,84	5,34	1,91	0	0,01	0	0,04	0,02	0,2	0,16	0,31	5,25
Shea 63b-719,80 smec-8	0,22	5,6	27,54	41,79	1,76	0,1	0,1	0	0	2,239	6,35	4,93	1,27	0	0,01	0	0,02	0,07	0,34	0,26	0,44	4,82
Shea 63b-719,80 smec-9	0,09	9,54	31,67	39,87	0,93	0,13	0,07	0	0	1,74	5,74	5,37	2,05	0	0,01	0	0,02	0,02	0,17	0,19	0,24	5,36
Shea 63b-719,80 smec-10	0,16	9,01	31,63	41,07	1,47	0,17	0,17	0	0	1,596	5,84	5,3	1,91	0	0,02	0	0,03	0,05	0,27	0,17	0,36	5,23
Shea 63b-719,80 smec-11	0,13	8,54	30,1	39,29	0,98	0,22	0,11	0,02	0	2,023	5,84	5,28	1,89	0	0,01	0	0,04	0,04	0,19	0,23	0,29	5,25
Shea 63b-719,80 smec-12	0,2	9,99	33,8	41,15	0,85	0,1	0,13	0	0	1,345	5,68	5,5	2,05	0	0,01	0	0,01	0,05	0,15	0,14	0,23	5,38
Shea 63b-719,80 smec-13	0,16	8,84	30,01	38,48	0,8	0,22	0,09	0	0	2,093	5,78	5,31	1,98	0	0,01	0	0,04	0,05	0,15	0,24	0,27	5,31
Shea 63b-719,80 smec-14	0,14	6,67	30,24	41,77	2,13	0,27	0,22	0	0	1,817	6,08	5,19	1,45	0	0,02	0	0,04	0,04	0,4	0,2	0,52	4,94
Shea 63b-719,80 smec-15	0,15	8,22	30,56	41,1	1,8	0,26	0	0	0	1,755	5,95	5,21	1,77	0	0	0	0,04	0,04	0,33	0,19	0,46	5,12
Shea 63b-719,80 smec-16	0,14	7,91	29,24	40,27	1,31	0,17	0,15	0	0	2,045	6	5,13	1,76	0	0,02	0	0,03	0,04	0,25	0,23	0,35	5,13
Moyenne	<mark>0,16</mark>	7,74	30,21	<mark>41,62</mark>	1,86	0,22	0,15	0	0	1,759	6,03	5,15	1,67	0	0,02	0	0,03	0,04	<mark>0,34</mark>	<mark>0,19</mark>	0,45	<mark>5,06</mark>

Tableau 4-8 : Compositions chimiques et formules structurales des smectites dans les échantillons Shea 63B 719,80 m. La formule structurale a été calculée sur une base de 22 oxygènes.

4.8.Interprétation

L'étude de la minéralogie des argiles présentée dans ce chapitre montre une continuité par rapport à l'étude lithologique et stratigraphique. Comme le suggère Collier (2001, 2002), la limite Manitou Falls et Lazenby Lake marque un changement de sédimentation entre les grès basaux et supérieurs du bassin. La distribution des polymorphes (kaolinite-dickite) des minéraux du groupe kaolin montre aussi cette limite. Les grès supérieurs montrent une évolution de la diagénèse conforme à ce qui peut être attendu pour un enfouissement de 4000 à 5000 m de profondeur par la présence de dickite. Par contre les grès de la formation du Manitou Falls sont composés uniquement de kaolinites vermiculaires très ordonnées (forte cristallinité). La préservation de la kaolinite à la base du bassin suggère une anomalie dans les réactions minéralogiques de la diagenèse. De plus les données de composition isotopiques stable indiquent qu'il n'y a pas eu d'échange d'eau dans le système après la diagenèse. Dans les argilites, les kaolinites détritiques montrent aussi un dysfonctionnement de l'évolution diagénétique car la transformation kaolinite/dickite n'est pas complète : elle a gardé des caractéristiques originelles avec une composition riche en fer similaire aux kaolinites du régolithe. La préservation de ces kaolinites est un autre argument de la présence de surpression de fluide à la base du bassin et qui a probablement inhibé les réactions minérales durant la diagenèse.

L'altération hydrothermale dans les grès qui consiste aux remplacements des minéraux kaolins par un assemblage (3) d'illite, de sudoite (figure 4-27) et de dravite montre une distribution particulière par rapport aux kaolinites. Cette altération affecte peu les kaolinites de la partie basale de la formation Manitou Falls C riche en argile, alors que sa partie supérieure est marquée par une forte illitisation. Dans l'ensemble des grès, l'illitisation reste dominante. Néanmoins dans la formation du Manitou Falls de la zone externe du SLC la sudoite est bien développée. La distribution de la dravite montre peu de relation avec l'illite.

Dans le socle, l'altération hydrothermale est marquée par un assemblage (4) illite, sudoite et chlorite trioctaédrique (figure 4-27). Concernant la dravite, elle est présente de manière ponctuelle. L'illite est le minéral argileux dominant bien que la proportion de chlorite varie fortement d'un échantillon à un autre. La distribution des polytypes d'illite montre que le polytype 1Mt est le seul présent dans les roches altérées ; cependant dans les échantillons minéralisés le polytype 1Mc est présent et semble être dominant. Ces observations ne sont pas conformes à ce qui est décrit par Laverret (2002, 2005). Les polytypes d'illite 1Mt et 1Mc peuvent être des marqueurs de la minéralisation contrairement à ce que suggère Cloutier et al. (2010). Dans la formation des chlorites, la sudoite est la première chlorite hydrothermale à se cristalliser et à se former dans des conditions oxydantes. Les clinochlores sont beaucoup plus tardifs et se forment dans des conditions de neutralité des fluides (pH nul) et de diminution de la fugacité en oxygène (Rigault, 2010). Ces fluides rééquilibrés remontent vers le bassin et entrainent la cristallisation de sudoite et d'illite. Globalement l'évolution de l'altération hydrothermale indique un déplacement progressif de la composition chimique des argiles vers le pôle 3R2 qui correspond à une augmentation de la quantité de Mg dans les argiles. Ceci est très probablement la signature de l'influence croissante de la chimie des roches du socle sur la chimie des solutions hydrothermales.



Figure 4-27 : Projection des analyses chimiques ponctuelles des différents minéraux argileux (kaolinite, illite, sudoite, chlorite et smectite) dans un diagramme (MR3+, 2R3+, 3R2+) de Velde (1985). Cim Kaol detri indiff (ciment et kaolinite détritique indifférenciés dans l'analyse), kaol détr (kaolinite détritique), kaol cim (ciment kaolinite) et kaolinite (vermicule de kaolinite). Mu = muscovite, Ka = kaolinite, ill = illite, Fd = feldspath, Ta = talc, chl = Chlorite, Sud = sudoite, Ph = phengite, Ce = celadonite. Composition structurale calculée pour la kaolinite = 14 oxygènes, illite et smectite = 22 oxygènes, sudoite et chlorite = 28 oxygènes.

5. Guides Minéralogiques et Géochimiques de la Minéralisation

5.1.Introduction

Pour les prospecteurs miniers, les minéraux constitutifs du halo d'altération (minéraux argileux et phases associées) constituent des guides d'exploration potentiels des gisements d'uranium associés à une discordance.

Des nombreux travaux déjà réalisés dans le domaine, il a été démontré que :

- la répartition spatiale des minéraux argileux (kaolinite, dickite, illite, sudoite, chlorite trioctaédrique, ...) permet de délimiter l'extension des halos d'altération susceptibles de contenir les gisements d'uranium (Hoeve and Quirt, 1984).
- certains minéraux (les argiles et les phosphate-sulfates d'aluminium hydratés (APS) qui les accompagnent) peuvent enregistrer une signature des conditions dans lesquelles ils se sont formés ou transformés (pression, température, composition chimique, pH, conditions redox...) au sein de leur structure cristalline, leur cristallochimie ou leur texture (Quirt 2001; Beaufort et al. 2005; Laverret et al. 2006, Gaboreau et al., 2005, 2007).

Parmi les diverses voies suggérées ces dernières années pour l'utilisation de guides minéralogiques d'exploration, il convient de citer celle qui concerne le traçage des circulations de fluides minéralisés par la mesure de la concentration en défauts électroniques induits par la radioactivité dans les minéraux argileux et celle qui concerne la mise en évidence de paléo-front redox à partir de la variation cristallochimique des APS associés aux paragenèses argileuses. Dans la suite du document, nous appellerons ces défauts des défauts d'irradiation pour simplifier.

Dans ce chapitre, nous avons utilisé une démarche analytique comparable à celle développée par Morichon et al. (2010) pour l'étude de la concentration en défauts d'irradiation des argiles et à celle de Gaboreau et al. (2005 et 2007) pour l'étude cristallochimique des APS. Ceci afin de définir la potentialité de ces deux guides minéralogiques à proximité des corps minéralisés du gisement de Shea Creek.

Cette étude complète et utilise des résultats de travaux entrepris par Morichon (2008 et 2010) et Beaufort (2008) sur le gisement de Shea Creek. Elle a pour but de mieux cerner l'amplitude des variations de ces deux types de signature minérale et l'extension verticale et latérale des guides minéralogiques des corps minéralisés en uranium.

5.2.Etude de la concentration en défauts d'irradiation des minéraux argileux

5.2.1. Etat de l'art et rappel des travaux récents

Tracer et quantifier la mobilité passée des radioéléments dans la croûte continentale constitueraient une avancée majeure pour la prospection de nouveaux gisements d'uranium. Depuis plus de 30 ans, de nombreux travaux de recherche ont été consacrés à l'effet de l'irradiation sur les minéraux et plus particulièrement à l'étude des défauts électroniques créés par les radiations ionisantes. Le rayonnement qui génère ce type de défauts est essentiellement issu du champ proche des minéraux considérés. Le rayonnement α qui représente plus de 90% des émissions à la source de ces défauts possède un pouvoir de pénétration dans la matière limité à quelques dizaines de microns au maximum (Aitken, 1985). En conséquence, les informations recueillies par les minéraux ayant une taille supérieure à la profondeur maximale de pénétration des rayons α restent circonscrites à leur périphérie, interdisant de ce fait toute approche globale basée sur la minéralogie.

Les minéraux argileux sont de très bons candidats pour l'enregistrement de l'irradiation passée (Allard et al., 2012). Le gros intérêt de ces minéraux repose sur les spécificités suivantes :

- Ce sont les constituants minéraux majeurs des halos d'altération rencontrés autour des gisements d'uranium associés à une discordance.
- Leur site de cristallisation dans les milieux poreux couplés à leur taille inférieure à quelques microns et leur grande surface exposés aux solutions en font de très bons candidats pour l'enregistrement dans la totalité de leur volume des effets de la radioactivité diffuse des radioéléments dissous dans l'espace poral.
- L'analyse quantitative des défauts induits par l'irradiation par RPE a permis de démontrer que certaines espèces tels que la kaolinite par exemple pouvait être considérées comme un bon dosimètre de l'irradiation naturelle (Allard and Muller, 1998).

Les défauts induits par l'irradiation dans les minéraux argileux peuvent être étudiés efficacement par des méthodes de spectrométrie de Résonance Paramagnétique Electronique (RPE). La spectrométrie de RPE permet d'observer l'énergie absorbée par le système lorsque celui-ci est soumis à un fort champ magnétique homogène. Elle se distingue par une grande sensibilité (de l'ordre du ppm atomique), et s'applique aux espèces minérales possédant des électrons célibataires, notamment les défauts ponctuels créés par irradiation, aussi appelés centres paramagnétiques (figure 5-1).



Figure 5-1 : Création d'un défaut paramagnétique décelable par spectrométrie de RPE (Clozel, 1991). Il s'agit ici du centre A de la kaolinite, défaut stable à l'échelle des temps géologiques. La substitution engendre un déséquilibre de charge, qui va être compensé par le départ d'un électron à proximité du site de substitution, à la suite de l'irradiation du minéral. La configuration paramagnétique devient alors observable en spectrométrie de RPE.

Les travaux récents réalisés sur les minéraux argileux du bassin d'Athabasca (Morichon, 2008, Morichon et al., 2010 a et b) ont permis de lever un certain nombre de verrous qui affaiblissaient la faisabilité de l'utilisation des défauts d'irradiation des argiles pour la prospection des gisements associés à une discordance par les apports suivants :

- La démonstration de la persistance des défauts paramagnétiques les plus stables dans des minéraux argileux d'âge méso à paleoprotérozoique (>1.5Ga) ayant été soumis à une température maximale d'environ 200°C durant leur histoire géologique.
- La caractérisation de défauts stables dans les minéraux argileux les plus abondants dans ces environnements (kaolinite-dickite, illite, sudoite) pour lesquels il n'existait à ce jour aucune donnée dans la littérature (figure 5-2).
- La réalité d'une notion de fond régional de concentration en défaut des minéraux argileux à l'échelle du bassin a été démontrée par l'enregistrement de concentrations en défauts beaucoup plus élevées (jusqu'à 4 ordres de grandeur) dans les minéraux argileux des milieux fracturés ou perméables ayant drainé les solutions autour des gisements connus actuellement.



Figure 5-2 : Spectres RPE de référence de la kaolinite, l'illite et la sudoite des gisements d'uranium associés à une discordance. Les composantes g \parallel et g \perp correspondent à la position des spins parallèles et perpendiculaires au champ magnétique (d'après Morichon 2008, 2010).

Les concentrations en défauts sont obtenues à partir des spectres acquis en RPE entre 3135 et 3535 gauss selon la procédure décrite dans la thèse de Morichon (2008). Les concentrations en unité arbitraire sont converties en unité absolue grâce à l'utilisation de la formule de Wertz et Bolton (1986).

La figure 5-3 fait la synthèse des résultats d'une étude extensive de la concentration en défauts paramagnétiques des argiles des roches sédimentaires (grès) et des roches de socle à l'échelle du bassin d'Athabasca (Morichon, 2010).



Figure 5-3 : Variation de la concentration en défauts paramagnétiques des minéraux argileux en fonction de la distance verticale aux discontinuités majeures (discordance, failles et fractures associées...) dans le bassin de l'Athabasca. La zone hachurée représente les valeurs de fond régional (modifiée d'après Morichon et al. (2010).

L'ensemble des argiles des échantillons de forages stériles ont des concentrations en défauts inférieures à 1.8E+18 spins/g. Ceci a permis de déterminer une valeur moyenne de fond régional identique pour l'ensemble du bassin, de l'ordre de 2.7E+17 spins/g.

Les trois espèces minérales argileuses (kaolinite, illite et chlorite) présentent le même type de distribution verticale de leur concentration en défauts de part et d'autre des discontinuités qui ont potentiellement drainé les circulations de fluides (discordance, failles, fractures, brèche, ...).

Globalement, les discontinuités apparaissent comme les axes principaux de circulation des fluides riches en radioéléments (et plus particulièrement en uranium et ses produits de désintégration).

Cependant, à une échelle plus locale, cette méthode permet de distinguer les structures « fertiles » ayant permis la circulation d'une grande quantité d'uranium à l'origine des fortes concentrations en défauts, des structures « stériles » pour lesquelles les concentrations en défauts sont comparables à celles du fond régional du bassin.

Cette notion de structure fertile en termes de migration de radioéléments a des implications évidentes pour la prospection des gisements d'uranium. Elle présente un intérêt particulier pour les gisements profonds, pour lesquels il n'existe pas actuellement d'outils de prospection efficace.

5.2.2. <u>Variation verticale de la concentration en défauts d'irradiation des</u> <u>argiles à l'aplomb des zones minéralisés</u>

La variation verticale de la concentration en défauts d'irradiation des argiles à été réalisée à partir d'une série de 34 échantillons extraits tout au long des forages Shea 114 et Shea 114 qui représentent une section verticale du gisement de Kianna dans sa partie la plus minéralisée (figure 5-4). Les trois types de corps minéralisés distingués à Shea Creek (minéralisation perchée, minéralisation à la discordance et minéralisation enfouie dans le socle) ont été recoupés par ces forages. 22 échantillons sont répartis à intervalle régulier dans les 714 mètres de formations gréseuses qui recouvrent la discordance basale et 12 échantillons ont été sélectionnés dans les 230m de socle altéré qui a été sondé sous la discordance.



Figure 5-4 : Coupe géologique du gisement de Kianna représentant l'implantation des forages Shea 114 (seule la base du forage est représentée) et Shea 114-11.

Les minéraux argileux qui ont été analysés par RPE sont essentiellement constitués d'un mélange de kaolinite/dickite et illite dans l'ensemble des échantillons du bassin et d'un mélange illite-sudoite dans les échantillons de socle altéré (voir tableau 4-1).



Des exemples de spectres RPE riches en kaolinite et en illite sont présentés figure 5-5.

Figure 5-5 : Exemple de spectres RPE de fractions argileuses à dominante de kaolinite et d'illite provenant d'échantillons de grès du forage Shea 114-11 (les spectres ont été obtenus en bande X et à température ambiante).

Les principaux résultats de cette étude sont résumés dans le tableau 5-1 qui, pour chaque échantillon, récapitule la profondeur, la concentration en défaut d'irradiation mesurée en RPE sur la fraction argileuse, les teneurs des échantillons en radio-éléments (U, Th et K), le débit de dose pour chacun de ces éléments et le débit de dose total généré.

Le principe de calcul du débit de dose repose sur l'hypothèse d'un système géologique clos, ce qui permet d'envisager les teneurs actuelles en uranium (U), thorium (Th) et potassium (K) comme résultant de la désintégration des radioéléments qui se trouvaient dans la roche depuis sa formation. Ces teneurs en radioéléments, exprimées en ppm et en pourcentage, peuvent être converties en débits de dose, qui s'exprime en mGy/ka (milligray pour 1000 ans). On suppose pour ce faire, un milieu infini où les radioéléments sont dispersés de manière homogène, et à l'équilibre séculaire pour les chaînes de désintégration de U et Th (Aitken, 1985).

Pour la désintégration de l'uranium naturel, le débit de dose est de 3040,25 mGy/ka pour 1 ppm ; pour la désintégration de ²³²Th en ²⁰⁸Pb, le débit de dose est 812,72 mGy/ka pour 1 ppm. Enfin, pour la désintégration de ⁴⁰K, le débit de dose est de 1071 mGy/ka pour 1% de K. Pour chaque échantillon, chaque teneur en uranium est multipliée par le débit de dose total de l'uranium naturel, afin d'obtenir le débit de dose de l'échantillon. Il en est de même pour ce qui concerne le thorium et le potassium.

Drill-hole	Depth (m)	Defect concentration (spins/g)	U content (ppm)	Th content (ppm)	K content (%)	Dose rate U	Dose rate Th	Dose rate K	Total dose rate
She114	44	2,39392E+15	0,293	1,254	0,06	891	1019	64	1974
She114	72	3,3186E+15	0,399	1,594	0,07	1213	1295	75	2584
She114	106	3,24439E+15	0,342	1,474	0,1	1040	1198	107	2345
She114	139	5,37446E+16	0,333	2,049	0,17	1012	1665	182	2860
She114	170	6,75324E+15	0,593	2,024	0,09	1803	1645	96	3544
She114	204	2,34809E+16	0,712	2,684	0,22	2165	2181	236	4582
She114	232	1,43501E+16	0,819	3,332	0,17	2490	2708	182	5380
She114	262	3,84615E+16	2,102	5,462	0,27	6391	4439	289	11119
She114	330	4,33165E+15	0,717	3,205	0,17	2180	2605	182	4967
She114	361	3,99718E+16	0,76	3,601	0,76	2311	2927	814	6051
She114	394	1,22841E+16	0,461	1,386	0,06	1402	1126	64	2592
She114	460	3,07819E+16	1,007	4,109	0,56	3062	3339	600	7001
She114	496	2,05346E+16	0,619	1,654	0,47	1882	1344	503	3730
She114	529	5,02414E+15	0,566	1,715	0,14	1721	1394	150	3265
She114	560	5,60057E+16	1,005	1,186	0,26	3055	964	278	4298
She114	581	3,77416E+15	1,337	1,717	0,15	4065	1395	161	5621
She114	599	1,53575E+16	1,004	1,461	0,07	3052	1187	75	4315
She114	630	7,69562E+16	27,44	3,174	0,27	83424	22301	3399	109125
She114-11	668	3,82818E+18	72,35	6,349	0,44	219962	5160	471	225593
She114-11	677,8	7,70343E+18	68,84	1,543	0,1	209291	1254	107	210652
She114-11	701,45	1,06508E+19	127,7	31,94	0,29	388240	25958	311	414509
She114-11	707,1	6,92137E+18	173,1	26,71	0,15	526267	21708	161	548136
She114-11	722,5	1,63758E+18	28,17	18,53	1,59	85644	15060	1703	102406
She114-11	744,9	1,09871E+19	4,507	32,76	5,33	13702	26625	5708	46036
She114-11	761,3	6,42227E+18	607,9	252,6	2,24	1848168	205293	2399	2055860
She114-11	791	8,91676E+18	39,35	228,7	2,94	119634	185869	3149	308652
She114-11	801,45	1,97101E+19	4,832	2,318	5,25	14690	1884	5623	22197
She114-11	818,15	2,4358E+18	7,518	4,003	5,25	22857	3253	5623	31733
She114-11	833,4	1,61723E+18	510,5	20,38	5,1	1552048	16563	5462	1574073
She114-11	844,5	1,03951E+18	9,111	108,6	6,27	27700	88261	6715	122676
She114-11	855,5	8,9957E+18	245,2	283,9	7,16	745469	230731	7668	983869
She114-11	894,35	3,92381E+18	53,62	79,79	4,19	163018	64847	4487	232353
She114-11	909,65	6,9865E+18	46,73	359,3	6,65	142071	292010	7122	441203
She114-11	929,1	1,85674E+18	2,987	5,901	3,03	9081	4796	3245	17122

Tableau 5-1 : Concentration en défauts d'irradiation des minéraux argileux mesurée par RPE, concentration actuelle de la roche en éléments radioactifs et estimation du débit de dose correspondant dans les formations gréseuses du bassin et des roches altérées du socle recoupées par les forages Shea 114 et Shea 114-11 de part et d'autre de la discordance. Les données surlignées en gris correspondent aux échantillons prélevés dans le socle.

L'analyse par spectrométrie RPE révèle les signaux des défauts d'irradiation les plus stables (centre A) dans tous les échantillons étudiés des forages Shea 114 et 114-11 quelque soit l'espèce argileuse dominante, l'unité stratigraphique considérée ou la distance de l'échantillon à la minéralisation. Les spectres montrent une symétrie axiale et des composantes principales (i.e. $g_{//}$ and g_{\perp}) caractéristiques des défauts de type centre A de la kaolinite ($g_{//} = 2.049$ and $g_{\perp} = 2.003$) et de l'illite ($g_{//} = 2.051$ et $g_{\perp} = 2.003$). Globalement, la concentration totale des défauts d'irradiation dans l'illite et la kaolinite tend à augmenter de la surface vers la profondeur (tableau 5-2) avec une large gamme de variation qui dépasse trois ordres de grandeur (de 2.4^{E+15} to 1.1^{E+19} spins/g) (Morichon et al., 2008, 2010).

Il est possible de distinguer quatre zones (figure 5-6) sur la base de la concentration moyenne en défaut des argiles :

- La zone la plus superficielle (0 110m) est caractérisée par les concentrations en défauts relativement constantes correspondant aux valeurs les plus faibles mesurées dans les sondages (<3.4^{E+15} spins/g). Ces argiles proviennent de grès issus de la formation Locker Lake et du sommet de la formation qui contiennent environ 1.5% d'argile normative et dont la porosité primaire a été fortement cimentée par la formation de surcroissances de quartz secondaire au cours de la diagenèse d'enfouissement.
- La zone intermédiaire (110 630m) se caractérise par des concentrations en défauts plus élevées et nettement plus variables que dans la zone superficielle. Même si la concentration maximale a été notée à la base, il apparaît que la variation globale de concentration (de 3.8^{E+15} à 7.7^{E+16}spins/g) n'est pas corrélée à la profondeur. Il semble bien que ces variations soient d'ordre diagénétique. En effet les observations pétrographiques et les calculs normatifs démontrent que les concentrations les plus basses (i.e., inférieures à 1^{E+16}spins/g) correspondent systématiquement aux échantillons pauvres en argiles qui sont soit les plus cimentés par les surcroissances de quartz diagénétique (Shea 114 170.30 m et Shea 114 330 m), soit les plus affectés par les figures de forte compaction (Shea 114 529 m and Shea 114 581 m) (tableau 5-2).
- La zone la plus profonde du bassin (630 714 m) se caractérise par des concentrations en défaut plus élevées (3.8^{E+18} à 1.1^{E+19}spins/g) que dans les deux zones sus-jacentes. Cette zone profonde correspond à la formation MFc qui contient deux corps minéralisés recoupés à 678- 692m et 710-713m respectivement. Cette zone diffère des précédentes par sa richesse en argiles (kaolinite et illite) et par l'absence de figure de compaction des grains de quartz détritiques.
- La zone sous la discordance dans laquelle les argiles (illite et sudoite) des roches du socle fortement bréchifiées et altérées ont des concentrations en défaut très élevées (1^{E+18} à 2^{E+19}spins/g), qui sont proches de celles mesurées dans la formation MFc sus-jacente. Les variations de concentration en défauts d'irradiation observées dans cette zone ne sont pas corrélées avec la profondeur ou la proximité des corps minéralisés identifiés.



Figure 5-6 : Variation verticale de la concentration en défauts d'irradiation des argiles à l'aplomb du gisement de Kianna.

Par ailleurs, la projection de la concentration en défauts d'irradiation des argiles en fonction du débit de dose actuel généré par la concentration en radioéléments liée aux chaines de désintégration de l'uranium et du thorium ainsi qu'au potassium (figure 5-7) permet une distinction entre les argiles irradiées du bassin et celles du socle :

- Dans le bassin, la variation des concentrations en défauts d'irradiation est de plus de 3 ordres de grandeur dans les argiles et celle-ci est bien corrélée avec l'augmentation du débit de dose actuel de la roche (essentiellement liée à l'augmentation de la teneur en uranium).
- Dans les échantillons du socle, la concentration en défauts d'irradiation des argiles est globalement plus élevée. Cependant elle ne varie que d'un ordre de grandeur et de manière totalement indépendante de la variation du débit de dose dont l'amplitude est de l'ordre de 3 ordres de grandeur.



Figure 5-7 : Projection de la concentration en défauts d'irradiation des argiles mesurée par RPE en fonction du débit de dose des échantillons analysés. Les cercles rouges représentent les données des échantillons de grès du bassin et les cercles blancs ceux du socle.

5.2.3. <u>Variation latérale de la concentration en défauts d'irradiation des</u> <u>argiles</u>

La variation latérale de la concentration en défauts d'irradiation a été entreprise sur la base d'une étude comparative entre des échantillons issus de forages recoupant la minéralisation à l'aplomb de la structure SLC et des échantillons de roches équivalentes provenant de forages stériles implantés hors de la structure minéralisée. L'étude de la variation latérale a été focalisée dans la formation MFc située à la base du bassin et sur les roches de socle situées en dessous de la discordance qui correspondent aux zones situées de part et d'autre de la discordance où ont été mesurés les plus forts taux d'irradiation des argiles dans le gisement de Kianna.

L'étude a porté sur une série de 18 échantillons provenant des forages hydrogéologiques stériles Hyd 07-03 et Hyd 07-05 qui se situent à quelques centaines de mètres à l'ouest des gisements de Kianna et Anne respectivement et sur 37 échantillons de forages minéralisés du secteur de Kianna qui sont venus compléter les échantillons des forages Shea 114 et Shea 114-11.

Cette étude est inachevée du fait de problèmes techniques qui ne nous ont pas permis de calculer la concentration en défauts à partir des spectres RPE enregistrés (problème de conversion de fichiers informatiques). Cependant des informations qualitatives peuvent être obtenues par l'analyse comparative de l'intensité des spectres RPE normalisés à une même quantité d'argile (figure 5-8).



Figure 5-8 : Comparaison des spectres RPE des argiles des forages Hyd 07-03 et Hyd 07-05 avec ceux obtenus dans les forages de Kianna (Shea 114-8, Shea 114-9 et Shea 118-1). A et C : spectres des argiles de grès de la formation MFc. B et D : spectres des argiles du socle.

Les principaux résultats sont les suivants :

- L'ensemble des spectres RPE des argiles de la formation Manitou Falls recoupée par les forages Hyd 07-03 (de 583 à 660 m) et Hyd 07-05 (de 653 à 708 m) ont des intensités 15 à 20 fois plus faibles que celles des spectres obtenus dans des niveaux équivalents du gisement de Kianna (figure 5-8 : 6 A et B).
- Les spectres RPE des argiles du socle recoupé par le sondage Hyd 07-05 ont une intensité extrêmement faible comparée à celle mesurée dans les sondages minéralisés de Kianna (figure 5-8 : 6 C et D). Seuls les argiles situées à la discordance présentent un taux d'irradiation plus élevé (mais beaucoup plus faible qu'à Kianna).

L'ensemble de ces résultats suggère une forte atténuation du taux d'irradiation des argiles de part et d'autre de la discordance, dans les forages situés quelques centaines de mètres à l'ouest des gisements de Kianna et Anne.

Bien qu'il soit difficile d'établir une comparaison précise faute de données quantitatives, l'intensité des spectres RPE acquis dans les deux forages stériles Hyd 07-05 et Hyd 07-03 semble très proches de celles des spectres qui ont été obtenus dans les secteurs définis par Morichon (2008) comme représentatifs du « fond régional ». En effet, l'étude des échantillons d'un sondage de Rumpel Lake, Erica 1, Car 114 et Golden Eagle, zones stériles où aucune minéralisation n'a été observée, montre que les concentrations en défauts d'irradiation sont globalement situées entre 3 ^{E+15} et 4 ^{E+17} spin/g, gamme de valeurs de concentration de défauts qui est la plus faible observée dans des gisements de type discordance et considérée comme les valeurs du front régional.

5.2.4. En conclusion

Plusieurs points essentiels se dégagent de cette étude des défauts d'irradiation.

Au niveau de la structure minéralisée (SLC), les concentrations en défauts d'irradiation des argiles sont très élevées de part et d'autre de la discordance (les valeurs sont de 1000 à 10000 fois supérieures à celles des argiles du fond régional).

Au dessus de la discordance, les fortes teneurs en défauts sont limitées aux grès de la formation MFc dont l'épaisseur est de l'ordre de la centaine de mètres. La concentration en défauts est indépendante du taux d'altération. Ainsi, de très forts taux sont mesurés dans les kaolinites diagénétiques des grès pas ou très peu altérés (illitisation, sudoitisation). La concentration moyenne en défaut est du même niveau que celle mesurée dans les argiles du socle sous-jacent.

La bonne corrélation qui existe entre la concentration en défauts et le débit de dose des roches situées au dessus du gisement de Kianna est un argument fort pour un comportement de ces roches en système clos vis-à-vis des transferts de radioéléments.

Enfin, le taux d'irradiation des argiles de la formation MFc décroît très fortement lorsque l'on s'éloigne de quelques centaines de mètres à l'ouest de la structure minéralisée.

Dans le socle, Les concentrations en défaut des argiles des roches de la structure minéralisée qui sont toutes très fracturées et très altérées (illitisées et chloritisées), sont partout très élevées. A l'inverse, les concentrations en défaut sont très faibles dans les roches du socle non fracturé et très peu altéré qui se situent à quelques centaines de mètres à l'ouest de la structure minéralisée.

Enfin, contrairement à ce qui avait été noté pour la formation MFc, on remarque un fort découplage entre la concentration en défauts et le débit de dose dans le socle du gisement de Kianna. Ceci est un argument fort pour un comportement de ces roches fracturées et altérées en système très ouvert vis-à-vis des transferts de radioéléments dans le passé.

5.3.Etude cristallochimique des APS

5.3.1. Rappel des travaux précédents

Les phosphates-sulfates d'aluminium hydratés (APS) constituent un ensemble de minéraux dont la formule chimique idéale est du type $AB_3(XO_4)_2(OH)_6$, dans laquelle *A*, *B*, et X représentent les trois sites cristallographiques différents. Le site A de coordinance 12 est occupé par des cations monovalents (H₃O, K, Na, Rb, NH₄, Ag, Tl, *etc.*), divalents (Ca, Sr, Ba, Pb, *etc.*), trivalents (Bi, LREE) et, plus rarement tétravalents (Th); Le site B de coordinance 6 est occupé par Al³⁺ et Fe³⁺; et le site X de coordinance 4 est principalement occupé par S⁶⁺, P⁵⁺, et As⁵⁺ (Gaboreau et al., 2005 et 2007).

Malgré leur faible abondance, les APS jouent un rôle majeur sur le comportement géochimique de nombreux éléments majeurs ou traces à fort impact environnemental tel que le phosphore, le strontium, les éléments traces métalliques ou encore les lanthanides. C'est notamment le cas dans les contextes géologiques des gisements d'uranium associés à une discordance paléoprotérozoïque.

La présence des APS dans les halos d'altération des gisements d'uranium associés à une discordance est connue depuis longtemps (<u>Hoeve and Sibbald, 1978;</u> Wilson, 1984; <u>Hoeve and Quirt, 1984;</u> Quirt et al., 1991). Mais ce n'est que récemment que les minéralogistes ont établi une relation entre la cristallochimie de ces minéraux et leurs conditions de formation telles que pH, Eh et autres activités en éléments chimiques (Beaufort et al., 2006; Gaboreau et al., 2005 et 2007). Ces travaux ont démontré que les APS des gisements d'uranium canadiens (bassin d'Athabasca) et australiens (bassin de Kombolgie) ont les mêmes propriétés cristallochimiques et présentent le même type de variation chimique en fonction de la distance de leur site de cristallisation aux corps minéralisés (Gaboreau et al., 2005 et 2007).

A proximité des gisements canadiens et australiens la composition chimique des APS s'interprète en solutions solides complexes comprenant plusieurs pôles minéralogiques qui incluent la svanbergite $(SrAl_3(PO_4,SO_4)(OH)_6)$, la woodhouseite $(CaAl_3(PO_4,SO_4)(OH)_6)$, la goyazite $(SrAl_3 [PO_3 • (O_{0.5}(OH)_{0.5})]_2 (OH)_6)$, la crandallite $(CaAl_3 [PO_3 • (O_{0.5}(OH)_{0.5})]_2 (OH)_6)$ et la florencite (LREEAl_3(PO_4)_2(OH)_6). Cependant, les travaux de Gaboreau et al. (2005 et 2007) ont montré que les changements de composition des APS en fonction de leur distance aux corps minéralisés impliquent essentiellement les pôles svanbergite et florencite (figure 5-9). Les APS les plus éloignés des zones minéralisées sont proches du pôle svanbergite-goyazite (pôle riche en Sr et S). La composition des APS s'enrichie progressivement en terre rares légères et phosphore pour approcher le pôle pur florencite à proximité immédiate des minéralisations de socle. Le pôle svanbergite représente les APS formés dans les conditions acides et oxydantes des fluides du bassin en fin de diagenèse d'enfouissement. Le pôle florencite représente les APS formés à partir de solutions plus neutres et plus réductrices correspondant très probablement à des fluides dérivés de l'interaction entre le fluide diagénétique et les roches métamorphiques responsables de l'altération du socle.


Figure 5-9 : Variation de la composition des APS du bassin d'Athabasca dans un diagramme ternaire S-Sr-LREE en fonction de leur distance aux gisements d'uranium (Gaboreau et al, 2005).

L'étude de la stabilité thermodynamique de ces minéraux (Gaboreau, 2005) indique que la transition svanbergite-florencite peut être considérée comme un bon indicateur de la variation de la fugacité en oxygène du milieu (le redox), un paramètre bien connu pour exercer également un rôle majeur sur la stabilité des phases uranifères (figure 5-10). Cette transition est favorisée par la diminution du paramètre Eh et l'augmentation plus faible du pH (figure 5-11), favorisant ainsi la réduction de l'uranium en solution et sa précipitation sous forme d'uraninite (UO₂) (Gaboreau et al., 2005 et 2007).



Figure 5-10 : Variation du domaine de stabilité des APS en fonction des paramètres pH et Log f02. La flèche symbolise l'évolution du domaine de stabilité lors de la transition svanbergite-florencite (d'après Gaboreauet al, 2005).



Figure 5-11 : Variation conjuguée des paramètres chimiques \sum REE et P/S des APS en fonction de la diminution de la fugacité en oxygène du milieu (d'après Gaboreau et al, 2007).

5.3.2. <u>Variation verticale de la composition des APS à l'aplomb des zones</u> <u>minéralisées</u>

La variation verticale de la composition des APS à l'aplomb des zones minéralisées a été réalisée sur la même série d'échantillons que celle étudiée pour les défauts d'irradiation (i.e. sondages Shea 144 et Shea 114-11) et complétée par d'autres échantillons de grès, d'argilite et d'intraclaste argileux. La composition chimique de ces APS est présentée en tableau 5-2. Conformément aux travaux antérieurs, la variation de composition des APS concerne principalement les proportions relatives des pôles svanbergite et florencite comme l'illustre la projection des concentrations atomiques Sr + Ca vs LREE dans la figure 5-12. Globalement, depuis la surface jusqu'à la base du socle altéré atteinte par les sondages les plus profonds, la concentration en terres rares légères dans le site A des APS (i.e. la teneur en pôle florencite) varie de 0 à 60%.

Echantillons \ éléments	AI2O3	P2O5	SO2	CaO	SrO	La	Ce	Pr	Nd	Th
SHEA 114-11 668 m	39,11	26,61	6,29	2,52	13,14	2,96	6,54	0,51	2,29	0,04
SHEA 114-11 668 m	35,38	28,48	7,30	2,59	13,73	2,92	6,05	0,55	2,09	0,91
SHEA 114-11 668 m	35,51	29,27	5,51	2,58	11,92	3,58	7,08	0,79	2,84	0,93
SHEA 114-11 677 m	37,46	29,68	3,33	2,45	10,96	4,69	8,08	0,63	2,01	0,70
SHEA 114-11 677 m	36,71	29,99	4,94	2,59	10,74	3,97	7,39	0,73	2,10	0,84
SHEA 114-11 677 m	36,69	30,13	3,46	2,28	8,81	5,27	9,04	0,90	2,58	0,84
SHEA 114-11 701 m	36,59	32,34	3,34	1,68	6,36	5,55	10,31	0,88	2,66	0,30
SHEA 114-11 701 m	36,72	30,62	4,43	2,58	8,46	4,28	7,76	0,93	3,14	1,09
SHEA 114-11 701 m	35,97	31,52	3,49	2,23	7,04	5,36	9,68	0,89	2,92	0,91
SHEA 114-11 707 m	35,68	28,60	7,97	2,18	15,92	2,13	4,53	0,55	1,81	0,64
SHEA 114-11 707 m	35,72	30,03	6,15	2,35	11,09	3,91	6,91	0,79	2,57	0,47
SHEA 114-11 707 m	35,80	31,49	4,14	2,07	7,56	5,24	9,60	0,98	2,88	0,25
SHEA 114-11 757 m	33,60	30,24	1,87	3,71	4,76	7,33	12,87	1,01	2,75	1,85
SHEA 114-11 757 m	32,41	29,91	1,24	3,89	5,77	7,83	13,19	0,98	2,53	2,26
SHEA 114-11 757 m	33,96	29,46	1,62	2,83	6,28	8,10	13,32	1,00	2,15	1,28
SHEA 114-11 761 m	36,00	32,53	1,78	3,94	5,56	5,69	9,58	0,87	3,32	0,73
SHEA 114-11 761 m	34,25	31,09	2,69	4,54	6,60	5,63	9,21	0,96	3,49	1,53
SHEA 114-11 761 m	36,36	29,99	2,54	1,99	7,49	6,61	10,57	0,84	3,11	0,48
SHEA 114-11 779 m	34,82	31,29	2,32	3,24	9,04	6,83	9,05	0,74	1,83	0,84
SHEA 114-11 779 m	34,14	30,33	2,45	3,40	8,38	6,09	10,44	0,97	2,66	1,12
SHEA 114-11 779 m	34,19	31,23	2,38	3,62	7,95	7,02	9,60	0,87	2,45	0,69
SHEA 114-11 791 m	36,11	29,96	2,15	3,49	6,43	5,69	10,32	0,76	2,35	2,73
SHEA 114-11 791 m	36,19	31,07	3,58	4,72	9,71	2,93	6,01	0,67	2,55	2,55
SHEA 114-11 791 m	36,46	31,41	1,90	3,32	4,73	6,25	11,68	0,96	2,40	0,89
SHEA 114-11 801 m	36,53	34,71	2,40	4,86	7,43	3,38	6,83	0,50	2,98	0,39
SHEA 114-11 801 m	36,16	33,23	3,69	5,20	9,21	3,41	6,47	0,55	1,75	0,33
SHEA 114-11 801 m	35,98	33,59	3,13	6,16	8,17	2,86	6,39	0,72	2,34	0,67
SHEA 114-11 818 m	39,60	31,90	2,05	4,33	5,40	4,16	9,02	0,92	2,62	0,00
SHEA 114-11 818 m	39,19	30,10	2,57	1,94	5,40	4,59	10,85	1,16	4,21	0,00
SHEA 114-11 844 M	35,79	30,72	2,41	3,85	7,18	4,13	8,89	1,01	4,20	1,83
SHEA 114-11 044 III	35,00	31,95	4,01	4,91	11,00	3,39	7,41	0,50	1,39	1,32
SHEA 114-11 894 m	37,35	20,19	4,09	3,27	7 76	3,97	8.44	0,62	2 /3	1,71
SHEA 114-11 894 m	39,01	20,70	1,31	4,73	7,70	3,09	8.03	0,00	2,43	3,10
SHEA 11/-11 89/ m	39,00	20,00	2 22	2,37	7,45	5,75	11 /13	1.00	3.05	0.13
SHEA 114-11 909 m	39.26	28,80	1 51	4 42	7 22	3,77	8 69	0.96	3,05	2 13
SHEA 114-11 909 m	37 55	29,00	1 40	4.36	6.96	3 96	9.53	1 02	3 67	2,10
SHEA 114-11 909 m	38.21	30.28	0.92	3.08	5.82	5.96	11.85	0.78	2.23	0.87
Shea 118-4 4 712 m	36.76	28 20	3 53	2 71	9.98	4.31	7 74	0.76	2,20	1 25
Shea 118-4 4 712 m	43.14	22.38	4.86	3.01	11.59	3.52	5.96	0.83	2.20	0.82
Shea 118-4 4 712 m	39.55	25.69	3.94	2.68	9.68	4.60	7.13	0.83	2.88	1.06
Hvd 07 01 intr 627 m	40.03	27.06	3.72	2.89	10.34	4.18	7.25	0.65	2.66	0.18
Hvd 07 01 intr 627 m	36.61	29.89	3.72	2.75	10.44	4.20	7.86	0.63	3.06	0.11
Hyd 07 01 intr 627 m	36,49	29,30	3,64	3,00	10,62	4,45	7,64	0,65	3,17	0,18
hyd 07 05 660 m grès	40,07	30,85	3,72	1,95	12,96	2,13	5,16	0,19	2,60	0,12
hyd 07 05 660 m grès	36,57	32,80	3,11	1,84	12,83	2,38	6,84	0,49	2,63	0,02
hyd 07 05 660 m grès	41,95	27,87	4,05	2,18	14,80	2,02	4,26	0,34	2,23	0,09
hyd 07 05 660 m grès	34,64	32,60	4,24	2,06	14,72	2,17	6,38	0,47	2,23	0,08
hyd 07 05 660 m grès	39,11	31,41	3,37	2,11	13,03	2,17	5,66	0,36	2,21	0,19
hyd 07 05 660 m grès	40,06	29,93	3,73	1,96	12,48	2,33	6,40	0,39	2,33	0,12
hyd 07 05 660 m grès	41,40	28,71	3,90	2,33	11,92	2,51	5,50	0,38	2,20	0,27
hyd 07 05 660 m grès	42,48	28,30	3,75	2,21	13,34	2,17	5,26	0,32	1,80	0,08
hyd 07 05 660 m grès	34,33	31,93	2,95	3,23	14,13	2,94	5,63	0,26	1,82	0,54
hyd 07 05 660 m grès	36,99	31,86	3,92	2,61	12,71	2,31	5,75	0,40	2,24	0,28
hyd 07 05 660 m arg	40,67	25,76	7,10	2,15	16,86	1,36	3,01	0,28	1,49	0,48
hyd 07 05 660 m arg	41,52	24,53	5,67	3,01	16,84	1,56	2,78	0,23	1,94	0,68
hyd 07 05 660 m arg	36,82	31,65	3,91	3,11	14,40	2,13	3,85	0,30	2,06	0,58
hyd 07 05 660 m arg	35,56	31,95	4,78	2,93	15,05	1,84	3,93	0,27	1,88	0,62
Shea 22 667 m Arg	40,58	27,43	4,58	2,83	14,65	1,92	3,72	0,28	1,52	0,53
Shea 22 667 m Arg	40,35	26,54	6,30	2,88	15,94	1,60	3,31	0,26	1,20	0,38
Shea 22 667 m Arg	39,26	28,09	5,51	2,86	16,10	1,65	3,10	0,18	1,37	0,57
Shea 22 667 m Arg	41,97	27,59	3,84	2,45	13,34	2,63	4,34	0,54	1,80	0,35

Tableau 5-2 : Composition chimique des APS analysés dans les grès, les argilites, les intraclastes et dans le socle du bassin de l'Athabasca (Arg : argilite, intr : intraclaste).



Figure 5-12 : Diagramme de la composition en LREE (LREE/LREE+Sr+Ca) et Sr+Ca (Sr+Ca/LREE+Sr+Ca) dans les échantillons de grès, argilites et du socle dans les sondages Shea 114-11 et Shea 118-4 à Kianna (A) et Hyd 07-05, 01 et Shea 22 (B).

Cette variation de composition chimique caractérise une transition svanbergite-florencite qui s'opère avec la profondeur et qui est particulièrement bien exprimée dans les 714 m de la colonne sédimentaire recoupée par les forages She 114 et She 114-11 (figure 5-13).



Figure 5-13 : Variation verticale des teneurs en LREE (LREE/LREE+Sr+Ca) des APS dans les sondages Shea 114 et Shea 114-11. Les différentes zones minéralisées sont localisées en rose.

La variation de la teneur en terres rares légères des APS en fonction de la profondeur indique qu'en dépit de variations inter et intra cristallines qui existent au sein des échantillons, la composition chimique moyenne des APS reste constante dans les premiers 550 m de grès. La chimie des APS est dominée par la svanbergite et la teneur moyenne en florencite reste stable vers 10 % (ratio LREE/LREE+Sr+Ca). Plus en profondeur (de 560 m à 714 m), la teneur en florencite augmente régulièrement de 20 % (à 150 m au dessus de la

discordance) jusqu'à plus de 50% de part et d'autre de la minéralisation perchée situé à environ 30 m au dessus de la discordance.

La composition chimique des APS analysés dans le socle altéré est caractérisée par des teneurs en florencite qui varient de 20 à 70 % environ (ratio LREE/LREE+Sr+Ca) selon les analyses avec une teneur moyenne (45%) du même ordre que celle des APS des grès à la base de la formation Manitou Falls (MFc). Les APS du socle se distinguent cependant par une plus forte variabilité intra et inter-minérale qui peut s'expliquer par le caractère zoné de la plupart des APS observés dans ces roches (figure 5-14).



5-14 : Détail des zonations chimiques des APS à proximité de la minéralisation du socle. L'augmentation de la brillance observée en périphérie des cristaux est liée à l'augmentation de leur teneur en terres rares légères. Ces images MEB ont été réalisées en mode électron rétrodiffusé. A: échantillon Shea 114-11 844m. B: échantillon Shea 114-11 855m (Beaufort, 2009).

D'une manière générale, les analyses les plus pauvres en florencite caractérisent le cœur des cristaux (donc les premiers stades de croissance) et les plus élevées en florencite caractérisent la périphérie des cristaux (donc les derniers stades de cristallisation). Il est à noter que cette variabilité chimique semble être maximale de part et d'autre de la minéralisation contenue dans le socle.

5.3.3. Variation latérale de la composition des APS

Il n'a pas été noté de variation latérale significative de la composition des APS dans la formation Manitou Falls C en s'éloignant de la structure minéralisée de Kianna. La teneur en florencite des APS varie entre 10 et 40% (ratio LREE/LREE+Sr+Ca) et les compositions les plus pauvres en florencite (10%) caractérisent les argilites et grès fins (Hyd 07-05 660 m et Shea 22 667 m) très riches en kaolinite (détritiques et diagénétiques) et dickite qui ont été préservés de l'altération hydrothermale (illitisation) (figure 5-15). Il est à noter que dans les grès altérés (Hyd 07-05 660 m grès) en contact avec l'argilite, l'illitisation des kaolins est importante et la teneur en florencite des APS augmente sensiblement (20 à 30%). Dans l'échantillon d'intraclaste d'argile (Hyd 07-01 627 m) dont l'altération hydrothermale est partiellement développée et marquée uniquement par la dravite, la teneur en florencite est de l'ordre de 40 %. L'échantillon Shea 118-4 712 m localisé dans la zone minéralisée de Kianna montre des valeurs identiques à celles du sondage Shea 114-11 pour des profondeurs similaires entre 30 et 40 % en florencite. Enfin, il n'a pas été observé d'APS dans les échantillons de roches fraîches du socle des sondages situés à l'extérieur de la zone altérée.



Figure 5-15 : Variation verticale des teneurs en LREE des APS de la formation Manitou Falls de Kianna et hors de la structure minéralisée.

5.3.4. Rapport entre APS et minéraux argileux

La composition des APS dans les grés dépend de la lithologie des grès et de l'intensité de l'altération hydrothermale. Dans les formations peu ou pas altérées les plus éloignées de la minéralisation la composition des APS est riche en svanbergite (Gaboreau, 2005), cette évidence s'observe aussi dans les grès les moins altérés (figure 5-9).



Figure 5-16 : Variation de la composition des APS dans un diagramme ternaire S-Sr-LREE dans les grès, argilites et grès fins, intraclaste d'argile de la formation Manitou Falls et dans les roches altérées du socle.

Dans la formation Manitou Falls (figure 5-16), les grès fins et argilites non altérés indiquent une réelle composition de type svanbergite. Dans les grès argileux supérieurs complètement illitisés où parfois s'intercalent ces argilites, l'enrichissement en florencite est faible (Hyd 07-01 660 m et Shea 114-11 668 m). L'enrichissement en florencite est beaucoup plus important dans le niveau argileux inférieur riche en kaolinite et peu affecté par l'altération hydrothermale (Shea 114-11 677 m, 701 m et 707 m et Shea 118-4 712),. Ces différentes observations tendent à montrer une relation entre les minéraux argileux et l'enrichissement en florencite dans les grès et potentiellement la diagénèse. Dans le socle, les APS du halo d'altération ont un enrichissement en florencite beaucoup plus prononcé.

5.3.5. En conclusion

Plusieurs points essentiels se dégagent de l'étude cristallochimique des APS du district de Shea Creek. Au dessus de la formation Manitou Falls, les APS rencontrés dans les formations stratigraphiques situées à l'aplomb de la minéralisation ont une composition proche du pôle svanbergite/goyazite. Une telle composition est représentative d'une cristallisation en conditions acides et oxydantes compatibles avec les compositions de fluides diagénétiques de fond de bassin (Raffensperger and Garven 1995 ; Komininou et Sverjensky, 1996).

L'enrichissement progressif en pôle florencite à partir de 150 m environ au dessus de la discordance est un indicateur de cristallisation en conditions de plus en plus réductrices (Gaboreau et al., 2005, 2007). De telles conditions sont très probablement à rechercher dans des remontées de fluides plus réducteurs et plus neutres acquises durant les processus d'altération largement développés dans le socle. Conformément au modèle génétique diagénétique-hydrothermal, ce sont ces fluides qui sont les vecteurs du transport des éléments chimiques (K, Mg, B) nécessaires à la formation des minéraux hydrothermaux dans les grès (Kister et al., 2006). La présence d'APS précoces riches en svanbergite dans les niveaux d'argilite de la formation Manitou Falls C qui n'ont pa été affectés par l'altération hydrothermale et la présence systématique d'une transition svanbergite-florencite exprimée par la zonation chimique des cristaux d'APS dans les zones altérées du socle sont en accord avec une évolution générale des fluides vers des conditions plus réductrices au cours du temps. Il est cependant à noter que dans les grès riches en kaolinite détritique qui surplombent la discordance, les APS sont enrichis en florencite bien qu'ils ne montrent pas de zonation. Quoi qu'il en soit, la présence systématique d'APS riches en florencite à proximité des corps minéralisés démontrent que ces minéraux sont de bons traceurs de la réduction des fluides au cours du déroulement des processus d'altération ayant conduit à la formation des corps minéralisés.

5.4. Signature géochimique de la formation basale du bassin (MFc)

5.4.1. Introduction

Les données de pétrologie sédimentaire, de pétrographie des altérations et de minéralogie des argiles et des phases associées obtenues dans ce travail soulignent la forte particularité de la formation basale des grès d'Athabasca à Shea Creek. Parmi les critères de distinction majeurs de cette formation qui a été répertoriée sous le nom de Formation Manitou Fall C, on peut citer :

- Son faciès de dépôt spécifique (grès argileux vs conglomérats).
- La préservation locale de zones sous-compactées pendant la diagenèse.
- La préservation dans ces zones de kaolinite détritique qui n'a pas été « dickitisée » comme c'est généralement le cas dans les formations supérieures.
- Une signature cristallochimique spécifique des APS qui atteste de leur cristallisation dans des conditions plus réductrices que dans les formations sus-jacentes.
- Enfin, la signature d'un fort taux d'irradiation des argiles au dessus de la structure minéralisée du SLC, comparable à celui enregistré dans les zones minéralisées sousjacentes. Cette signature a également été enregistrée dans les kaolinites des secteurs ou l'altération hydrothermale est absente ou extrêmement peu développée.

L'objectif de cette étude est de déterminer s'il existe une signature géochimique spécifique de ces roches en comparant leur chimie (éléments majeurs et trace) à celles des autres formations sédimentaires et en analysant leur comportement en fonction de l'intensité des divers épisodes d'interaction fluide-roche.

Des travaux antérieurs (Hoeve and Quirt, 1984; Quirt, 1986 et 1991; Fayek et Kyser, 1997) ont démontré qu'au voisinage de la discordance basale du bassin d'Athabasca, il existe une signature géochimique qui résulte des échanges de fluides mis en jeu durant les processus d'altération associés au dépôt de la minéralisation. Parmi les indicateurs chimiques, il convient de citer les terres rares, un certain nombre d'éléments métalliques (Cu, Co, Ni) et l'arsenic (figure 5-17).



Figure 5-17 : Représentation schématique des deux principaux types de gisements d'uranium du bassin d'Athabasca associés à une discordance avec leur signature géochimique spécifique en fonction des transferts de fluides impliqués (d'après Fayek et Kyser, 1997).

5.4.2. <u>Les éléments marqueurs de la formation sédimentaire basale à Shea</u> <u>Creek</u>

Dans cette étude, l'accent à été mis sur le comportement des éléments chimiques, généralement réputés pour leur faible mobilité, qui sont constitutifs des phosphates (P, Sr LREE, Th pour les APS, Y et HREE pour le xénotime), des argiles (AI), des oxydes de titane (Ti, Nb) et des zircons (Zr), des minéraux particulièrement abondants dans la formation MFc (figure 5-17). Bien qu'il soit connu pour sa grande mobilité dans le contexte géologique des gisements associés à une discordance (Fayek et Kyser, 1997), l'uranium a également été intégré dans cette étude géochimique.

Dans un premier temps, il est important de voir la distribution verticale de certains éléments chimiques tels que Al₂O₃, TiO₂, Zr, Y, P₂O₅, U et Th, Sr, Nb et REE. La distribution de ces éléments est associée aux processus sédimentaires, diagénétiques et hydrothermaux. Pour cela 190 sondages sur la zone 58B à Anne ont été étudié pour une proportion de données comprise entre 1500 et 2500 (en fonction des éléments traces analysés). Les plus fortes concentrations de ces éléments « immobiles » se concentrent dans la formation Manitou Falls C. Les figures 5-18 à 5-21 montrent qu'il existe des ruptures dans la distribution verticale des certains éléments qui pourraient être considérés comme de bon marqueurs stratigraphique : C'est le cas entre la formation du Lazenby Lake et du Manitou Falls D pour les éléments Al₂O₃, TiO₂ et Zr, entre les formations MFc et MFd pour les éléments Al₂O₃ et dans la formation MFc pour le P₂O₅, U, Th, REE, Sr et Nb (voir aussi Annexe 6-6 et 6-4 pour distribution version log 10).



Figure 5-18 : Compilation de la distribution verticale des concentrations en Al_2O_3 et TiO_2 dans l'ensemble des sondages de la zone 58B à Anne à partir du logiciel Gocad. En Z la profondeur TVDSS (noir).



Figure 5-19 : Compilation de la distribution verticale des concentrations en Zr et P_2O_5 dans l'ensemble des sondages de la zone 58B à Anne à partir du logiciel Gocad. En Z la profondeur TVDSS (noir).



Figure 5-20 : Compilation de la distribution verticale des concentrations en U et Th dans l'ensemble des sondages de la zone 58B à Anne à partir du logiciel Gocad. En Z la profondeur TVDSS (noir).



Figure 5-21 : Compilation de la distribution verticale des concentrations en Sr, Nb, LREE et HREE dans l'ensemble des sondages de la zone 58B à Anne à partir du logiciel Gocad. En Z la profondeur TVDSS (noir).

La distribution de ces éléments indique une relation avec la sédimentation notamment marquée par Al, Ti, Zr, Y et Th qui constituent le cortège d'éléments immobiles dans les sédiments. La variation verticale de concentration de ces éléments peut servir d'indicateur de changement de source des sédiments et dépend des processus de transport, de dépôt et de vannage des éléments chimiques dans les sédiments (Maréchal, 2000). Globalement, les éléments SiO₂ et Zr sont corrélés dans des grès moyens alors que TiO₂ et Al₂O₃ sont corrélés dans des shales (Wyborn et Chapell, 1983; Van de Kamp et Leake, 1996; Argast et Donnelly, 1987). La proportion de SiO₂ n'a pas été analysée lors des analyses chimiques des éléments et notamment Al₂O₃ peut être déduite. Dans les sédiments de l'Athabasca les formations de shales sont rares, ce qui signifie que la signature géochimique des sédiments dépendra de la granulométrie des grès et de la proportion d'argile dans ces grès.

Dans la formation Manitou Falls C, tous les éléments chimiques présentent les teneurs les plus élevées et particulièrement dans la partie inférieure riche en argile. La partie supérieure de la formation Manitou Falls C présente des teneurs qui peuvent être importantes et correspondre au niveau des grès argileux supérieurs riches en passées fines d'argilite. La formation du Manitou Falls D est plus complexe car seul TiO₂, Zr et Nb sont abondants à l'inverse de Al₂O₃ qui est absent dans cette formation. Globalement la distribution des éléments montrent que les formations Manitou Falls C et D correspondent à un même ensemble. La formation Manitou Falls D montre des teneurs faibles en éléments chimiques associés aux argiles (Al₂O₃ (notamment). Cette formation semble avoir subi un fort vannage des particules fines représentées essentiellement par les argiles. Les formations supérieures ont des teneurs faibles dans tous les éléments précités (Al₂O₃, TiO₂, Zr, P₂O₅, U et Th, Sr, Nb et REE) (Annexe 6-4). La distribution de ces éléments montre une rupture avec la formation Manitou Falls qui signe probablement un changement dans la sédimentation comme le suggère Collier (2001, 2002).

Enfin un examen plus détaillé permet de retrouver les associations des éléments comme démontré par Quirt (2002) : les minéraux constitutifs des grès correspondent à SiO₂ pour le quartz, HREE-Y pour le xénotime, LREE-P pour les APS, Al₂O₃ et perte au feu pour les argiles et TiO₂ pour l'anatase notamment (Annexe 5-6).

Globalement, il existe une bonne corrélation positive entre Al_2O_3 et les éléments U, LREE, P_2O_5 et TiO₂ dans les roches sédimentaires de la formation Manitou Fall C (figure 5-22). Le fait que cette corrélation soit vérifiée indépendamment de la nature des minéraux argileux observés dans la roche (kaolinite détritique, kaolinite diagénétique ou illite et/ou sudoite hydrothermales) est un argument fort pour l'absence de mobilité de l'aluminium et des éléments avec lequel celui-ci est corrélé positivement pendant les processus d'altération des roches sédimentaires. En conséquence, il semble bien que l'origine de cette corrélation géochimique soit antérieure aux divers processus d'altération subi par les sédiments après leur dépôt (diagenèse, altération hydrothermale). Une telle interprétation privilégie une signature géochimique d'origine sédimentaire (origine des apports, détritisme) plutôt que diagénétique ou hydrothermale. Elle n'est pas en accord avec les conclusions des études géochimiques focalisées sur la minéralisation (Quirt, 1991; Fayek et al., 1997) qui suggèrent une forte mobilité des terres rares au cours des processus d'altération associés à la genèse des corps minéralisés.



Figure 5-22 : Relation entre les différents éléments chimiques dans les grès du Manitou Falls C dans la zone de Kianna et dans les niveaux d'argilite. Le nombre d'échantillons utilisé est de 22 grès du MFc et de 14 argilites.

5.4.3. Géochimie des terres rares

La géochimie des terres rares dans le bassin d'Athabasca a fait l'objet d'études détaillées (Quirt, 1991; Fayek, 1996, Fayek et kyser, 1997 ; Kister, 2003 et Kister et al, 2003). De ces travaux il ressort que les terres rares sont peu abondantes (< 100 ppm) dans les échantillons de grès des diverses formations du bassin qui sont situées hors des contextes minéralisés. Les spectres de terres rares font apparaître un enrichissement en terres rares légères et une anomalie négative en europium. Les minéraux porteurs des terres rares dans ces roches sont les APS, les argiles et éventuellement l'apatite détritique pour les terres rares légères et le zircon et le xénotime pour ce qui est des terres rares lourdes. La faible teneur globale en terres rares lourdes est interprétée comme la preuve d'une faible influence du zircon et du xénotime. Ces deux derniers minéraux auraient pu subir une dissolution pendant la diagenèse (figure 5-23).

Les grès situés dans le halo d'altération proche des gisements d'uranium (figure 5-23) présentent le même type de spectre normalisé aux chondrites, mais ils se distinguent par une teneur globale en terres rares plus de 10 fois supérieure à celle des grès du fond régional. Cet enrichissement a été interprété comme une preuve de la mobilité des terres rares pendant l'épisode d'altération associée au dépôt de la minéralisation (Fayek et Kyser, 1997).



La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Y Figure 5-23 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites des grès de différentes parties du bassin d'Athabasca : Rumpel Lake, West Central Region, Maybelle River et Mc Arthur River. On note l'enrichissement important en terres rares et en yttrium des grès proches du halo d'altération du gisement de McArthur River (d'après Fayek, 1997).

5.4.4. Géochimie des terres rares dans le district de Shea Creek

Les analyses chimiques de 78 échantillons non minéralisés ont été sélectionnées et étudiées de manière à couvrir les différentes unités pétrographiques (grès moyen, grès fin, siltite, argilite et intraclaste d'argile) qui composent les grès de l'Athabasca dans le district de Shea Creek. Le détail des analyses réalisées par le SARM à Nancy est présenté en annexe (Annexe 5-1 à 5-5). Ces analyses ont été complétées par les analyses ICPOES faites systématiquement sur les sondages d'exploration, cependant leur degré de précision reste inférieur à celui de l'analyse ICPMS (Kister, 2003). Tous les spectres ont été normalisés aux chondrites d'après Taylor et Mc Clennan (1985) dans le but de les comparer aux autres études (Fayek, 1996 et Fayek et al, 1997; Kister, 2003).

Les spectres de terres rares de grès des gisements du district de Shea Creek (figures 5-24 à 5-26) présentent le même type de profil que celui décrit dans la littérature. Tout au plus peuton noter quelques variations liées à des enrichissements en terres rares lourdes dans les échantillons riches en zircon et xénotime qui sont surtout fréquents dans la formation Manitou Falls.

Le principal critère de variation des spectres de terres rares des roches sédimentaires de Shea Creek repose sur la concentration totale en terres rares. Celle-ci varie de 44 à 11600 ppm dans les grès moyens et de 260 et 2600 ppm dans les argilites et les grès fins (tableau 5-3). Cette large gamme de variation peut être interprétée en termes de facteurs d'ordre lithologique.

nom	type	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Но	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	Al2O3
Hyd 07-001 678,50 m	argilite	78,83	67,08	51,93	37,44	17,56	6,09	6,75	6,66	6,24	5,52	5,28	5,45	5,21	5,46	7,46	305,52	9,21
Hyd 07-001 663 m	argilite	153,19	124,76	91,02	74,05	35,21	11,06	12,5	10,24	9,16	7,51	7,41	7,53	7,32	7,72	9,54	558,68	30,25
Hyd 07-001 554 m	argilite	77,06	62,41	44,66	34,33	21,67	12,89	12,25	9	7,98	7,22	7,76	9,21	9,81	11,52	9,31	327,77	13,24
Hyd 07-001 550 m	argilite	110,52	93,48	69,46	55,06	33,78	15,79	14,83	7,38	5,33	4,17	4,11	4,33	4,17	4,57	5,34	426,99	10,57
Hyd 07-05 660,8 m	argilite	425,61	280,15	265,77	189,17	108,7	50,01	53,2	27,02	16,22	11,43	11,21	12,16	12,19	12,94	12,12	1475,78	34,57
Shea 114-11 507 m	argilite	117,19	96,32	70,17	53,6	30,74	17,1	21,61	9,4	4,35	2,95	3,2	3,9	4,5	5,51	3,37	440,54	16,7
Shea 114-11 553 m	argilite	373,57	301,78	237,3	173,84	100	46,66	49,71	25,79	14,05	9,76	10,02	10,62	11,29	12,31	11,04	1376,7	31,96
Shea 111-7 668,50 m	argilite	103,87	87,27	61,77	46,26	27,03	15,06	15,75	7,5	3,79	2,59	2,63	2,81	3,18	3,75	2,9	383,25	20,02
SHEA 22 689 m	argilite	184,2	151,72	114,89	85,04	51,52	21,23	24,64	12,64	7,66	5,78	5,67	6,1	6,01	6,54	6,8	683,62	13,35
Shea 50-4 704.80 m	argilite	113.65	92.78	61.84	44.33	22.55	14.85	10.04	5.12	3.07	2.28	2.29	2.5	2.55	2.86	2.57	380.72	23.71
SHEA 51 672,50 m	argilite	94,69	79,93	60,7	43,05	23,79	12,31	9,85	5,05	2,6	1,59	1,48	1,52	1,6	1,76	1,66	339,91	21,46
Shea 52 390.60 m	argilite	575.48	472.2	359.93	259.77	141.26	62.25	69.74	41.36	29.29	23.75	24.75	26.97	27.7	30.16	28	2144.6	30.46
Shea 52 494,30 m	argilite	454,22	337,83	266,35	196,62	119,13	52,1	63,24	34,9	21,45	16,02	16,35	17,56	, 18,34	20,26	19,46	1634,37	28,76
Shea 62 675 m	argilite	167,85	143,89	114,23	80,63	47,32	19,67	18,07	9,16	5,36	3,77	4,01	4,52	5,08	6,09	4,32	629,64	20,67
SHEA 11 683.30 m	grès fins	70.22	58.45	45.04	33.46	19.7	8,98	8.91	5.1	3.56	2.87	2.88	3.01	3.22	3.39	3.44	268.78	12.55
Shea 118 681 m	grès fins	2198.64	1498.43	980.29	614.63	218.44	65.38	65.16	34.52	22.94	16.22	17.32	16.88	16.88	18.14	20.07	5783.85	18.38
SHEA 22 693 m	grès fins	232.48	177.64	145.33	98.89	53,33	24.03	26.8	17.17	13.4	11.07	11.22	12.33	12.34	12.83	13.04	848.88	30.49
SHEA 51 670.50 m	grès fins	262.97	214.94	163.65	110.66	60.69	29.66	29.37	16.53	10.34	7.69	, 7.76	8.46	8.85	9.42	8.91	940.98	25.59
Hvd 07-001 713.80 m	intraclaste	691.01	488.19	364.53	265.26	123.07	56.2	140.07	215.52	248.29	221.5	193.57	169.83	135.04	121.18	299.62	3433.26	36.19
Hvd 07-001 672 m	intraclaste	517.71	389.76	308.69	233.05	113.55	37.74	50.69	54.19	52.7	44.99	41.04	38.96	34.14	32.36	55.81	1949.58	30.58
Hvd 07-001 663 m	intraclaste	1001.63	733.23	575.62	406.47	176.93	56.39	65.33	53,55	47.24	40.04	39.63	39.66	37.26	37.82	49.48	3310.81	23.5
Hvd 07-001 627.50 m	intraclaste	2173.57	1487.98	1056.93	782.28	340.09	115.4	104.02	51,74	25.37	11.93	9.28	9.94	10.12	10.37	11.45	6189.02	31.53
She 13 678 m	intraclaste	1112.26	816.09	627.23	445.85	259.7	137.47	138.01	59.48	25.65	14.36	13.61	11.97	11.09	10.68	16.23	3683.45	34.69
Shea 101 620, 40 m	intraclaste	602.45	502.61	384.01	286.5	141.9	55.07	68.07	50.62	40.24	30.98	28.2	26.83	25.05	26.04	41.24	2268.57	9.41
Shea 111-7 674 m	intraclaste	206.92	159.87	117.23	76.75	35.87	18,76	18,58	11.36	7.33	5.69	6.08	7.02	7.76	8.61	6.43	687.84	11.13
Shea 117 630 m	intraclaste	1129.16	829.05	611.46	416.6	182.08	67.24	68.5	55.26	48.22	38.61	35.22	32.47	29.68	29.74	48.57	3573.28	23.04
Shea 123 651 50 m	intraclaste	171 69	131 97	102 48	69 59	32 97	16 18	16 35	9.03	5 36	4 17	4 56	5 53	6.04	6 72	4 59	582 68	11 43
Shea 18 661 m	intraclaste	941.69	648.28	473.94	321.38	159.91	77.09	76.83	39.59	19.17	12.75	15.06	19.02	21.6	25.14	14.42	2851.44	19.91
Shea 36 665.50 m	intraclaste	575.48	427.38	338,83	256.96	122.08	50,82	47.32	32.91	29.4	25.05	24.47	24.63	23.08	22.78	30.06	2001.18	20.09
Shea 52 218.60 m	intraclaste	204.31	167.19	129.71	91.43	58.01	29.23	42.61	48.66	55.04	54.22	58.67	68.88	70.48	75.3	67.71	1153.74	24.61
Shea 52 360, 20 m	intraclaste	90.84	69.67	51.63	38.69	21,48	10.32	12.41	9.52	8.65	7.76	8	8.65	8.77	9.32	9.63	355.71	13.94
Shea 62 662 m	intraclaste	526.98	364.79	282.92	198.73	97.06	45.13	37.16	18.52	10.51	6.85	6.87	6.85	7.38	8.06	7.65	1617.79	24.81
Shea 62 675.5 m	intraclaste	846.87	662.59	503.94	362.87	194.98	73.8	66.41	35.67	23.78	17.79	18.42	19.83	20.66	22.78	20.03	2870.4	23.46
Shea 77 205.50 m	intraclaste	94.9	70.28	50	37.93	24.78	12.3	17.19	16.74	18.56	19.59	23.41	29.83	33.51	37.38	22.76	486.41	12.49
Shea 77 428.50 m	intraclaste	124.8	98.4	71.5	55.18	29.77	14.36	15.5	10.47	9.02	8.82	10.58	13.82	15.6	17.45	9.72	495.26	17.91
Shea 114-4 - 634.5 m	grès MFc	16.95	14.33	11.52	8.27	5.39	2.54	2.56	2.17	2.03	1.61	1.57	1.83	2.01	2.13	1.6	76.49	0.7
Shea 115-2 - 652.5 m	grès MFc	162.67	114.52	78.69	49.31	21.94	6.74	8.07	7.62	7.29	5.84	5.16	4.38	3.73	3.49	7.62	487.06	1.76
Shea 115-2 - 657.6 m	grès MFc	199.18	141.07	102.48	66.44	39.62	15.21	14.1	10.67	7.54	5.04	4.77	5.03	5.1	4.51	4.57	625.33	3.63
HYD 07-05G - 660.8 m	grès MFc	35.67	31.77	22.42	16.16	9.89	4.13	4.69	2.33	1.25	0.83	0.8	0.81	0.8	0.84	0.9	133.28	8.14
Shea 115-2 - 663.1 m	grès MFc	162.18	142.53	141.17	111.18	99.83	45.31	32.17	35.66	29.63	19.73	17.68	19.02	19.69	15.59	13.9	905.25	2.45
Shea 115-7 - 667.8 m	grès MFc	58.09	49.08	47.01	36.55	30.31	14.56	15.55	21.91	22.11	16.87	14.45	13.96	12.73	10.47	15.48	379.15	2.26
SHE 114-11 - 668 m	grès MFc	59.32	49.62	43,88	35.11	27.04	16.36	29.42	41.93	43.04	36.52	31.33	31.24	28.42	28.85	45.88	547.94	1.8
Shea 115-0 - 673 m	grès MFc	77	58.55	46.65	32.35	15.61	5.84	8,98	9.1	8.43	7.02	6.59	6.69	6.57	6.9	8.63	304.9	4.17
SHE 114-11 - 677.8 m	grès MFc	54.28	40.32	28.3	18.26	11.43	7.06	6.94	7.41	6.1	4.54	3.69	3.46	3.29	2.86	5.61	203.54	6.16
Shea 114-4 - 682.1 m	grès MFc	157.63	123.09	92.04	61.77	28.05	9,45	7.19	4.74	3.45	2.3	2.29	2.28	2.32	2.36	2.16	501.12	3.88
Shea 115-7 - 682.3 m	grès MFc	123.32	98.22	81.97	59.76	43,46	23.6	36.14	46.29	46.17	38.08	33.37	31.38	26.76	23.88	44.5	756.92	4.47
Shea 118-4 - 696.5 m	grès MFc	25.38	19.49	15.06	10.47	6.63	3.23	4.26	5.02	5.33	4.61	4.11	3.99	3.45	3.33	5.34	119.67	2.05
Shea 114-9 - 698.3 m	grès MFc	23.35	28.37	31.13	25.47	21.44	15.71	16.62	18.95	15.68	10.56	7.96	6.71	5.55	4.28	10.7	242.49	0.88
SHE 114-11 - 701.45 m	grès MFc	589.37	418.08	338.91	252.32	188.01	94.72	103.37	124.22	122.18	101.36	90.2	88,46	79,31	69,45	97.62	2757.58	16.52
Shea 114-9 - 705 m	grès MFc	20.74	16.37	13.5	9,88	6,11	3,43	3,17	3.4	2,95	2,16	1,83	1,66	1,44	1,26	2,25	90.13	0,95
SHE 114-11 - 707.1 m	grès MFc	266.35	235.74	209.2	179.61	168.31	91.43	83.92	86.59	76,04	57.83	49,32	46,32	40,89	33.7	59.24	1684.46	9.3
Shea 118-1 - 709.5 m	grès MFc	43.3	32.77	24.5	16.27	9	3,86	5,42	6	5,73	4,68	4,15	3,79	3,25	3,23	5,86	171.8	2,22
Shea 114-8 - 712.8 m	grès MFc	364.31	259.04	209.71	148.1	81.39	33.01	39.02	40.6	35.91	27.86	24.57	23.15	19.86	18.01	32.03	1356.56	4,72
Shea 63B - 719.1 m	grès MFc	70.3	54.55	42.31	32.29	26.46	15.39	23	29.6	28.85	23.27	19.71	18.01	14.77	12.97	26.56	438.04	2,34
Shea 115-16 - 720.4 m	grès MFc	3427.79	2360.5	1783.94	1359.07	724.24	287.93	310.39	245.34	207.27	166.63	153.94	149.49	130.97	126.22	163.1	11596.83	32.03
Shea 115-2 - 730.9 m	grès MFc	1015.8	725.81	617.23	402.53	185.8	61.76	69.35	49.74	39.63	31.05	28.34	26.71	23.73	22.41	40.94	3340.84	12.5
Shea 118 681 m	grès MFc	2198,64	1498,43	980,29	614,63	218,44	65,38	65,16	34,52	22,94	16,22	17,32	16,88	16,88	18,14	20,07	5803,92	18,38

Tableau 5-3 : Récapitulatif de données de terres rares suite aux analyses chimiques ICPMS faites au SARM à Nancy (France). Les échantillons présentés correspondent au grès du MFc, argilites et intraclastes d'argile. Les valeurs ont été normalisées aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985).

Variation de la concentration en terres rares en fonction de la lithologie

L'influence de la lithologie sur la concentration des terres rares est illustrée (figure 5-24) par les spectres de terre rares d'un grès moyen et d'une intercalation d'argilite qui sont en contact stratigraphique à 660 m de profondeur dans le forage Hyd 07-05 situé à l'extérieur de la structure minéralisée. On peut observer que les deux échantillons présentent des spectres normalisés identiques mais que la concentration totale en terres rares de l'argilite est plus de 10 fois supérieure à celle du grès. Le faible relèvement de la courbe normalisée dans le domaine des terres rares lourdes indique également une plus forte teneur en zircon dans l'argilite. Comme indiqué dans les chapitres précédents l'argilite de cet échantillon n'a pas subi l'altération hydrothermale contrairement au grès dans lesquels la kaolinite est presque complètement illitisée.



Figure 5-24 : Spectre de terres rares normalisé aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985) d'un grès moyen et d'une argilite qui sont en contact stratigraphique à 660m de profondeur dans le forage Hyd 07-05.

D'une manière plus générale, il existe une bonne concordance entre l'augmentation moyenne de la concentration en terres rares et la diminution de la granulométrie des roches sédimentaires (figure 5-25). Comme l'indiquent Fayek (1997) et Kister (2003) sur le gisement de Shea Creek, dans les grès non minéralisés les proportions de REE sont \approx 100 ppm, hormis au niveau des argilites (Shea 14 345 m) et à la discordance (Shea 14 706 m) où elles sont supérieures à 300 ppm (Kister, 2003).



Figure 5-25 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985) montrant la variation de la concentration en terres rares en fonction de la granulométrie des grès.

Variation verticale de la concentration en terres rares au dessus du gisement de Kianna.

Toutes les variations de concentration en terres rares observées ne peuvent pas être expliquées par la granulométrie des sédiments et certaines d'entre elles font appel à la localisation des échantillons par rapport à la discordance. L'étude des spectres de terres rares de la série d'échantillons du transect vertical Shea 114, Shea 114-11 situé à l'aplomb de la minéralisation de Kianna (figure 5-26 A) a donné les résultats suivants :

- Le profil normalisé des terres rares légères ne montre pas d'évolution significative avec la profondeur.
- Les profils normalisés des terres rares lourdes indiquent un enrichissement et surtout en yttrium dans la formation basale MFc qui est confirmé par l'enrichissement en xénotime et à degré moindre en zircon observé au cours de l'étude pétrographique.
- On note une augmentation très importante de la concentration totale en terre rares dans les échantillons de la formation basale MFc. Il est à noter que cette augmentation est maximale dans les échantillons de grès argileux sous-compactés dans lesquels les indices d'altération sont infimes (avec préservation de la kaolinite). La concentration en terres rares mesurée dans ces échantillons de la formation MFc peut atteindre des valeurs 100 fois supérieures à celles mesurées dans les formations supérieures du forage Shea 114 ou à Rumple lake (figures 5-23 et 5-26 A).

Une analyse plus extensive d'échantillons de la formation MFc dans le secteur de la structure minéralisée de Kianna (figure 5-26 B) confirme l'anomalie en terres rares. Cependant elle démontre que l'enrichissement en terres rares n'est pas homogène à l'échelle de la formation.

Celui-ci varie très fortement en fonction de la teneur en argile des échantillons. Les concentrations en terres rares sont au niveau du fond régional (100 ppm) dans les grès propres (pauvres en argile) et très cimentés par le quartz secondaire. A l'inverse on peut trouver des concentrations en terres rares jusqu'à mille fois supérieures dans les échantillons les plus riches en argiles. Il est à noter que cet enrichissement est indépendant de la nature du minéral argileux dominant dans la roche (figure 5-24).

Par ailleurs cette étude extensive confirme l'anomalie en yttrium de la plupart des échantillons riches en terres rares dans la formation MFc.



Figure 5-26 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985) de la série de grès du transect vertical Shea 114, Shea 114-11 situé à l'aplomb de la minéralisation de Kianna (A) et d'un ensemble de grès représentatifs de la formation MFc à Kianna.

Variation latérale de l'anomalie en terres rares de la formation MFc

Les spectres de terres rares des échantillons recueillis dans les forages hydrogéologiques (Hyd) situés hors de la structure minéralisée qui s'étend de Anne à Kianna présentent presque tous des spectres de terres rares identiques à ceux du « fond régional ». Ils ne montrent pas l'anomalie en terres rares qui a été mise en évidence dans les grès situés directement au dessus du gisement de Kianna (figure 5-27).



Figure 5-27 : Spectres de terres rares normalisés aux chondrites (Taylor et Mc Clennan, 1985) des échantillons de grès des forages hydrogéologiques situés hors de la structure minéralisée de Shea Creek (extraction de la base de données ARC)

Parmi la vingtaine d'échantillons de la formation MFc recoupée par les forages hydrogéologiques situés hors de la structure minéralisée de Shea Creek, un seul (Hyd 07-01 646 m) présente un enrichissement global en terres rares comparable à ce qui a été observé dans les grès du gisement de Kianna (tableau 5-5). D'après l'étude pétrographique, cet échantillon correspond à une zone argileuse fortement fracturée dont la teneur en uranium est 15 à 20 fois supérieure à celle de grès environnants (Annexe 4-11).

hole id	depth from	AI2O3 %	B ppm	Ce ppm	Gd ppm	K2o %	La ppm	Li ppm	Mgo %	Th ppm	Tio2 %	U ppm	V ppm	Y ppm	Zr ppm
HYD 07-001	636 m	3,81	1019	37	1,8	0,64	18	9	0,48	5,18	0,1	3,26	20	4,7	252
HYD 07-001	646 m	7,16	333	435	14,1	0,14	246	84	1,56	28,7	0,38	67,3	106	25,6	342
HYD 07-001	656 m	1,09	991	17	0,9	0,01	8	1	0,22	4,58	0,14	4,52	38	4,6	166

Tableau 5-4 : Proportion de certains éléments qui composent l'échantillon 646 m. Cela montre un enrichissement particulier comparé aux échantillons proximaux. Néanmoins un enrichissement global en REE est à remarquer.

Enfin l'enrichissement en terres rares lourdes de l'échantillon Hyd 07-04 204 m est lié à sa forte teneur en zircon des niveaux de grès riches en argile situés à environ 100 m de profondeur en TVDSS et observable sur les figures 5-18 et 5-19.

5.4.5. En conclusion

Les variations verticales et latérales de la composition chimique des roches sédimentaires du district de Shea Creek montrent qu'il existe une signature géochimique spécifique aux grès argileux de la formation Manitou Falls C, lorsque celle-ci se situe au dessus des zones minéralisées. Comparativement aux autres unités lithologiques sus-jacentes ou aux roches de cette même formation plus éloignées latéralement, les grès argileux de la formation MFc présentent un très fort enrichissement en éléments chimiques qui sont tous bien connus comme les éléments les moins mobiles dans les processus d'interaction eau-roche (altération supergène, diagenèse ou altération hydrothermale). C'est notamment le cas pour l'aluminium, le titane, le phosphore, les terres rares et l'yttrium qui sont incorporés dans les minéraux argileux (kaolinite, illite, sudoite) ou les phases accessoires associées (APS, xénotime, anatase...). Le fait que l'augmentation de la concentration de ces éléments varie de manière corrélative quelque soit le degré d'altération des échantillons souligne le caractère précoce de leur apport dans le système. Ces résultats sont en parfaite adéquation avec ceux de l'analyse pétrographique et minéralogique qui souligne les nombreuses particularités des apports sédimentaires observés dans ces zones. Enfin il est à noter que l'uranium, présent également en quantité anormalement élevée dans de nombreux échantillons peu ou pas altérés de cette zone (jusqu'à 500 ppm) tend à varier de manière proche de celle des éléments précités.

5.5.Interprétation

Cette étude sur les guides minéralogiques et géochimiques montre qu'il existe aussi une relation entre la stratigraphie, la distribution des éléments chimiques et les défauts d'irradiation dans les grès du bassin (figures 4-28 et 4-29). Ce lien se marque par des ruptures stratigraphiques entre les formations supérieures et la formation Manitou Falls mise en évidence par Collier (2001, 2002) d'une part et entre le Manitou Falls C et D et enfin à l'intérieur de la formation Manitou Falls C. La rupture entre les formations supérieures et le Manitou Falls est marquée par une chute des teneurs en éléments chimiques (Al₂O₃, TiO₂, P₂O₅, Zr, REE, Sr, U, Th, Nb et Y) de la discordance à cette limite. La limite entre les formations Manitou Falls C et D est soulignée par une accentuation de cette diminution des teneurs (Annexes 6-3 à 6-5). La formation Manitou Falls D qui caractérise le niveau de grès propres par des teneurs faibles en Al₂O₃ et autres P_2O_5 , Zr, REE, Sr, U, Th, Nb et Y montre des teneurs relativement importantes en TiO₂. Ceci s'explique probablement par une remobilisation des éléments fins (argile et autres particules), par un vannage post-dépôt de ces sédiments. La dernière limite au sein du Manitou Falls C est marquée par une rupture entre les teneurs très élevées dans tous les éléments chimiques des niveaux inférieurs riches en argile du Manitou Falls inférieur et le niveau supérieur argileux riche en argilite.

La distribution des concentrations en LREE dans les APS montre aussi une rupture entre les formations supérieures et le Manitou Falls. Ceci indique un passage des APS de type florencite à des APS de type svanbergite.

Cette rupture semble être indépendante du vannage des grès observé dans la formation Manitou Falls D. Il marque aussi un changement de sédimentation. Comme décrit Gaboreau (2005) et Gaboreau et al. (2007), les APS sont des marqueurs de fluides réducteurs. Une partie de l'enrichissement des APS en terres rares légères de la formation Manitou Falls semble être associée au dépôt ou avoir eu une croissance de type florencite durant une période précoce de la formation du bassin.

Au niveau de la concentration de défauts d'irradiation dans les minéraux argileux, une limite est marquée entre les formations Manitou Falls C et D. Les formations supérieures et le Manitou Falls D sont moins riches en défaut d'irradiation car elles sont plus pauvres en argile contrairement à la formation Manitou Falls C qui est plus riche. Ces défauts d'irradiation marquent la présence de fluide oxydant et riche en éléments ionisants dans les sédiments. Cette présence de fluide oxydant dans la formation Manitou Falls C est un autre argument de niveau réservoir le long du SLC par rapport à la zone externe du SLC. Ceci expliquerait donc l'accumulation de défauts d'irradiation au cours du temps dans le réservoir associé à l'évolution diagénétique.

La relation entre altération hydrothermale, l'enrichissement en florencite des APS et l'augmentation en concentration de défauts d'irradiation des minéraux argileux semble moins évidente (figure 4-29). Ces enrichissements semblent être beaucoup plus liés à la proportion d'argile qu'au type d'argile.

Dans le socle, la formation et l'enrichissement des APS en florencite sont associés à l'altération hydrothermale. La concentration en défauts d'irradiation est aussi à associer à l'altération hydrothermale ; cependant cette accumulation de défauts d'irradiation est plus liée à des circulations de fluides ionisants dans les fractures.

Pour conclure, ceci nous amène à privilégier l'hypothèse d'une origine sédimentaire pour cette signature géochimique observée à l'aplomb de la structure minéralisée. La présence des kaolinites détritiques observées dans les échantillons de grès sous-compactés, les argilites préservés de l'altération hydrothermale (minéraux kaolins essentiellement) et l'abondance des éléments chimiques immobiles mesurés suggère un apport de matériel sédimentaire résultant du démantèlement d'un profil d'altération très intense des roches de socle affleurant dans le secteur. Une telle source sédimentaire pourrait provenir de l'érosion précoce du profil d'altération (régolithe) des roches de socle environnantes au tout premier stade de la formation du bassin dans cette région. Dans ces conditions, il paraît difficile d'interpréter l'enrichissement en terres rares observé dans les grès comme le résultat d'une mobilité spécifique de ces éléments en relation avec les divers processus d'altération contemporains de la minéralisation comme cela a pu être démontré par ailleurs autour de gisements d'uranium de la partie est du bassin d'Athabasca (Fayek et Kyser, 1997).

Maintenant que nous avons vu la distribution verticale des différents éléments chimiques, des défauts d'irradiation et des minéraux argileux. Il paraît donc important de déterminer leur distribution latérale et en 3 dimensions afin de comprendre les relations qui peuvent exister et le rôle de chacun de ces marqueurs dans la mise en place de la minéralisation.



Figure 5-28 : Comparaison entre la distribution verticale de la teneur en éléments Al₂O₃ et TiO₂ dans l'ensemble des grès du district de Shea Creek (58B à Anne), la concentration en défauts d'irradiation et de l'enrichissement en LREE des APS. La discordance pour le sondage Shea 114-11 est à 714 m et dans l'ensemble de Shea Creek la discordance la plus profonde est à 750 m (TVDSS = 370 m). Les 4 log ont été calés à partir des niveau 300 m et 0 m TVDSS.



Figure 5-29 : Comparaison entre la distribution verticale de la teneur en minéraux argileux (kaol-dickite, illite et sudoite) dans l'ensemble des grès du district de Shea Creek (58B à Anne), la concentration en défauts d'irradiation et de l'enrichissement en LREE des APS. La discordance pour le sondage Shea 114-11 est à 714 m et dans l'ensemble de Shea Creek la discordance la plus profonde est à 750 m (TVDSS = 370 m). Les 5 log ont été calés à partir des niveaux 300 m et 0 m TVDSS.

6. Modélisation 3D de la géométrie des altérations : Reconstruction de la distribution spatiale des minéraux argileux et des guides de la minéralisation

6.1.Introduction

Les précédents chapitres ont permis de déterminer l'architecture des roches sédimentaires et des roches métamorphiques du socle dans laquelle s'est développée la minéralisation en uranium. Ces roches ont subi une intense fracturation qui a guidé la circulation de fluides diagénétiques-hydrothermaux. Les principaux types d'argiles identifiés, que se soit dans le bassin ou dans le socle, sont la kaolinite, l'illite, la sudoite, les chlorites trioctaédriques (chamosite et clinochlore) accompagnés de muscovites, de dravite et d'APS. Dans ce chapitre, nous allons essayer de comprendre comment les différents minéraux argileux et les éléments chimiques associés aux minéraux accessoires susceptibles d'être des marqueurs de la minéralisation se distribuent dans les grès du bassin et dans les roches du socle. Nous essaierons d'en tirer des enseignements sur la genèse des gisements d'uranium.

La modélisation 3D du gisement de Shea Creek a été réalisée à l'aide du logiciel Gocad, à partir des données géochimiques disponibles (traces et majeurs). Celle-ci intègre le cadre structural établi par Pauline Jeanneret à partir des structures identifiées par Feybesse (2010 et 2011) et les géologues locaux ainsi que les corps minéralisés modélisés par le département "calcul des ressources" d'AREVA.

6.2. Le logiciel Gocad et les techniques de modélisation 3D

La modélisation 3D est un outil pertinent qui permet une plus grande compréhension des processus géologiques. Elle se base sur des données de terrain, de cartographie, de forage, données sismiques et géophysiques pour aider à un meilleur traitement, une meilleure visualisation et interprétation dans l'espace des objets à étudier. La plupart des logiciels de modélisation ont été développés à partir des outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) sur une plateforme constituée de données vectorielles (points, courbes, surfaces). Le logiciel Gocad créé par l'ENSG de Nancy au cours de années 1990 est un logiciel de CAO spécifique au domaine géologique dans lequel J-L. Mallet a intégré un algorithme d'interpolation plus connu sous le nom DSI "Discret Smooth Interpolation" (Malllet, 1989, 1992, 1997). Depuis sa création ce logiciel n'a cessé d'évoluer en intégrant un grand nombre d'équations et d'algorithmes tels que les modèles de variogramme, les méthodes d'estimation statistique (krigeage) ou de calcul probabiliste (stochastique), etc... Aujourd'hui ce logiciel est utilisé dans de nombreux domaines dont les géosciences pour la construction de modèle géologique en particulier la modélisation structurale, la modélisation de faciès sédimentaires ou encore le calcul de l'estimation des ressources pétrolières et minières.

6.2.1. <u>Techniques de modélisation</u>

Les méthodes de modélisation s'appuient sur des approches surfaciques et volumiques (Caumon 2009).

Approche surfacique

Cette approche utilise des surfaces qui représentent les interfaces entre les objets géologiques comme par exemple les horizons ou les failles. Deux types de surface sont considérées : les surfaces paramétriques et les surfaces polygonales (Caumon, 2009).

- Les surfaces paramétriques sont basées sur des équations polynomiales qui décrivent la géométrie de la surface en fonction de 2 coordonnées paramétriques. Cette approche est donc moins pertinente.
- Les surfaces polygonales s'appuient sur un réseau de nœuds reliés par des connections qui peuvent former soit des surfaces régulières à base de quadrilatères, soit des surfaces triangulaires utilisant la méthode des éléments finis (figure 6-1). Dans la géologie la modélisation des surfaces triangulaires donne une grande flexibilité et permet de représenter des topologies arbitraires (Mallet, 1988, 2002; Jessell, 2001; Lemon et Jones, 2003; Caumon 2009).



Figure 6-1 : Les différents modèles surfaciques avec un maillage triangulaire tel que les horizons et les failles.

Approche volumique

Dans la modélisation, la représentation volumique définit des espaces fermés, contigus et d'extension finie (Caumon, 2009). On retrouve :

 Les Voxets : la plus simple représentation qui utilise la grille cartésienne. C'est une grille régulière qui consiste en un ensemble de points orientés et espacés de manière fixe. On l'utilise par exemple pour les données sismiques. Les voxets donnent lieu à des approximations géométriques (figure 6-2).

- Les grilles stratigraphiques (Sgrid) sont des objets identiques aux Voxets sauf qu'ils sont plus flexibles et peuvent être ajustés sur 2 horizons et reproduire leurs formes (figure 6-2). Elles permettent une meilleure approximation en déformant les cubes.
 - Ce type de grille permet un remplissage par des données pétrophysiques en respectant les hétérogénéités. Elles peuvent donc être utilisées dans le calcul des volumes réservoirs, dans la modélisation des propriétés, etc.

La simulation des processus physiques sur les grilles s'appuie non seulement sur la géométrie des mailles mais aussi sur une description des propriétés du milieu (densité, porosité, perméabilité, etc...) (Caumon, 2009).

La figure 6-2 montre différents objets qui peuvent être modélisés sur Gocad. Des propriétés spécifiques peuvent être attribuées à chaque objet.



Figure 6-2 : Les différents objets qui peuvent être représentés dans les modèles Gocad et visualisation des variations de propriétés appliqués aux modèles.

6.2.2. <u>Méthodes d'estimation ou de simulation</u>

Pour déterminer la distribution spatiale des propriétés dans l'espace et notamment dans une grille 2D et 3D, l'approche géostatistique est la plus adéquate. Le krigeage est la méthode d'estimation la plus juste d'un point de vue statistique. Le principe est que les objets les plus rapprochés dans l'espace tendent à avoir des caractéristiques similaires. Donc le remplissage des valeurs inconnues dans une grille est effectué à partir d'un voisinage de points échantillonnés. Cette méthode permet une estimation linéaire basée sur l'Espérance Mathématique et sur la variance de la donnée spatiale. Un autre intérêt du krigeage est qu'il ne prend pas en compte les valeurs aberrantes et incohérentes. Le krigeage se base sur le calcul, l'interprétation et la modélisation du variogramme qui est une appréciation de la variance en fonction de la distance. Le variogramme réel n'est pas connu mais peut être évalué à partir de données d'échantillon, donnant un variogramme expérimental (Matheron, 1962).

Le variogramme expérimental

Quelques notions pour approcher cette géostatistique.

Soit deux variables Z_x et Z_y,

Espérance Mathématique (moyenne) : E[Z(x)] = m

Variance : $\sigma_x^2 = \text{var } Z_x = E[(Z_x - m_x)^2]$

Covariance $C_{xy} = cov (Z_x, Z_y) = E[(Z_x-m_x)(Z_y-m_y)].$

En géostatistique il est difficile de caractériser une fonction aléatoire FA (def) sans prendre en compte les distributions de chaque variable Zx, chaque couple (Zx et Zy), etc... Pour simplifier, on émet l'hypothèse que la variable aléatoire est stationnaire (d'ordre 1 ou 2), ce qui signifie que 2 paires de points distants de h ont des caractéristiques semblables (moyenne et covariance) et cela ne dépend pas de la position dans l'espace.

E[Z(x)] = m = Cste d'où Cov [Z(x), Z(x+h)] = E[(Z(x)-m)]Z(x+h)-m)] = C(h)

h étant la distance entre les 2 variables.

La fonction covariance se réduit alors à une seule fonction d'espace :

Cov[Z(x), Z(x+h)]=C(h) où C(h) est la fonction covariante ou covariogramme

La variance est constante : $varZ(x) = E\{[Z(x)-m]^2\} = C(0).$

La fonction aléatoire stationnaire est aussi une fonction intrinsèque qui définie un accroissement de Z(x+h)-Z(x) dont l'espérance est nulle.

E[Z(x+h)-Z(x)] = 0

Dans ce cas la variance ne dépend que de la distance h entre les points. La demi-variance est appelée variogramme $\Upsilon(h)$.

 $\Upsilon(h) = 1/2 \text{ var } [Z(x)-Z(x+h)] = 1/2 E[(Z(x)-Z(x+h)^2)]$

Dans cette hypothèse de stationnarité d'ordre 2, le variogramme et la covariance sont liés par la relation :

 $\Upsilon(h) = C(0) - C(h)$ ou $\Upsilon(h) = \sigma^2 - C(h)$ (figure 6-3)



Figure 6-3 : Exemple de modèle de Variogramme défini par la distance h entre les points et P la variable. Le Sill (palier) est la limite de corrélation entre les données et la distance (portée) de cette limite. Les croix représentent le variogramme expérimentale et la courbe en vert le variogramme théorique.

Le variogramme est une fonction croissante en fonction de h tandis que la ressemblance entre les valeurs diminue. Il synthétise des informations concernant le comportement conjoint des variables aléatoires et la continuité de la minéralisation. Dans les modèles de variogramme on retrouve :

La portée a (range) : qui est la distance entre 2 observations qui ne se ressemblent pas du tout (Covariance nulle).

L'effet *pépite (nugget)* : variation à courte distance, erreur de localisation, d'analyse ou de précision analytique (faible ressemblance entre 2 valeurs très proches).

Le palier (Sill): valeur du variogramme où la portée est atteinte ($\sigma^2 = C(h) + C(0)$). Lorsque le variogramme montre un palier, il est facile d'établir un lien entre le variogramme pour la distance h et la covariance de 2 variables aléatoires (données) séparées par h. La relation $\Upsilon(h) = \sigma^2 - C(h)$ prend donc toute sont importance.

Le variogramme n'est pas forcement défini par des paliers ; dans ce cas la covariance et la variance n'existent pas.

Globalement la covariance mesure la ressemblance des valeurs en fonction de leur éloignement et le variogramme mesure la dissemblance entre les valeurs de fonctions éloignées. Dans l'hypothèse stationnaire d'ordre 2, la covariance et le variogramme existent et dans l'hypothèse intrinsèque seul le variogramme existe. Les variogrammes peuvent aussi être déterminés pour une orientation donnée. On parle alors d'anisotropie. Il en existe un certain nombre mais seules les anisotropies géométriques sont déterminées en fonction des orientations. Elles ont comme particularités d'avoir différentes directions de palier et des effets pépites identiques mais de portée différente (Cf. annexe). Le variogramme expérimental ne permet pas de prédire ni de respecter les contraintes de krigeage. Dans ce cas il faut modéliser le variogramme estimé par une fonction continue qui est soumise à certaines contraintes. Donc il est nécessaire d'ajuster le variogramme théorique modélisé en reproduisant au mieux l'allure du variogramme expérimental (figure 6-3). Un exemple est donné en annexe.

<u>Le krigeage</u>

Le krigeage est un interpolateur exact et optimal, c'est à dire que la valeur qu'il va estimer sur un point sera égale à la valeur mesurée de ce même point et il va minimiser la variance sur les erreurs d'estimation. La variance d'estimation est calculée à partir du variogramme. Elle ne dépend pas des valeurs observées mais uniquement de la géométrie du problème et du variogramme. Globalement le krigeage est le plus juste des estimateurs linéaires. Cependant il faut que l'hypothèse de la stationnarité soit validée et que le variogramme soit le bon.

Le krigeage est une suite de calculs de dérivation et calculs matriciels basés sur la géostatistique dont nous ferons l'impasse car dans cette étude le krigeage est juste utiliser pour modéliser les données.

6.3.Construction du modèle 3D

Dans cette partie nous développons tous les outils qui sont nécessaires à la bonne compréhension de la distribution des minéraux argileux et permettant de comprendre comment ils s'insèrent dans l'architecture sédimentaire et structurale. C'est-à-dire nous pemettre de voir si les minéraux argileux ont réellement un lien avec la stratigraphie et leur position par rapport à la fracturation. La construction des différents éléments du modèle est basée sur les données géologiques de terrain et de la base de données (descriptions géologiques et données de géochimie). Ces données permettent de modéliser plusieurs types d'objets : objets de type surface (figures 6-4 et 6-5) ou volumique à partir de grilles Sgrid (figure 6-6). Les objets volumiques peuvent être représentés par des surfaces comme la minéralisation (figure 6-5A).

6.3.1. Objets de type surface

Dans ces objets, on distingue les horizons qui sont des surfaces marqueurs de la stratigraphie et des failles qui représentent des couloirs de fracturation.

Les Horizons

Les horizons marquent l'intervalle entre 2 niveaux stratigraphiques. Les données permettant de délimiter les niveaux stratigraphiques sont issus de la base de données de description des carottes. Les surfaces qui ont été modélisées sont la discordance (horizon Uc) qui sépare les roches du socle et les grès de l'Athabasca (figure 6-4A), l'horizon MFd/MFc qui se situe entre ces 2 formations et l'horizon LzL/MFd qui sépare la formation du Lazenby et du Manitou Falls D (figure 6-4B).
Deux autres horizons ont été modélisés : les horizons d'argilite supérieur et inférieur qui correspondent au premier (top) et dernier (bottom) niveaux d'argilite identifiés sur une cinquantaine de sondages étudiés. Cette zone est comprise entre Kianna sud et Anne (figure 6-4C).

La figure 6-4 montre la zone modélisée qui se situe entre la zone 58B et Anne (figures 2-14 et 2-23). Dans cette zone, près de 190 sondages sont représentés. La position des niveaux identifiés a été matérialisée par des marqueurs (markers). Ces marqueurs ont ensuite été corrélés entre eux afin de définir les différents horizons. Néanmoins pour pallier aux erreurs de cotation des différentes limites stratigraphiques, l'horizon Uc a été ramené au niveau de ces marqueurs (MFd/MFc et LzL/MFd) afin de garder la même morphologie. Cette interprétation est vraie dans le cas d'une déformation post-dépôt.

Modélisation 3D de la géométrie des altérations : Reconstruction de la distribution spatiale des minéraux argileux et des guides de la minéralisation



Figure 6-4 : Les différents horizons modélisés à partir des données de terrain : A et B : horizons stratigraphiques ; C : niveaux inférieur et supérieur d'argilites.

La minéralisation d'uranium

Les objets représentant les corps minéralisés en uranium ont été modélisés par les services d'AREVA Canada à partir des analyses géochimiques sur roche totale. Ces objets ont été matérialisés à partir de la grille de krigeage et ont ensuite été transformés en objet surfacique. Cette technique sera aussi utilisée dans la représentation des minéraux argileux et des autres éléments. La figure 6-5A montre les différents corps minéralisés en uranium présents entre la zone de Kianna et Anne. La minéralisation perchée (bleu) est présente uniquement dans la zone de Kianna. La minéralisation strictement à la discordance s'étale de Kianna à Anne (jaune). La minéralisation dans le socle est beaucoup plus massive et profonde dans la zone de Kianna (vert) tandis qu'à Anne (violet) elle est moins épaisse et moins profonde. La minéralisation de la zone 58B n'a pas été intégrée dans ce modèle. Les teneurs en uranium ne sont pas disponibles.

Les Failles

La zone où les failles ont été modélisées se situe entre Kianna et Anne. Ces failles ont été tracées par Janneret (travaux de master 2011) à partir de coupes géologiques réalisées par Feybesse (2010 et 2011) mais aussi à partir de relevés de sondage par les géologues d'ARC. La figure 6-5B montre les différentes failles qui ont été modélisées :

- En vert les failles NNE-SSW,
- En bleu les failles E-W,
- En violet les failles NNW-SSE de pendage sub-verticale,
- En jaune les failles inverses R₃ NNW-SSE de pendage 40° sud.

La modélisation des failles ne s'étend pas sur l'ensemble de la zone d'étude 58B à Anne mais seulement de Kianna à Anne. Les failles tracées représentent principalement les grandes zones de fracturation identifiées dans le socle. Elles ne représentent pas l'ensemble des fracturations qui peut être observé dans les sondages et ne sont pas uniformisées. De ce fait les failles E-W ont été dessinées sur l'ensemble de cette zone tandis que les failles N à NE sont représentées de Kianna sud (au niveau de la coupe A) à Anne, les failles représentant la structure graphitiques R₃ (SLC) sont représentées par 2 failles, une située à Kianna et l'autre au sud de la zone d'Anne. Un seul couloir de failles a été tracé pour la faille NNW-SSE subverticale.

Bien que la modélisation des failles ne soit pas terminée, leur présence est essentielle car elle peut permettre de localiser les zones où l'altération hydrothermale est maximale dans les grès et dans le socle. Elle permettra probablement de déterminer les principales structures dans lesquelles les fluides ont pu circuler lors du processus hydrothermal (Ingress et Egress selon le modèle diagénétique -hydrothermal).



Figure 6-5 : Représentation 3D des différents corps minéralisés en uranium et des failles modélisées par les géologues d'AREVA.

A : les corps minéralisés en U : en bleu la minéralisation perchée, en jaune les corps minéralisés à la discordance et en violet et vert les corps minéralisés dans le socle.

B : les différentes failles.

C : la répartition des corps minéralisés (rouge) et des failles à la discordance (plan bleu clair).

La figure 6-5C regroupe les 3 types de surface modélisés : la discordance (horizon Uc), les failles et les corps minéralisés. Les minéralisations du socle dans le gisement de Kianna tendent à avoir une orientation E-W et certaines minéralisations en dessous de la discordance sont orientées suivant le conducteur graphitique. La minéralisation perchée est difficile à associer avec une direction de fracturation car dans les grès l'orientation des structures est difficile à déterminer en raison de la forte bréchification et de l'intense altération des roches. Peu d'informations structurales sont donc visibles dans les grès.

6.3.2. Objet de type volumique

La modélisation volumique est basée essentiellement sur les données d'analyse chimique effectuées sur les sondages. Ces données comprennent les éléments chimiques majeurs et traces. Cependant, elles n'intègrent pas la teneur en SiO₂, ni la perte au feu PF des roches. Les échantillons analysés en géochimie sont prélevés tous les 20 m du début du sondage jusqu'à 600 m de profondeur et ensuite tous les 10 m jusqu'à la discordance. A proximité de zones minéralisées cet échantillonnage est plus sélectif et limité aux zones ayant une forte radiométrie, il peut être métrique voir décimétrique (tous les 50 cm). Dans le socle, l'échantillonnage est généralement tous les 10 m ; des prélèvements sélectifs peuvent être plus rapprochés car les minéralisations interceptées sont généralement des veines.

La construction du modèle passe par la création d'une grille (Sgrid) ajustée à la discordance afin de reprendre la déformation qui lui est associée. La modélisation a été réalisée à partir de 2 grilles (Sgrid) correspondant au grès du bassin et au socle. La grille des grès fait 200 m d'épaisseur à partir de la discordance (figure 6-6 A) ; elle comprend un maillage de cellules (150, 150, 150) pour une dimension de (2100 m, 1200 m, 200 m). La grille du socle (figure 6-6 B) de dimension (2100, 1200 m, 320 m) a été subdivisée en 3 grilles plus petites correspondant aux gisements de 58B, Kianna et Anne :

- Gisement 58B : dimension (800 m, 1200 m, 150 m) et maillage (100, 100, 250).
- Gisement de Kianna : dimension (370 m, 340 m, 315 m) et maillage (100, 100, 300).
- Gisement d'Anne : dimension (1200, 1060 m, 150 m) et maillage (100, 100, 100).

Cette subdivision de la grille du socle est due à la faible proportion de données existantes.

La figure 6-6 A correspond à la grille construite dans les grès (au dessus de la discordance). Elle montre la distribution des éléments modélisés (ici la teneur en Al_2O_3) reposant sur une couche de cellules (maillage) correspondant au krigeage avec une variation de la teneur définie par un code couleur. Les pointillés rouges sont la distribution des données disponibles. La figure 6-6 B montre la grille du socle et la distribution des données dans cette zone. La figure 6-6 C montre globalement la répartition des données dans les différentes grilles.

Comme présenté précédemment, la modélisation passe par la détermination d'un variogramme théorique et par un krigeage. A partir de ce krigeage on peut modéliser des corps volumiques par une enveloppe surfacique.



Figure 6-6 : Représentation des 2 grilles utilisées pour la modélisation du halo d'altération dans les grès et dans le socle et la répartition des données chimiques utilisées.

A) grille dans les grès.

B) grille dans le socle.

C) montre la répartition de toutes les données disponibles (échantillons analysés en géochimie).

6.4.Modélisation du halo d'altération

Pour construire le modèle 3D de distribution des minéraux argileux et des minéraux accessoires dans le halo d'altération, les principaux éléments chimiques utilisés sont Al₂O₃, K₂O, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅, LREE, HREE et Sr. La composition des grès de l'Athabasca est relativement simple (Hoeve et Quirt, 1984, Quirt, 1985, 1995, 2001) : elle comprend essentiellement du quartz et des argiles. Il est facile de déterminer la proportion de chaque type d'argile à partir d'un calcul normatif (Quirt, 1995). L'aluminium est l'élément chimique de base dans la composition des argiles. Dans un tel milieu, Al₂O₃ est l'élément chimique qui va caractériser les argiles dans leur ensemble. La quantification des minéraux est basée sur la nature spécifique des cations combinés à l'aluminium dans leur structure cristalline. Elle se fera par un calcul modal séquentiel. Ainsi l'illite va être caractérisée en premier sur la base de la teneur en potassium, la dravite sur la base de la teneur en bore, les chlorites (sudoite et chlorites trioctaédriques) sur la base des teneurs en fer et magnésium non intégrés dans les illites ou la dravite et enfin la kaolinite et l'hématite seront quantifiées respectivement à partir de l'aluminium et du fer restant après la quantification des silicates précités.

Dans les roches du socle le calcul normatif est beaucoup plus délicat (Quirt, 1995), car en fonction du degré d'altération des roches, il peut persister beaucoup de minéraux (métamorphiques ou magmatiques) qui intègrent les éléments chimiques pris en compte pour estimer les quantités d'argiles et de minéraux associés (feldspaths, micas, grenats, cordiérites, sillimanite, etc). Cela peut donc influencer la distribution des éléments dans le calcul normatif. Une autre approche (décrite par la suite) sera proposée pour caractériser le halo d'altération de manière plus globale.

6.4.1. Etude du halo d'altération dans le bassin

Modélisation de la distribution en aluminium Al₂O₃

Un variogramme théorique à été construit à partir des teneurs en Al_2O_3 (exemple en Annexe 6-1 et 6-2) et le remplissage de la grille construite pour les grès (figure 6-6 A) a été calculé par krigeage. Ce modèle volumique ainsi créé a été transformé en objet surfacique. C'est sur cette forme que les différents résultats de modélisation seront présentés.

Comme mentionné plus haut, la distribution de $|A|_2O_3$ caractérise la distribution des argiles dans les grès sans distinction de leur nature cristallochimique. Afin d'optimiser la qualité de la modélisation de ces argiles, 3 variogrammes ont été créés : (1) $A|_2O_3$ inférieur à 1 %, (2) $A|_2O_3$ entre 3 et 6 % et (3) $A|_2O_3$ entre 5 et 30 %.

La figure 6-7 montre 4 modèles de distribution de l'Al₂O₃ :

 Le modèle avec des teneurs inférieures à 1 % montre que les grès qui contiennent ce pourcentage d'argile se situent principalement dans la formation du Manitou Falls D et dans la partie inférieure du Manitou Falls C. Cette distribution semble se cantonner uniquement le long du SLC (Annexe 6-11).



Figure 6-7 : Modèles de distribution des teneurs en Al₂O₃ entre la zone 58B et Anne. Les sondages représentent le gisement de Kianna. Les horizons LzL/MFd, MFd/MFc et Uc représentent respectivement les limites entre les formations Lazenby Lake, Manitou Falls D et Manitou Falls C.

- En jaune la modélisation des teneurs inférieures à 1% Al_2O_3 réparties dans le MFd, à la base du MFc et une fine couche intercalée dans le MFc. Les teneurs entre 4 et 6 % Al_2O_3 sont réparties dans la partie basale du MFc et surtout dans la moitié supérieure du MFc jusqu'à l'horizon MFd/MFc. Les teneurs sup à 7 % Al_2O_3 sont réparties dans la moitié inférieure du MFc. Les teneurs a 10 % Al_2O_3 se limitent uniquement à la zone de Kianna.

- Dans le modèle où les teneurs en Al₂O₃ sont comprises entre 4 et 6 %. Les argiles contenant ces teneurs sont localisées dans deux niveaux distincts : (1) en dessous de l'horizon MFd/MFc et (2) dans la partie basale de la formation Manitou Falls C (Annexe 6-12).
- Dans le modèle où les teneurs en Al₂O₃ sont supérieures 7 %, les fortes teneurs en argile sont localisées essentiellement dans la partie basale des grès du Manitou Falls C et le long de la discordance. Enfin, Les valeurs supérieures à 10 % d'Al₂O₃ sont principalement localisées vers la base de la formation Manitou Falls C, dans le gisement de Kianna (Annexe 6-13).

Ces différents modèles montrent que la distribution des teneurs en Al_2O_3 dans les grès du Manitou Falls est stratifiée. Globalement ces différents niveaux identifiés sont conformes à ce qui a été décrit par Quirt (2002) et Kister (2003, 2005) dans la mesure où les grès argileux de la formation Manitou Falls C sont intercalés entre 2 niveaux gréseux pauvres en argiles : les grès propres basaux et ceux de la formation Manitou Falls D. Cependant, à plus haute résolution, la distribution des teneurs en Al_2O_3 permet de distinguer deux niveaux argileux : (1) le niveau des grès argileux inférieurs (sup 7 % Al_2O_3) et (2) le niveau des grès argileux supérieurs où s'intercalent les argilites (entre 4 et 6 % Al_2O_3).

Modélisation de la distribution des minéraux argileux

Les quantités respectives des minéraux argileux et de la dravite ont été calculées à partir des calculs normatifs et ramenées à la proportion d'argile totale dans la roche. Elles ont été ensuite modélisées. La figure 6-8 montre la répartition des zones où les proportions en kaolinite, illite et sudoite sont respectivement supérieures à 60 % de l'argile totale contenue dans les grès. Ces proportions ont été choisies afin d'éviter les effets de superposition des différents types d'argiles dans l'analyse du modèle.

- La kaolinite est l'argile qui prédomine dans la partie basale des grès dans les secteurs minéralisés modélisés (Kianna, Anne et 58B). C'est dans le gisement de Kianna que l'extension verticale de la zone à kaolinite est maximum (elle atteint la formation du Manitou Falls D).
- L'illite prédomine sur les autres minéraux argileux dans la partie supérieure de la formation du Manitou Falls C et dans dans toutes les formations des grès supérieurs susjacentes dans l'ensemble du district de Shea Creek.
- La sudoite est globalement présente dans la partie basale du Manitou Falls C et dans le Manitou Falls D. La sudoite est plus développée dans le gisement de Anne que dans le gisement de Kianna. C'est dans le gisement 58B qu'elle semble s'étendre le plus haut dans les formations gréseuses.

Modélisation 3D de la géométrie des altérations : Reconstruction de la distribution spatiale des minéraux argileux et des guides de la minéralisation



Figure 6-8 : Modèles de répartition de l'illite, de la kaolinite, de la sudoite dans les gisements situés dans le transect 58 B à Anne. Dans le coin gauche est représentée une vue de dessus de la zone modélisée.

Le halo de kaolinite s'étend globalement dans la partie basale de la formation MFCc sauf au niveau de Kianna où il s'observe sur l'ensemble d e la formation MFc. Il est absent entre les gisements de Kianna et 58B et peut être localement développé à Anne Le halo d'illite s'étend sur l'ensemble de la partie supérieure de la formation MFc et dans la formation MFd entre les gisements de 58 à Anne.

Le halo de sudoite s'étend principalement dans la partie basale de la formation MFc. Cependant elle s'observe aussi dans le MFd mais essentiellement à Anne et 58B.

Le halo de dravite s'étend à la base de la MFc mais semble absent au niveau de Kianna.

 Les plus fortes concentrations en dravite (> 1%) se situent dans la zone de Anne et de 58B, là où la sudoite est également bien développée. Cette dravite semble être principalement abondante dans la partie basale de la formation Manitou Falls C.

Cette modélisation montre qu'il existe une distribution particulière de chaque type d'argile dans le halo d'altération. La dravite est localisée dans les mêmes secteurs que la sudoite, cependant à plus petite échelle, les deux minéraux semblent exclusifs (ils sont en compétition pour l'incorporation du magnésium et de l'aluminium). Globalement les minéraux qui sont associés au halo d'altération hydrothermale (illite, sudoite et dravite) s'étendent latéralement par rapport au halo de kaolinite des grès de la formation Manitou Falls. Cette modélisation de la distribution des minéraux argileux et de la dravite est en adéquation avec les représentations déjà faites par Quirt (2002) sur les différentes coupes 2D de Colette à Anne.

Modélisation de la distribution des éléments trace marqueurs des APS

Dans cette partie, la répartition des terres légères (LREE) et lourdes (HREE) et du Sr a été modélisée (figure 6-9). Ces éléments sont les principaux éléments qui rentrent dans la composition des phosphates sulfates d'aluminium (APS) ou des phosphates d'yttrium (Xénotime) qui se rencontrent de manière anomalique dans les formations de la base du bassin.

- La modélisation des teneurs en LREE supérieures à 100 ppm montre que ces éléments sont présents sur l'ensemble de la formation du manitou Falls C de la zone de Kianna à Anne. Par contre, ils sont relativement moins étendus entre Kianna et 58B. Cette distribution reste cantonnée uniquement dans la formation de Manitou Falls C.
- La distribution des HREE ayant des teneurs supérieures à 30 ppm est localisée uniquement au dessus de la discordance. Au niveau de Kianna, une couche de HREE s'étend également au milieu de la formation Manitou Falls C.
- La distribution du Sr avec des teneurs supérieures à 100 ppm se localisent au niveau de la discordance et dans la partie supérieure du Manitou Falls C. Elles s'étendent de la zone de Kianna à la zone de Anne. A contrario, la zone de Kianna à 58B semble en être dépourvue.

La distribution de ces éléments montre globalement que les HREE sont focalisée uniquement au niveau des zones minéralisées de la discordance et de la minéralisation perchée de Kianna. Les concentrations en HREE de la roche totale sont généralement couplée avec celle de l'Yttrium et signent la minéralisation (uraninite) et/ou le xénotime. Les concentrations en LREE qui signent les APS s'étendent sur l'ensemble de la formation Manitou Falls, bien qu'entre Kianna et 58B ils paraissent moins étendus. Ces concentrations coïncident avec les zones riches en argiles quelque soit le type de minéraux argileux. Le Sr semble être bien développé dans la partie supérieure de la Formation Manitou Falls C. Il peut parfaitement refléter les niveaux argileux supérieurs riches en argilites contenant des APS riches en strontium.



Figure 6-9 : Modélisation des éléments traces LREE, HREE et Sr dans le transect entre les gisements de 58B et Anne. Les sondages représentent le gisement de Kianna. Les plus fortes concentrations en LREE s'étendent sur l'ensemble des grès de la formation Manitou Falls C. Elles semblent moins abondantes du nord du gisement de Kianna jusqu'au gisement 58B.

- Les plus fortes concentrations en HREE s'étalent uniquement à la discordance et principalement dans les zones minéralisées (minéralisation perchée et à la discordance).

- Les plus fortes concentrations en Sr se situent plus loin de la discordance, principalement dans le niveau supérieur de la formation Manitou Falls (grès argileux riches en argilite).

6.4.2. Localisation du halo d'altération dans le socle

Les roches saines du socle ont une composition minéralogique variée et sont principalement constituées de quartz, feldspaths, micas, de pyroxènes, de grenats et d'amphiboles suivant la nature des protolithes. Ceci interdit toute démarche fiable de quantification basée sur un calcul normatif des espèces minérales comme c'est possible dans les grès, compte tenu de la diversité des espèces présentes dans les roches métamorphiques partiellement altérées. Les minéraux argileux du halo d'altération hydrothermale sont essentiellement composés d'illite et de chlorites (sudoite, clinochlore et chamosite) qui présentent la particularité d'être des minéraux riches en aluminium et pauvres en silicium comparativement aux minéraux des roches saines. Ceci est la conséquence de la mobilité différentielle entre la silice et l'alumine dans les processus hydrothermaux. Globalement, l'altération hydrothermale conduit à une perte importante de silicium (pouvant aller jusqu'à la disparition totale du quartz dans les roches les plus altérées) et à la conservation de l'aluminium qui est bien connu pour sa très faible solubilité. Une approche basée sur le rapport SiO₂/Al₂O₃ de la roche totale semble donc appropriée pour circonscrire de manière globale l'extension du halo d'altération le plus poussé.

Familla	Minéraux	6:0		Rapport
Familie		5102		SiO ₂ /Al ₂ O ₃
Quartz	Quartz	100	0	∞
Feldspath	Plagioclase	66	19	3,47
	Orthose	64	18	3,56
	Anorthite	44	36	1,22
	Albite	67	20	3,35
Mica	Biotite	41	11	3,73
	Muscovite	45	38	1,18
Pyroxène	Augite	52	0	∞
	Hypersthène	51	0	8
Amphibole	Hornblende	51	10	5,10
Grenat	Almandin	36	20	1,77
	Pyrope	45	25	1,77
Dravite	Magnesifiotite	37,9	39	0,97
Argiles	Illite	46	37	1,24
	Sudoite	32	36	0,89
	Chlorite Clinochlore	31	24	1,29
	Chlorite Chamosite	29	21	1,38
	Kaolinite	46	39	1,18
	montmorillonite	43	18	2,39

Tableau 6-1 : Teneur en Al₂O₃ et SiO₂ en % oxyde des minéraux des roches du socle. Comparaison du rapport SiO₂/Al₂O₃ entre les minéraux des roches saines et les argiles du Halo d'altération.

Les roches présentes dans le socle au niveau du district de Shea creek sont principalement des gneiss et des granitoïdes qui sont composés de quartz, feldspath, mica, pyroxène, amphibole et grenat. Le rapport SiO_2/Al_2O_3 de la plupart des minéraux présents dans ces roches est supérieur à 3 (tableau 6-1) et le rapport SiO_2/Al_2O_3 de la roche totale varie de 3 à plus de 5 selon la nature du protolite (i.e. du basalte au granitoïde).

Dans les illites et les chlorites du halo d'altération, ce rapport est compris entre 0,9 et 1,4. Les valeurs du rapport SiO₂/Al₂O₃ observées dans les analyses chimiques des roches diversement altérées du sondage Shea 114-11, sont en accord avec ce raisonnement (tableau 6-1). Les roches faiblement altérées montrent un rapport SiO₂/Al₂O₃ supérieur à 3, tandis que les échantillons fortement altérés ont tous des valeurs inférieures à 2 (tableau 6-2). L'attribution de la diminution du rapport SiO₂/Al₂O₃ à l'altération argileuse est confirmée par une augmentation corrélée de la perte au feu (tableau 6-2 et figure 6-10). Néanmoins l'échantillon Shea 114-11 761,30 m montre une perte au feu supérieure à celle des argiles (moyenne 14%). Ceci implique probablement la présence d'un autre minéral de l'altération hydrothermale, la dravite.

Formation	Profondeur	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Perte	Rapport
Formation				au feu	SiO_2/AI_2O_3
	722,50	35,67	30,18	13,17	1,18
Pelitic Gneiss	735,10	39,64	30,98	10,75	1,28
	744,90	39,73	31,13	10,72	1,28
Correctito	757,60	36,27	29,13	11,95	1,25
Garnetite	761,30	26,57	24,42	18,68	1,09
Cranhitia Craisa	773,40	37,19	29,17	13,22	1,27
Graphilic Gneiss	779,60	44,58	29,94	9,28	1,49
Pegmatite	791,00	77,37	12,76	3,42	6,06
	801,45	67,03	20,01	4,77	3,35
	812,75	77,60	7,87	4,04	9,85
	818,15	41,06	29,55	10,60	1,39
	833,40	43,79	26,29	10,37	1,67
	844,50	46,55	25,96	10,71	1,79
Felsic Gneiss	855,50	45,10	30,02	8,75	1,50
	866,50	49,72	26,02	10,13	1,91
	879,10	34,63	25,72	12,26	1,35
	894,35	48,28	27,22	10,49	1,77
	906,60	46,33	28,53	10,56	1,62
	929,10	76,48	13,62	4,31	5,62

Tableau 6-2 : Concentration en AI_2O_3 et SiO_2 des roches du socle dans le sondage Shea 114-11 à partir des analyses chimiques ICPMS (SARM, Nancy). Comparaison du rapport SiO_2/AI_2O_3 entre les différents échantillons.

Au final, le rapport SiO₂/Al₂O₃ de 2,7 a été considéré comme pertinent pour distinguer les roches altérées (SiO₂/Al₂O₃ <2,7) des roches peu ou pas altérées (SiO₂/Al₂O₃ >2,7).

Calcul du rapport SiO₂/Al₂O₃

Dans les analyses de roche totale effectuées dans les campagnes d'exploration, SiO_2 et la perte au feu (PF) n'ont pas fait l'objet d'analyse systématique en raison du surcoût qu'elles engendrent par rapport au protocole d'analyse standard de l'exploration minière (leur obtention nécessitent l'emploi d'une autre méthode d'analyse).

En conséquence, le rapport SiO_2/Al_2O_3 , utilisé ici comme indicateur du halo d'altération argileuse, a donc été estimé sur la base de la formule suivante :



 $SiO_2/Al_2O_3 = (100 - \Sigma oxydes - \Sigma éléments traces/10000)/Al_2O_3$

Figure 6-10 : Diagrammes montrant le comportement du SiO₂, Al₂O₃ et de la perte au feu lors du processus d'altération.

Ce rapport a été calculé pour toutes les analyses chimiques de roches de socle disponibles. Les analyses de ces roches sont nettement moins nombreuses et moins régulières par rapport à celles des grès. La modélisation a donc nécessité une approche plus locale avec un modèle effectué pour chaque gisement (58B, Kianna et Anne). La figure 6-11 présente 2 vues du modèle d'altération du socle selon le transect 58B à Anne. En jaune sont représentés les compartiments altérés, en rose les compartiments peu ou pas altérés et en rouge la position de la minéralisation à la discordance.



Figure 6-11 : Modèle d'altération des roches du socle. En rose les compartiments où la roche est considérée comme saine ou peu altérée, en jaune les compartiments où la roche est altérée (vert avec superposition couleur Uc) et en rouge la position de la minéralisation à la discordance. L'image du haut représente une vue de l'est et celle du bas une vue de l'ouest.

Le modèle du gisement de Kianna (figure 6-12) montre l'étendu de l'altération de la discordance jusqu'en profondeur. Ces altérations définissent des plans qui indiquent probablement des couloirs de fracturation où l'altération est maximale. De ce fait, les surfaces reprenant ces plans ont été tracées afin de déterminer leurs orientations (figure 6-13). Toutes les directions révèlées correspondent aux directions de failles identifiées (NE-SW, N-S, E-W, R₃) dans l'analyse structurale dans la zone de Kianna. Le plan de direction NNW-SSE semble être associé au décalage de la discordance.



Figure 6-12 : Modèle d'altération de la zone de Kianna. En rose la zone considérée comme saine, en jaune la zone altérée et en rouge la minéralisation (dans le socle et perchée dans les grès). A, B, C et D montrent différents points de vue sur le modèle. En D la distribution de la minéralisation dans le socle.



Figure 6-13 : Direction de plans identifiés dans le modèle 3D d'altération de la zone de Kianna altérée et par rapport aux différentes minéralisation en rouge (perchée, à la discordance et dans le socle). A : en vert la zone considérée altérée, en violet la zone peu altérée. B : les différentes directions marquées par la limite violet-vert, identiques à celles des failles connues. En vert R3, en orange E-W, e, noir NW-SE et en jaune NE-SW. C : en bleu les failles E-W modélisées par AREVA.

6.5.Interprétation

Ce chapitre sur la distribution spatiale des grès en fonction de la teneur en Al₂O₃, des minéraux et des éléments marqueurs de la minéralisation est en cohérence par rapport aux différents résultats présentés dans les chapitres précédents mais aussi par rapport aux coupes géologiques réalisées par Quirt (2002) et au modèle de Kister (2003 et 2005) sur les gisements de Shea Creek. Il confirme les liens géométriques à grande échelle qui existent entre la distribution de l'Al₂O₃ (argiles), des terres rares REE et les différents types de minéraux argileux dans le bassin, dans le socle entre l'altération et les différentes structures. Cependant il met en évidence qu'il y a une stratification plus fine que les précédents modèles.

Dans la formation Manitou Falls les niveaux stratigraphiques identifiés sont ceux dans lesquels les concentrations inférieures à 1% d'Al₂O₃ correspondent aux grès propres, les concentrations en Al₂O₃ sup à 4 % pour les grès argileux supérieurs et les concentrations en Al₂O₃ supérieures à 7% pour les grès argileux basaux (figure 6-14A). La distribution des phases argileuses est fortement contrôlée par la stratigraphie des grès ; les niveaux à kaolinite sont localisés dans la zone basale riche en argile (figure 6-14B). Le halo riche en illite enveloppe les zones à kaolinite et semble bien être exprimé dans les niveaux argileux supérieurs de la formation MFc contenant les argilites (figure 6-15A). La sudoite et la dravite se développent dans les zones riches en Al₂O₃, néanmoins leurs comportements semblent montrer une compétition pour l'incorporation du magnésium et de l'aluminium (figure 6-15B et 6-16). Pour les éléments chimiques LREE, leur distribution caractérise le niveau argileux basal. Les HREE sont bien marqués au niveau des zones minéralisés (figure 6-16).

Globalement, la distribution des minéraux argileux montre que dans les gisements de Anne, Kianna et 58B, les zones où l'illite et la sudoite sont bien développées, atteignent la formation du MFd tandis qu'entre ces gisements elles sont moins abondantes et s'étendent dans le long de la formation MFc. Ceci sous entend que les zones d'injection de fluide du socle vers le bassin correspondent aux zones où l'altération hydrothermale est la plus développée (Egress).

La modélisation du halo d'altération par le rapport SiO₂/Al₂O₃ pour les roches du socle (figure 6-17) peut aider à matérialiser les compartiments fortement altérés de ceux qui ne le sont pas et leurs frontières sont le plus souvent des discontinuités structurales (failles). Les compartiments les plus altérés (rapport inf à 2,7) entourent la minéralisation que se soit à la discordance ou dans le socle. Les failles R₃ montrent des minéralisations qui sont relativement proches de la discordance et qui sont entourées par le halo d'altération. Dans les minéralisations plus profondes, on retrouve aussi le halo d'altération qui est associé à un certain nombre de couloirs de failles regroupant plusieurs directions. Cette modélisation de la répartition des altérations montre qu'il existe un certain nombre de failles dans le socle qui contrôle l'altération. Elles ont probablement drainées les fluides mobilisés lors du processus d'altération hydrothermale.



Figure 6-14 : Répartition de zones enrichies en argile dans la partie basale du Bassin de l'Athabasca suivant une direction NNW-SSE qui correspond à la coupe C (figure 2-23) définie à partir des teneurs en Al₂O₃ des roches (A) et répartition des zones dans laquelle la kaolinite représente plus de 50 % de la fraction argileuse (B).

En rouge les corps minéraliséss, en jaune les failles R₃, en bleu les failles E-W et en vert les failles NE-SW.



Figure 6-15 : Répartition des zones altérées dans lesquelles l'illite (A) et la sudoite (B) prédominent dans la fraction argileuse de la partie basale des grès d'Athabasca suivant une coupe NNW-SSE qui correspond à la coupe C du transect 58B-Anne (figure 2-23). En rouge les corps minéralisés, en jaune les failles R₃, en bleu les failles E-W et en vert les failles NE-SW.



Figure 6-16 : Répartition des zones enrichies en dravite (A) et des zones enrichies en terres rares et strontium (B) dans la partie basale des grès d'Athabasca, suivant une coupe NNW-SSE qui correspond à la coupe C du transect 58B-Anne (figure 2-23). En rouge les minéralisations, en jaune les failles R₃, en bleu les failles E-W et en vert les failles NE-SW.



Figure 6-17 : Répartition de la zone altérée dans le socle suivant une coupe NW-SE qui correspond à la coupe C du transect 58B-Anne (figure (2-23).

En rouge la minéralisation, en jaune les failles R₃, en bleu les failles E-W et en vert les failles NE-SW.

7. Discussion Générale

La genèse des gisements d'uranium liés à une discordance est un sujet à débat dans le monde scientifique et industriel depuis environ 40 ans. Plusieurs types de modèle génétique ont été proposés.

Ceux-ci peuvent être regroupés sous les termes de :

- modèle supergène (Knipping, 1974; Langford, 1974, 1977; Robertson et Lattanzi, 1974; Ruzicka, 1975; Robertson et al., 1978; Tisley, 1980).
- modèle magmatique (Little, 1974; Morton, 1977; Munday, 1979 et Binns et al., 1980).
- modèle diagénétique-hydrothermal (Pagel, 1975a, 1975b; 1977, Pagel et Jaffrezic, 1977; Hoeve et Sibbald, 1978; Hoeve et Quirt, 1984; Wilson et Kyzer, 1987; Kyzer, 1989; Earle et Sopuck, 1989; Kotzer et Kyzer, 1995; Raffensperger et Garven, 1995a; Fayek et Kyzer, 1997; Quirt et Wazyliuk, 1997; Earle et al., 1999; Derome, 2000a et 2000b; Kyzer et Renac, 2002; Hyatt et Kyzer, 2007; Ciu et al; 1991).

Le modèle diagénétique-hydrothermal est celui qui est le plus communément admis par la communauté scientifique concernée. Les auteurs défendant ce modèle font intervenir soit des fluides qui ont une origine sédimentaire (ou diagénétique) soit des fluides provenant des roches du socle ou encore le plus souvent un mélange de ces deux types de fluide (Wilson et Kyzer, 1987; Kyzer, 1989; Fayek et Kyzer, 1997; Derome, 2000a et 2000b). De nombreux auteurs font intervenir des circulations convectives liées au gradient géothermique du bassin couplées à des injections pulsées lors de réactivation tectonique des failles du socle (Hoeve et Quirt 1984; Raffensperger et Garven, 1995a; Ciu et al; 1991) ou des circulations latérales de fluides en fond de bassin s'injectant dans le socle (Kotzer et Kyzer, 1995; Hyatt et Kyzer, 2007). Le modèle diagénétique-hydrothermal intègre aussi bien les circulations de fluide du bassin vers le socle (Ingress style) que les circulations du socle vers le bassin (Egress style) pour expliquer les divers types de gisements rencontrés dans les bassins paléoproptérozoiques. Ce modèle permet de comprendre la formation des halos d'altération argileuse, systématiquement observés autour des gisements d'uranium et les différents types de minéraux argileux qui les composent, que se soit dans les gisements du bassin d'Athabasca au Canada ou dans celui de Kombolgie en Australie (Kyser et al., 2000).

D'autres études ont été menées en parallèle pour la définition de la colonne lithostratigraphique (Ramaekers, 1977, 1979, 1980, 1990, 2004, 2007; Hoeve et Quirt, 1984; Quirt, 1985, 2001, 2002; Bernier, 2004; Creaser et al., 2007; Gaze, 2001; Post et al., 2007; Long, 2001 et 2007; Mwenifumbo, 2007; Kupsch, 2007 Collier, 2001, 2003, 2005, 2007; Yeo, 2000, 2002, 2007a et 2007b; Hyatt et Kyzer, 2007). Ces auteurs ont mis en évidence les caractéristiques de chaque formation sédimentaire (granulométrie, composition minéralogique, systèmes de dépôts, limites de formation, etc.,).

Dans la zone de Shea Creek, Collier (2001, 2003, 2004, 2007), Yeo (2002, 2007) et Ramaekers (2004, 2007) ont spécifiquement défini toutes les formations stratigraphiques des grès du bassin et plus particulièrement la stratigraphie des formations Smart et Manitou Falls rencontrées directement au dessus de la discordance basale.

Les résultats des études pétrographiques et minéralogiques réalisées dans notre étude confirment le développement d'une vaste zone d'altération répondant à des critères d'interaction fluide-roche qui sont conformes à ceux du modèle diagénétique-hydrothermal.

L'extension de ces altérations est contrôlée par les failles et les fractures associées à la structure SLC de Shea Creek, qui contient l'ensemble des corps minéralisés correspondant à tous les types de minéralisation reconnus (minéralisation perchée dans les grès, minéralisation à la discordance et minéralisation dans le socle). La typologie des paragenèses identifiées dans les grès du bassin (kaolinite-dickite, illite, sudoite, APS) et dans le socle (illite, sudoite, chlorite trioctaédrique et APS) est conforme à celle décrite dans la plupart des gisements d'uranium associés à une discordance partout dans le monde (Hoeve et Quirt, 1984, Kyser et al., 2000, Beaufort et al., 2005, Laverret et al., 2006, Gaboreau et al., 2005, 2007, Cloutier et al., 2010 parmi beaucoup d'autres). Le scénario proposé par Beaufort et al. (2005) pour la mise en place des altérations associées aux gisements d'uranium du bassin de Kombolgie (Australie) semble bien approprié pour l'explication de la distribution spatiale des altérations à Shea Creek (figure 7-1). Dans un tel scénario, l'altération et l'argilisation associée sont initiées par l'infiltration dans le socle de fluides originaires du bassin en réponse à une réactivation tectonique de failles anciennes. L'interaction de ces fluides salins, acides et oxydants avec les roches réductrices du socle, et le recyclage des fluides évolués après l'altération du socle dans les formations sédimentaires situées au dessus de la discordance permettent d'expliquer la répartition et la choronologie relative des diverses paragenèses argileuses et phosphatées.

La transition Illite + svanbergite \longrightarrow illite + sudoite + florencite \longrightarrow chlorite trioctaédrique + apatite observée dans l'espace et dans le temps est interprétée comme une signature de la neutralisation et de la réduction progressive des fluides hydrothermaux (d'origine sédimentaire) en réponse à un degré croissant d'interaction avec les roches du socle.





Néanmoins des points d'ombre persistent au sujet de la formation des gisements d'uranium selon le modèle diagénétique-hydrothermal. C'est particulièrement le cas du questionnement sur la provenance de l'uranium mobilisé pendant ces processus d'altération. En effet, si ce modèle explique bien la formation concomitante des halos d'altération et des corps minéralisés dans les gisements d'uranium, il ne permet pas de comprendre les paramètres qui gouvernent leur localisation dans le bassin (et par conséquent de définir une stratégie pour la prospection de nouveaux gisements). Si la présence d'un halo d'altération centré sur la discordance et sur les failles qui la recoupent est une condition nécessaire à la formation des gisements d'uranium du bassin d'Athabasca, elle n'est pas une condition suffisante à leur formation. En effet, beaucoup des zones altérées au voisinage de la discordance répondant aux critères minéralogiques du modèle diagénétique-hydrothermal ne contiennent pas d'indice de minéralisation en uranium.

Les résultats des travaux de recherche de cette thèse apportent une contribution sur 3 points, essentiels à une meilleure compréhension de la formation du gisement de Shea Creek :

- L'histoire du remplissage sédimentaire,
- La distribution spatiale des argiles dans le halo d'altération,
- l'affinement du modèle génétique.

7.1.L'histoire du remplissage sédimentaire

Du point de vue de la sédimentologie et de la stratigraphie, nos résultats concordent avec les descriptions faites par Collier (2001, 2003, 2005) à partir de la granulométrie moyenne des grès. Dans la formation Smart et Manitou Falls, Collier a mis en évidence 7 faciès distincts marqués par le passage de grès conglomératiques reposant sur la discordance à grès fins dans la formation Smart, eux-mêmes surmontés par des faciès à grès moyens dans la formation du Manitou Falls (inférieur et supérieur). Collier (2004, 2005) suggère que les changements de faciès se mettent en place par modification de l'espace d'accommodation (i.e création et destruction) qui sont probablement en interaction avec divers processus tels que les variations eustatiques du niveau marin, la tectonique régionale ou subsidence en plus du flux sédimentaire, de la paléogéographie et des changements climatiques. Globalement ces changements de faciès peuvent être expliqués par des processus de transgression et de régression dans des environnements non marins (Collier, 2004, 2007). Cet auteur a également mentionné l'absence des grès conglomératiques au niveau de la discordance dans les gisements de Colette et Anne. Des niveaux de grès propres (i.e. très pauvres en matrice argileuse) ont été interprétés par Collier (2001, 2003, 2005) comme de probables faciès éoliens sur des critères de forme (grains émoussés) et de granoclassement inverse. Le matériel déposé a probablement subi un vannage par un processus éolien (Long, 1978 et Fuller, 1985). De nombreux auteurs dont Long (1978, 2000) Ramaekers (2004) et Ramaekers et al., (2007) minimisent cette interprétation basée uniquement sur des critères pétrographiques et non sédimentaires car les preuves de dépôt éolien ne sont pas évidents (rides ondulantes, granoclassement inverse) (Ross, 1983; Tirsgaard et oxnevard, 1998). Cependant Ramaekers et Catuneanu (2004) interprètent globalement le contexte comme étant lacustre à environnement éolien, ce qui est en accord avec nos observations sur des dépôts mis en place plutôt en conditions sous aquatique. Les structures sédimentaires observées sont identiques à ce qui est décrit par Collier (2001, 2003, 2005) : stratifications planes parallèles, obliques et obliques entrecroisées et structures de déformations telles que des convolutes qui montrent un enfouissement rapide de sédiments gorgés d'eau.

D'un point de vue pétrographique, les observations faites dans la formation du Manitou Falls sont globalement en accord avec les descriptions de Hyatt et Kyser (2007) sur les grès de l'est Athabasca. Dans le district de Shea Creek 6 faciès ont été distingués de la discordance au sommet de la formation du Manitou Falls D. A la base du bassin, les grès conglomératiques localement absents au niveau de la structure SLC sont recouverts par une succession de grès propres et de grès argileux avec des intercalations de fins niveaux d'argilite (d'épaisseur centimétrique à décimétrique). L'espace porale entre les grains détritiques est rempli soit par des minéraux argileux en l'occurrence de la kaolinite (ou localement de la dickite), soit par des surcroissances de quartz (ciment siliceux) qui se forment à divers stades de la diagenèse comme le suggére la préservation de la maturité texturale des grains détritiques (peu déformés) ou soit par la déformation marquée des grains détritiques par des figures de compaction d'un compartiment à l'autre. Les niveaux de grès pauvres en argiles et cimentés par le quartz dont les grains sont peu déformés qui sont très présents au dessus des conglomérats des sondages extérieurs au SLC (figure 3-6 F), sont interprétés selon Hyatt et Kyser (2007) comme la conséquence d'un apport d'une source extérieure de silice dissoute provenant probablement du lessivage d'un paléosol. Ces grès silicifiés ou propres sont des niveaux de faible perméabilité et constituent des niveaux aquitards (Hyatt et Kyser 2007). De par leur faible perméabilité, les argilites peuvent également constituer de bon aquitards. Les grès argileux basaux de la formation Manitou Falls C constituent des niveaux poreux et perméables et peuvent avoir servi d'aquifères (Hoeve et Quirt, 1984, Quirt, 2001, Collier 2004 et Hyatt et Kyser 2007). La proportion d'argiles dans ces grès atteind plus de 50% en volume et ces roches montrent toutes les caractéristiques de niveaux sous compactés (grains de quartz détritiques flottants dans un ciment argileux peu déformé et constitué essentiellement de kaolinite vermiculaire d'origine diagénétique). Les grains propres de part et d'autre de ce niveau argileux sont marqués par une fracturation hydraulique syn-diagénétique avec des injections sableuses. Ce niveau argileux basal présente beaucoup plus de caractéristiques de réservoir de fluides captifs que d'aquifère comme interprété par Hyatt et Kyser, (2007).

Le changement de taille des grains détritiques qui est utile pour définir les limites des séquences stratigraphiques montre ses limites dans l'étude de la formation Manitou Falls de par sa nature très dynamique. Une autre approche est donc nécessaire pour mieux comprendre la complexité de cette formation (Hyatt et Kyser, 2007).

L'interprétation qui est proposée diverge par rapport au découpage de la colonne sédimentaire. Selon notre interprétation, les grès peuvent être subdivisés en 2 ensembles : la formation Manitou Falls et une formation supérieure. La formation du Manitou Falls correspond à un seul et même système de dépôt "drainage Roberts". Il n'est pas forcément nécessaire de la découper en plusieurs sous-formations (Smart et les membres de Sandy Warnes et Pebble lower), mais plutôt en faciès. Ces faciès sont principalement représentés par les différents niveaux de conglomérats basaux, de grès propres et de grès argileux. La formation supérieure (Lazenby Lake) correspond aux dépôts de Ahenakew tels que décrit par Ramaekers (1990, 2004, 2007). La distribution des éléments chimiques le long de la colonne stratigraphique montre que la formation Manitou Falls se distingue de la formation supérieure par sa richesse en Al₂O₃, TiO₂, Zr et Th. La distribution des éléments SiO₂, Al₂O₃, TiO₂ et Zr dépend des processus de transport et de dépôt des sédiments (Maréchal, 2000). De ce fait elle est liée à la granulométrie.

Globalement dans la colonne sédimentaire, la distribution dees éléments TiO₂, Zr, Th, LREE, HREE, Sr, Y, U et Nb présente un comportement similaire à celui d'Al₂O₃ (figures 5-18 à 5-21 et Annexes 6-3 et 6-4). Ce qui signifie que la variation de ces éléments est étroitement associée à la variation de la proportion d'argile dans les grès. La distribution des éléments chimiques est particulière dans les grès propres de la formation Manitou Falls D car les teneurs en TiO₂, Zr et Nb sont importantes, celle en Al₂O₃ est très faible et les autres éléments tendent à décroitre (figures 5-18 et 5-19 et Annexes 6-3 et 6-4)). Ceci peut s'expliquer par un vannage des particules fines des grès. Les grès de la formation Manitou Falls D ont une origine probablement identique à celle des grès sous-jacents (riches en argile) mais ils ont subi un vannage post-dépôt. Une rupture stratigraphique est bien marquée entre les formations Manitou Falls D et Lazenby Lake. La formation supérieure (Lazenby Lake) est relativement pauvre en éléments chimiques : ceci montre un changement dans la sédimentation (Collier, 2002). Cependant, à plus petite échelle des variations de niveaux riches en éléments apparaissent dans les formations Lazenby Lake et Wolverine Point. Ces niveaux correspondent aux argilites mentionnées par nombre d'auteurs (Hoeve et Quirt, 1984; Quirt, 1985; Ramaekers, 1990, 2004, 2007; Yeo et al, 2000; 2007; Collier, 2001, 2003, 2004, 2007, etc.,) notamment pour la formation Wolverine Point A. La signature gamma ray de ces niveaux argileux peut s'observer facilement dans les sondages éloignés de la minéralisation (sondage hydrogéologique). En effet, la compilation des logs gamma ray obtenue dans les sondages hydrogéologiques du district de Shea Creek démontre que dans un contexte ou les concentrations en uranium sont faibles et très peu variantes, il existe une bonne corrélation entre les variations du rayonnement gamma enregistré et celles des éléments K₂O (illite) et Th (APS) qui caractérisent les niveaux riches en argiles (figure 7-2). Les minéraux qui sont globalement porteurs des éléments Al₂O₃, TiO₂ et Zr, Th, LREE, HREE, Sr, Y, U et Nb sont les minéraux argileux, le zircon, les APS, l'anatase et le xénotime (Mwenifumbo et Bernius, 2007).



Figure 7-2 : Distribution verticale des éléments radiogéniques et du gamma ray dans les sondages hydrogéologiques (Hyd 07-1, 03, 04, 05) localisés à l'extérieur de la zone minéralisée. Dans ce contexte non minéralisé où les concentrations en uranium sont faibles et très peu variables, il existe une bonne corrélation entre les variations du rayonnement gamma enregistré et celles des éléments K_2O (illite) et Th (APS) mesurées dans le roche totale.

Les APS observés dans les grès supérieurs ont une composition de type svanbergite-goyazite avec des teneurs faibles en terres rares légères (LREE), tandis que ceux de la formation Manitou Falls C sont notablement enrichis en LREE (pôle florencite). Certains auteurs (Quirt, 1991; Fayek (1996), Fayek et al 1997), ont mis en évidence la remobilisation des terres rares des grès lors du fonctionnement des systèmes diagénétique-hydrothermaux et de la mise en place des minéralisations associées. La distribution des éléments observée à Shea Creek ne met pas en évidence une telle mobilité des éléments chimiques en relation avec l'altération. Elle suggère plutôt de fortes variations en fonction de la teneur initiale en minéraux argileux des sédiments qui peut être très importante dans certains niveaux de la formation du Manitou Falls C.

De telles constatations suscitent des questionnements sur l'origine des sédiments argileux mis en cause et sur leur environnement de dépôt.

Les kaolinites détritiques qui ont été préservées dans les niveaux de grès fins et d'argilites de la formation Manitou Falls ont les caractéristiques des kaolinites du paléo-régolithe identifiées dans les gisements de Cluff Lake et à Waterbury Lake (Halter 1988). Ces kaolinites sont généralement de très grandes tailles et possèdent des teneurs en fer qui peuvent atteindre plus de 1,8 % du poids total des oxydes du minéral. Ces kaolinites détritiques s'observent dans les argilites de toute la colonne stratigraphique du district de Shea Creek (de la formation Manitou Falls à la formation Otherside). L'origine des argiles détritiques dans les grès du bassin sont donc issues du démantèlement de paléo-altérites des profils d'altération des roches de socle. Une telle source sédimentaire pourrait donc provenir du socle régolithisé qui affleurait dans la région avant et pendant la formation du bassin. Il est à noter que la présence de minéraux détritiques riches en aluminium issus du démantèlement de paléo-altérites (kaolinite, diaspore) a déjà été mentionnée à plusieurs reprises dans le bassin d'Athabasca (Hoeve et Quirt, 1984, Jefferson et al., 2007).

La mise en place de ces sédiments dans le bassin de l'Athabasca reste relativement complexe à comprendre. La préservation de faciès de débordement tels que les argilites est rare dans le Protérozoïque en absence de macrophytes (Schumm, 1968; Cotter, 1978; Long, 1978). Le remplissage sédimentaire fluviatile n'est donc qu'une monotone succession de faciès grossiers et fins amalgamés sans réel marqueur stratigraphique comme des bancs de shale à extension régionale (Christie-Blick et al, 1988; McCormick and Grotzinger, 1993; Erikson et al, 1998; Hyatt et Kyzer, 2007). Dans le district de Shea Creek, les bancs d'argilite semblent avoir une extension locale, cependant elle ne présente aucun marqueur des faciès de dépôt de plaine d'inondation (granoclassement des sédiments, fentes de dessiccation). L'environnement de dépôts le plus souvent proposé est du type cône alluviale (Collier, 2002). Ceci est proposé sur la base des stratifications observées dans les sédiments qui sont associés à des rivières anastomosées ou à un environnement deltaïque-fluviatile lacustre (Ramaekers et Catuneanu, 2004; Collier, 2004, 2007) et qui font intervenir des systèmes de traction des sédiments pour expliquer le remplissage (Catuneanu, 2000, 2006). Cette approche par le système de traction des sédiments permet de comprendre la variation de la taille des grains en fonction de la profondeur du delta lacustre. Elle permet donc, par des processus de rétrogradation-progradation lors de changement climatique, la mise en place des niveaux argileux contenant les argilites associées au cortège d'éléments chimiques et d'expliquer l'origine sous-aquatique des dépôts (Ramaekers, 2005; Hyatt et Kyzer, 2007). Les faibles énergies de traction des sédiments permettent les dépôts des grès fins et argileux, et les fortes énergies de tractions les dépôts de grès moyens (Catuneanu, 2000; Collier, 2004; Collier et al 2007). Cependant, il reste des incertitudes dans cette approche qui concerne l'absence d'accumulation importante d'argilites ou bien également la présence de grès propres dans la formation Manitou Falls avec notamment la variation stratigraphique observée entre la zone intérieure et extérieure du SLC (figure 7-3). L'origine de ces grès propres peut être associée à des fortes énergies de traction des sédiments, ou à un processus de vannage éolien (Long, 1978 Hoeve et Quirt, 1984; Fuller, 1985), ou bien encore à un vannage dû à l'action des vagues ou enfin à une érosion associée à des circulations d'eau météorique. Dans la partie qui suit nous allons nous efforcer de préciser le système de dépôt des sédiments accumulés dans la séquence stratigraphique de la formation Manitou Falls.

7.2.Reconstitution du système de dépôt de la formation basale

La séquence lithostratigraphique de la formation Manitou Falls résulte d'une succession de plusieurs stades de remplissage en fonction de la localisation entre la zone interne ou externe du SLC :

Dans la zone externe du SLC :

- Cette formation débute par des conglomérats qui se déposent sur le socle altéré. Ces conglomérats contiennent des galets arrondis et sont riches en argile. Ils sont surmontés de grès grossiers marqués par une décroissance de l'abondance des grains polygéniques (quartz polycristallins).
- Dépôts de sédiments à grains moyens et uniquement composés de quartz monocristallins sur une épaisseur probable d'une centaine de mètres. Ces grès moyens sont relativement propres avec une forte silicification de la porosité dans les grès. Ils sont probablement le résultat d'une d'érosion qui indique un lessivage des particules fines dans les sédiments. Son épaisseur actuelle est d'une trentaine de mètres.

Zone interne du SLC :

- Erosion des sédiments au niveau de la zone interne du SLC.
- Dépôts de grès moyens monogéniques et bien triés qui sont relativement propres. Ils sont le résultat d'un vannage des sédiments d'une épaisseur actuelle une dizaine de mètres.

- Un dépôt de grès moyens bien triés et riches en argile, d'une épaisseur probable de plusieurs centaines de mètres.
- Une période de vannage et de remobilisation des particules fines, probablement suivi d'une érosion massive. La partie inférieure n'est cependant pas altérée. L'épaisseur actuelle est d'environ 40 m.

Harmonisation du dépôt dans le district de Shea Creek

 Dépôt de grès argileux moyens à fins avec des intercalations d'argilite dans l'ensemble du district de Shea Creek, dont l'origine est probablement des dépôts de crue en milieu sous-aquatique. Le démantèlement d'une partie de ces dépôts d'argilites entraine la dissémination de nombreux intraclastes d'argile dans les sédiments. Cette période est marquée par une sédimentation rapide de par la présence de structures de glissement (convolutes). Ce niveau avait une épaisseur probable de plusieurs centaines de mètres. Une période de vannage probablement suivi d'une période d'érosion. L'épaisseur actuelle est d'une centaine de mètres.

La fin de cette séquence est marquée par un changement du système de dépôt dont la nouvelle source semble plus distale comme le suggère la diminution des teneurs de la roche en TiO₂, Zr et Al₂O₃.

Les interprétations faites sur les limites de séquences sont différentes de ce que préconisent Collier (2003 et 2004) et Ramaekers (2004 et 2007). Dans cette étude nous privilégions une variation stratigraphique des grès de la formation Manitou Falls sans pour autant associer les différents systèmes responsables du remplissage sédimentaire. Selon nos observations et leurs interprétations, la partie basale des grès du bassin correspondant à la formation Manitou Falls résulte du fonctionnement d'un système de dépôt unique : le système de dépôt Roberts. Toutefois une harmonisation peut être proposée entre nos descriptions et celles faites par Collier (2002) (figure 7-3) :

- La séquence de Shea Creek ou Smart formation ==> Grès argileux Manitou Falls C inférieur (riches en kaolinites diagénétiques).
- Manitou Falls inférieur ==> Grès argileux Manitou Falls C supérieur (riches en argilites et en kaolinites détritiques).
- Manitou Falls supérieur ==> Manitou Falls D (grès propres).



Figure 7-3 : Schéma synthétique du remplissage sédimentaire observé dans la formation Manitou Falls. Cette formation a subi plusieurs épisodes de dépôt de sédiments, de vannage des particules fines et d'érosion et de nombreux hiatus sédimentaires. Colonne stratigraphique du Manitou Falls harmonisée par rapport aux précédentes études de Collier (2001,2002, 2004, 2007) et Ramaekers (2004, 2007) (tableau 2-1).

7.3.Rôle de la déformation sur l'histoire du remplissage sédimentaire précoce

Un autre point important est le rôle de la tectonique aux premiers stades de la sédimentation et le positionnement des gisements d'uranium actuels par rapport aux structures des proto-bassins. Aujourd'hui la géophysique permet de cibler les grandes zones de chevauchement et la position des conducteurs graphitiques où se développent les principaux gisements. Cependant, les gisements occupent des positions particulières sur les structures graphitiques (figure 7-4).



Figure 7-4 : Carte montrant la position des structures en grabbens au niveau de Shea Creek. La distribution actuelle des conglomérats semble être conditionnée par la position d'une flexuration précoce (d'après les travaux de Feybesse, 2010).

Selon Feybesse (2010, 2011 et communications personnelles) la formation du bassin dans la région de Shea Creek aurait eu lieu dans un cadre structural qui peut être résumé comme suit : la déformation est initiée par une compression régionale E-W qui forme les nombreuses failles inverses NNW-SSE (R₃) servant de niveaux de décollement à l'origine de la zone de chevauchement du sud-ouest du bassin de l'Athabasca (Beaudemont, 1998). Ces failles se développent principalement dans les métapelites riches en carbone (gneiss graphitiques) à l'origine de la flexuration du socle très visible en géophysique (images magnétiques) aux environs de Shea Creek. Cette phase compressive E-W entraine la formation de nombreuses failles normales E-W interprétées comme responsables d'une structuration en horsts et en grabens. L'activité de la zone de la faille Beatty River entraine une réorientation de ces grabens vers le sud donnant ainsi des directions NW-SE. La structuration en graben est bien développée au niveau de gisements de Kianna (3-26) et d'Anne (figure 7-5). Comme il a été montré dans les figures 3-12, 3-13 et 3-30 et 7-4, la distribution de conglomérats n'est pas uniforme dans ce contexte structural de flexuration et dépend de la mise en place des horsts et de grabens. Les conglomérats sont généralement absents dans les grabens situés à l'aplomb de la flexure (figure 7-5).


Figure 7-5 : Coupe lithotectonique synthétique de la zone d'Anne (Feybesse, 2011). Cette coupe montre la morphologie en horst et grabben et la distribution des différentes failles identifiées dans la zone.

Selon Feybesse (communication personnelle), le scénario de la sédimentation précoce observée au fond du bassin dans le district de Shea Creek pourrait être le suivant (figure 7-6) :

- 1- Altération du socle au niveau du district de Shea Creek. Le paléo-régolithe est très peu développé dans les gisements de la zone de Kianna à Anne. Le lessivage du socle a probablement été initié lors de la compression E-W entrainant ainsi une flexuration et son érosion. La mise en place des conglomérats est à associer à cette phase de flexuration du socle.
- 2- Développement de la flexuration qui entraine la formation de grabens distribués parallélement à la direction de compression. Les conglomérats sont syn-flexuration et anté-grabens. Cette interprétation se base sur le fait qu'un dépôt de grès conglomératiques post-flexuration entrainerait principalement leur dépôt à l'intérieur des grabens.
- 3- Les dépôts de grès moyens se mettent en place dans l'ensemble de la zone de Shea Creek et se déposent directement sur le socle au niveau de la flexure. Globalement le stade de dépôt des grès coïncide avec le développement des grabens (figure 7-6). Il marque le début du système de remplissage Roberts et s'étend probablement entre 1750 et 1700 Ma.
- 4- Différentes phases de dépôt de sédiments de la formation Manitou Falls se succèdent et accommodent la déformation au niveau des grabens (figures 7-3 et 7-7).



Figure 7-6 : Schématisation du remplissage sédimentaire précoce associé à la formation des grabens dans la zone de Shea Creek. 1) Période post-orogenèse et début de la compression E-W qui entraine la flexuration du socle et son érosion. 2) Mise en place des grabens durant la flexuration et son remplissage sédimentaire. (A). Premiers stades de la formation des grabens. (B) initiation du remplissage sédimentaire. (C) Première phase d'érosion et de vannage du dépôt sédimentaire.



Figure 7-7 : Schématisation du remplissage sédimentaire associé à la formation de grabens la zone de Shea Creek (suite). 3) 2ème phase de dépôt et de vannage des sédiments. 4) 3ème phase de dépôt de sédiments.Les grains détritiques sont plus fins comprenant des niveaux d'argilite et d'intraclastes argileux. Cette phase est suivie par une période de vannage et d'érosion des sédiments. A partir de la phase 4, la compression E-W décroît.

7.4.L'histoire de l'enfouissement des sédiments précoces (évolution diagénétique)

Lors de la subsidence des bassins, l'enfouissement des sédiments génère un ensemble de réactions diagénétiques (interactions fluide-minéraux, compaction et modification des propriétés texturales des roches) qui sont bien connues pour avoir un impact majeur sur la chimie des solutions et sur l'évolution des qualités réservoir (porosité, perméabilité) des formations sédimentaires. D'une manière générale, la salinité des fluides (et par conséquent leur concentration en solutés) croît corrélativement avec l'intensité de la diagenèse d'enfouissement. C'est la raison pour laquelle les fluides de fond de bassin sont bien connus pour leur forte salinité et leur richesse en éléments métalliques dissouts.

Au paroxysme de la subsidence, la colonne sédimentaire du bassin d'Athabasca a atteint une épaisseur de l'ordre de 5000 m et la température des réactions diagénétiques a atteint plus de 200°C dans les parties les plus profondes (Pagel, 1975a, 1975b; Hoeve and Sibbald, 1978; Hoeve et al., 1980; Hoeve and Quirt, 1984, Kotzer et Kyser, 1995).

L'étude pétrographique et minéralogique des formations sédimentaires situées au dessus de la formation Manitou Falls sont en accord avec de telles estimations de profondeur et de température. Les figures de compaction des grains détritiques (poinçonnement des grains détritiques, microstylolites) et/ou la cimentation quartzeuse de la porosité primaire par mécanisme de pression-solution (surcroissance de quartz secondaire) sont abondantes et la composition des argiles diagénétiques est dominée par la dickite, bien connue pour remplacer progressivement la kaolinite dans un intervalle de profondeur compris entre 3000 m et plus de 5000 m (Beaufort et al., 1998; Hassouta et al., 1999; Lanson et al., 2002).

Dans la formation Manitou Falls, les effets de la diagénèse sont sensiblement différents de ceux observés dans les formations supérieures. Le taux de compaction de certains niveaux est beaucoup plus faible et met donc en évidence un fort contraste entre les formations de grès propres qui sont très cimentées par les surcroissances de quartz secondaires et les formations argileuses sous-compactées (2 niveaux de grès argileux du MFc), qui sont intercalées entre les grès silicifiés (très compactés). Les formations argileuses sont totalement préservées de la cimentation siliceuse ; elles ne sont que faiblement affectées par la compaction et même souvent dépourvues de figures de compaction (roches gréseuses sous-compactées développant une forte microporosité). Une telle configuration dans laquelle des niveaux de sédiments sous-compactés sont intercalés entre des niveaux très peu perméables est caractéristique de l'établissement de zones de pression anormales au cours de la diagenèse profonde (Burley et Mc Quaker, 1992) et du comportement captif des fluides piégés dans de tels réservoirs (i.e. la libération des fluides ne compense pas l'augmentation de pression liée à la compaction).

Il existe une signature minéralogique spécifique de la diagenèse argileuse dans ces niveaux affectés par un régime de pression anormale.

Celle-ci se matérialise par la très nette prédominance de la kaolinite (détritique et diagénétique) sur la dickite qui est totalement absente dans les niveaux les moins compactés.

Dans les roches argileuses faiblement compactées (argilites), la kaolinite prédomine largement sur la dickite, tel qu'observé aussi par Quirt (2001) dans des argilites de la formation Wolverine Point. La dickite ne s'observe que dans les niveaux de microdéformation des grains de kaolinite détritique. Dans les grès sous-compactés, la kaolinite est le seul minéral argileux présent et son origine est souvent mixte : gros grains de kaolinite détritique (riches en fer) préservés dans un ciment de kaolinite diagénétique (pauvre en fer) de texture vermiculaire typique d'une diagenèse modérée (enfouissement <3000m). Enfin s'il existe de nombreuses évidences pétrographiques de la préservation plus ou moins importante de grain de kaolinite détritique dans l'ensemble des roches argileuses de la formation Manitou Falls, la signature cristallochimique globale de ces kaolinites est diagénétique. Elles présentent un ordre structural extrêmement élevé (indice de Hinkley > 1,5) et une composition isotopique de l'oxygène et l'hydrogène identique à celle des kaolinites diagénétiques caractérisées par ailleurs dans lse diverses formations grèseuses du bassin d'Athabasca (Kotzer et Kyser, 1995).

Parmi les hypothèses qui peuvent être avancées pour expliquer l'occurrence de kaolinite plutôt que de dickite au cours de la diagenèse dans ces roches sous-compactées on peut évoquer les deux suivantes :

- A température équivalente, l'augmentation de la pression (résultant d'un passage du régime hydrostatique au régime lithostatique) peut exercer un rôle inhibiteur sur la vitesse de transformation diagénétique de la kaolinite-dickite.
- En diminuant fortement l'activité de l'eau dans le système, la forte salinité des solutions captives pourrait inhiber la transformation diagénétique de la kaolinite en dickite (Vidal et al., 2012).

On peut noter que ces deux hypothèses ne s'excluent pas mutuellement.

Comme beaucoup d'auteurs l'ont déjà suggéré (Hoeve et Quirt, 1984; Kyzer, 1989; Kotzer et Kyzer, 1995; Raffensperger et Garven, 1995; Hyatt et Kyzer, 2007; Cui et al., 2011) les niveaux sédimentaires situés à la base du bassin de l'Athabasca ont probablement servi de réservoir au cours de l'histoire diagénétique avec une augmentation notable de la salinité des eaux en fond de bassin (Richard, 2010, 2011; Mercadier, 2010), associée aussi aux variations climatiques (Ramaekers et Dunn, 1977; Kotzer et al., 1992; Buchan et al., 2000; Personen et al., 2003; Zhao et al., 2004). Notre interprétation va dans ce sens : au cours de l'évolution du bassin ces niveaux ont probablement servi d'aquifère avant de devenir des réservoirs captifs dans lesquels la pression des fluides est devenue supérieure à la pression hydrostatique après la construction de barrières de perméabilité dans les grès compactés situés de part et d'autre (figure 7-7). Le fonctionnement en système clos de l'interaction fluide-roche est un facteur favorable à l'augmentation globale de la salinité en concentrant

les éléments libérés par la dissolution des minéraux des sédiments (uranium et éléments métalliques compris).

La concentration en défauts d'irradiation particulièrement élevée des kaolinites dans les roches argileuses sous-compactées, la forte concentration de LREE dans les APS et la bonne corrélation existant entre la concentration en défauts et le débit de dose actuel de ces roches mais aussi les fortes concentrations en éléments chimiques Al₂O₃, TiO₂ et Zr , Th, LREE, HREE, Sr, Y, U, Nb etc., sont des arguments forts pour un apport de quantités significatives d'uranium avec les sédiments et pour le piégeage de cet élément dans un milieu réducteur suivi d'une évolution vers des solutions acides et oxydantes au cours de la diagenèse profonde.

En conclusion, la diagenèse a exercé un rôle majeur pour la constitution des gisements d'uranium à Shea Creek en :

- Isolant des réservoirs de fluides captifs caractérisés par une pression de fluide anormalement élevée dans les niveaux sédimentaires riches en argiles détritiques de la formation Manitou Falls situés à la base du bassin,
- En transférant l'uranium sédimentaire dans les solutions oxydantes piégées dans ces réservoirs (figure 7-8).



Figure 7-8 : Evolution des grès argileux vers des réservoirs captifs au paroxysme de la subsidence (et de la diagenèse). Avec l'augmentation de la profondeur d'enfouissement, la cimentation diagénétique des grès « propres » crée des barrières de perméabilité de part et d'autre des grès argileux qui évoluent progressivement vers des réservoirs isolés dans lesquels les fluides captifs acquièrent des pressions supérieures à la pression hydrostatique.

7.5.Altération et minéralisation à Shea Creek

Les phénomènes d'altération et de minéralisation en uranium de Shea Creek sont semblables en tout point à ceux décrits dans les autres gisements d'uranium du bassin d'Athabasca dont la genèse est interprétée sur les bases du modèle diagénétique-hydrothermal (Hoeve et Quirt, 1984; Earle et Sopuck, 1989; Quirt et Wazyliuk, 1997; Quirt, 2001; Wazyliuk, 2002 et bien d'autres).

Plusieurs hypothèses ont été énoncées pour expliquer la mobilité à grande échelle des fluides diagénétique-hydrothermaux : mise en place des dykes de Mc Kenzie à 1270 Ma (Lecheminant et heaman, 1989), orogenèse à Greenville de 1150 à 1000 Ma (Hoffman, 1990; Mosher, 2002), et la réactivation des failles de Harisson Growth (Feybesse, 2009). Cependant, il est communément admis (Jefferson et al., 2007) que la formation des gisements d'uranium du bassin d'Athabasca a été initiée par une réactivation tectonique des grandes failles du socle dans un contexte régional globalement compressif. Ce dernier conduisant à la création de nombreuses failles inverses qui recoupent la discordance et les formations sédimentaires sus-jacentes (Cui et al., 2012). La fracturation qui est observée s'est donc mise en place dans un contexte d'inversion structurale et de soulèvement du bassin qui a du générer un reprise de l'érosion et une diminution de la pression des fluides dans tous les compartiments du bassin qui étaient soumis au régime hydrostatique pendant la phase d'exhumation. Dans un tel contexte, l'augmentation du différentiel de pression des fluides entre les compartiments à pression anormale et les compartiments à pression hydrostatique peut être considérée comme un facteur déclencheur de la formation des brèches hydrauliques, fréquentes de part et d'autre des compartiments argileux, qui servent de piège structural pour le dépôt des corps minéralisés perchés ou situés à la discordance (figure 7-9 A).

Comme cela a été décrit dans le chapitre consacré à la pétrographie, de nombreuses fractures hydrauliques et des figures d'injection de fluides ont été observées dans les grès propres reposant directement au dessus de la discordance. Le remplissage de ces fractures par du matériel non consolidé et de kaolinite seule suggère un lien étroit entre cette fracturation et la libération brutale de la surpression des réservoirs argileux en état de surpression locale. Ces kaolinites ont également été identifiées en remplissage de fractures dans le socle près de 20 m sous la discordance (figure 7-9 B).

Dans un tel scénario, il paraît très vraisemblable que les corps minéralisés déposés au niveau des grès propres fracturés de part et d'autre de la zone argileuse (figure 7-8 B) remobilisent l'uranium et les éléments chimiques piégés antérieurement dans les zones réservoirs en pression anormale. Ceci permettrait également d'expliquer la composition polymétallique dans ces 2 types de minéralisation observée dans le bassin (minéralisation perchée et directement à la discordance). Les analyses chimiques des zones argileuses sous-compactées révèlent souvent des teneurs élevées en métaux lourds (voir en annexes 5-4 et 5-5 le tableau des analyses chimiques ICPMS du SARM).



Figure 7-9 : Mise en place de la phase d'altération et de minéralisation selon le modèle diagénétique-hydrothermal. A) Rupture et bréchification au toît et au mur du réservoir en surpression libérant les fluides diagénétiques dans le système fracturé.

B) Mise en place des corps minéralisés dans les niveaux fracturés au toît et au mur de la zone initialement en surpression. Forte interaction entre les fluides diagénétiques acides et oxydants et les roches réductrices du socle fracturé. Remontée de fluides réduits du socle vers le bassin et cristallisation des minéraux du halo d'altération (illite, sudoite).

7.5.1. Formation du halo d'altération dans les grès

Seule une infime partie de l'illite ± sudoite observée dans les grès d'Athabasca est associée à la diagenèse (Hoeve et Quirt, 1984, Quirt, 2001). L'illite, la sudoite et la dravite sont essentiellement constitutifs du halo d'altération hydrothermale et qui se sont formées au détriment de la kaolinite et de la dickite (Hoeve et Quirt, 1984, Kotzer and Kyser, 1995; Thomas et al. 1998; Jefferson et al. 2007; Kyser and Cuney 2008) dans toutes les parties du bassin qui ont été infiltrées par les fluides hydrothermaux (enrichis en K, Mg et B) et qui remontent du socle fracturé après son interaction avec le fluides diagénétiques. Dans notre modélisation 3D des minéraux argileux dans le gisement de Shea Creek (figure 7-10), il n'y a pas de lien clairement établi entre ces minéraux et la localisation des corps minéralisés dans les grès ou bien à la discordance. L'illite et la sudoite sont abondantes dans la zone de Kianna à Anne dans laquelle les grès sont minéralisés, mais ces minéraux sont également abondants dans la zone de Kianna nord et 58B où il n'existe pas de minéralisation connue dans les grès.



Figure 7-10 : Coupe longitudinale de la distribution des minéraux argileux issue de la modélisation 3D Gocad. La zone où la kaolinite est préservée, est importante au niveau de Kianna et des autres zones minéralisées à la discordance. L'illite et la sudoite sont abondantes dans les zones 58B, Kianna nord et Anne. Globalement les zones Ingress (bleu) et Egress (orange) peuvent être déterminées.

Il n'existe pas de logique régionale dans la distribution des minéraux argileux dans les formations gréseuses (figure 7-10). Il y a plutôt des spécificités par zone minéralisée : dominance de l'illite à Anne, dominance de la sudoite vers Colette (Quirt, 2002) et faible altération des grès avec persistance de la kaolinite diagénétique à Kianna.

L'interprétation de cette distribution spécifique repose sur l'hydrodynamique des fluides mobilisés pendant la ou les phase(s) d'altération. Dans un tel schéma, les fluides diagénétiques libérés lors de la rupture des réservoirs argileux sur-pressés (riches en kaolinite) seraient à l'origine de la mise place de processus d'altération de type « ingress » (figure 7-10) qui marquent une forte altération des roches du socle alors que les grès reposant sur la discordance sont composés essentiellement de Kaolinite (Kianna à Anne). Les zones de forte illitisation et/ou sudoitisation des grès fracturés (Anne, entre Kianna nord et 58B) représenteraient les processus d'altération de type « egress » (figure 7-10) correspondant au recyclage dans le bassin des fluides évolués provenant des zones d'altération du socle précitées.



Figure 7-11 : Modèle de distribution des minéraux argileux couplant hydrodynamique et signature minéralogique des altérations autour des gisements de Kianna et Anne. La kaolinite est associée aux fluides diagénétiques et l'illite et la sudoite aux fluides hydrothermaux remontant de socle altéré.

Comme cela a déjà été mentionné à Shea Creek (Laverret 2006, Kister (2005, 2006), l'ensemble des minéraux index de l'altération hydrothermale formés dans les grès requièrent l'interaction de la kaolinite ou de la dickite (les seuls porteurs d'aluminium) avec des solutions enrichies en éléments libérés au cours de l'altération du socle sous-jacent (K, Mg ou B). On peut donc estimer que l'abondance relative des minéraux hydrothermaux (illite, sudoite, dravite) qui varie dans les divers gisements est une fonction de l'origine (diagénétique ou hydrothermale) et la chimie des solutions. En d'autres termes, c'est une fonction de l'activité chimique des éléments K, Mg et B dans la solution (figure 7-11).

Le fait que la distribution verticale de ces minéraux soit zonée (dravite-sudoite-illite avec l'éloignement de la discordance) relève plutôt de la cinétique. Ceci peut être lié soit à des différences de vitesse de dissolution des minéraux soumis à l'altération dans le socle (felsdpaths, micas, grenats, cordiérite, etc.,) soit à des différences de vitesse de cristallisation des différentes phases néoformées. Comme l'a décrit Laverret (2002, 2005), le polytype 1Mt de l'illite prédomine à proximité de la discordance, une zone ou la sursaturation par rapport à l'illite des fluides remontant du socle est maximale (justifiant une germination explosive et une croissance très limitée d'illite) tandis que la diminution de l'activité en potassium plus loin au dessus de la discordance va favoriser un taux de nucléation plus faible mais une croissance plus développée de l'illite dont la taille est plus grande et le polytype est 1M. Un raisonnement du même type peut ête tenu pour expliquer la répartition de la sudoite et de la dravite à proximité de la discordance. L'illitisation ou la sudoitisation ne semble pas avoir eu d'impact significatif sur l'enrichissement global des APS en LREE ou sur l'augmentation de la concentration en défauts d'irradiation que nous avons pu mesurer dans la colonne sédimentaire de Shea Creek.

7.5.2. Formation du halo d'altération dans le socle

L'altération du socle fonctionne simultanément avec celle des grès. La nature des minéraux argileux du socle altéré (illite, sudoite, dravite et chlorite trioctaédrique) démontre que cette altération est essentiellement régie dans un premier temps par les infiltrations de fluides acides et oxydants provenant du bassin (Ingress). Cependant l'altération des roches du socle qui se développe au niveau des failles (gouge argileuse) ne conduit pas forcément à un dépôt de minéralisation. Toutes les minéralisations qui sont associées à la faille NNW-SSE (R₃) sont associées à un processus d'altération de type Ingress. Les minéralisations du socle à proprement parlé sont localisées principalement dans les ortho-gneiss felsiques inférieurs et s'étendent à plus de 300 m sous la discordance dans le gisement de Kianna. Ceci indique que la structure graphitique (R₃) n'a pas nécessairement un rôle majeur dans le processus d'altération et de minéralisation en uranium. Les variations de la composition minéralogique des argiles hydrothermales des roches altérées recoupées par différentes failles dépendent principalement de la composition des roches (figures 6-12, 6-13 et 6-17 et 7-5). Les minéraux argileux des roches felsiques sont dominés par l'illite tandis que les roches riches en biotite et grenats développent beaucoup plus de sudoites et les métabasites sont plus riches en chlorite trioctaédrique. Globalement les cristallisations de l'illite et la sudoite sont contemporaines. D'après Laverret (2002) l'âge des illites hydrothermales s'étale dans la même période géologique que celle mesurée dans les illites du bassin (approximativement entre 1400 et 1100 Ma) indiquant ainsi une persistance de l'activité hydrothermale pendant au moins 300 millions d'années probablement associée aux réactivations tectoniques. La chlorite trioctaédrique (de type clinochlore le plus souvent) est moins fréquente que l'illite et la sudoite dans les argiles hydrothermales. Sa cristallisation tardive dans la séquence paragénétique des minéraux argileux du socle altéré est en accord avec une formation à partir de fluides fortement rééquilibrés avec les roches du socle en fin de processus.

Enfin la forte concentration en défauts d'irradiation des argiles dans le socle fortement altéré comparativement au socle peu altéré (forages Hydrogéologiques) et l'absence totale de corrélation entre concentration en défauts des argiles et débit de dose actuel des roches démontrent que contrairement aux zones de grès argileux étudiées au dessus du gisement de Kianna, dans le socle l'irradiation des argiles s'est déroulée en système ouvert avec des transferts importants de fluides riches en uranium dans le système fracturé.

7.6.Les évènements post-minéralisation

Les minéraux les plus tardifs qui ont été observés à Shea Creek dans les grès et dans les roches du socle sont les carbonates (dolomite et calcite) et des smectites. Des veines de carbonates ont été observées dans les roches altérées du socle. Dans les grès, les carbonates sont souvent associés aux smectites. Les smectites présentent à Shea Creek ont été identifiées dans des sondages autant dans les zones minéralisées que stériles et sont localisées principalement à proximité des fractures, à des profondeurs variables ; cependant leur proportion reste relativement faible. Elles ont été décrites comme étant trioctaédriques (Laverret, 2002) mais elles se révèlent être plutôt de type dioctaédrique dans notre étude. Les smectites comme les carbonates sont des minéraux de basse température dont la distribution semble controlée par un réseau de fracturation tardif par rapport au dépôt de la minéralisation. Dans l'état des connaissances, il n'est pas possible d'apporter plus de précision sur l'origine et l'âge de ces dépôts tardifs.

7.7.Comparaison du modèle de Shea Creek aux autres prospects du sudouest Athabasca

Pour confronter les résultats obtenus à Shea Creek, la variation verticale des éléments chimiques a été étudiée sur des sondages de nombreux autres prospects aux alentours. Les sondages des prospects étudiés sont Erica (1 et 4), DGS-7, Alexandra (1 et 3), Shea sud (Shea 3, Shea 22, Shea 107, Shea 108) et le gisement de Maybelle River (MR 102B et MR 104A) qui se situe à l'ouest de Shea Creek dans la province d'Alberta (figures 1-1 et 2-14). L'intérêt de cette approche est de comparer les profils chimiques des colonnes sédimentaires étudiées (figure 7-12).

Globalement dans les différents prospects étudiés, les variations des éléments chimiques étudiés tels que TiO₂, Zr, Y et U se corrèlent bien avec celle d'Al₂O₃ comme cela a été observé à Shea Creek. Cependant, on peut noter que la concentration en Al₂O₃ reste toujours très faible dans les formations basales (<2 %) des prospects stériles (Erica, DGS-7, Alexandra, Shea sud), Elle est plus forte dans les sondages à proximité des gisements de Shea Creek où la teneur en argile est plus élevée : la concentartion en Al₂O₃ atteint 4% dans les forages hydrogéologiques (Annexe 6-5). Enfin, le profil chimique observé dans le gisement de Maybelle River présente beaucoup de similitudes avec celui mis en évidence dans le gisement de Shea Creek. Dans la formation basale, les teneurs en Al₂O₃ sont très élevées (>10 %) (figure 7-12).

Au dessus de ce niveau, une rupture franche s'observe, passant à des teneurs <1 % jusqu'à la surface. Bien que la quantité de données de Maybelle Rivers utilisée ici soit trop faible pour généraliser une comparaison avec Shea Creek, il apparaît que ces deux gisements se distinguent des zones stériles par la richesse locale en argile de leur formation basale et l'alternance des niveaux argileux avec des grès propres (pauvres en argile). La distribution des argiles à Maybelle River suggère un système de remplissage sédimentaire voisin de celui de Shea Creek. Dans la littérature le remplissage au niveau de Maybelle River appartient au système de dépôt Fidler et à la formation Fair Point. Ces sédiments pourraient résulter de conditions de dépôts similaires.



Figure 7-12 : Comparaison des profils chimiques de l'aluminium dans des forages de la région de Shea Creek et de Maybelle River. Al₂O₃ qui signe les minéraux argileux montre des teneurs faibles dans tous les prospects stériles contrairement aux gisements de Shea Creek et Maybelle River où la teneur est très importante dans la formation sédimentaire située à la base du bassin.

8. Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons essayé par une approche multiple comprenant la lithostratigraphique, structurale, minéralogique géochimique et tridimensionnelle de comprendre la formation des gisements du district de Shea Creek. Ceci en s'appuyant sur les relevés de terrain et un sur échantillonnage consistant mais aussi sur les études précédentes sur le district de Shea Creek, sur l'ensemble du bassin de l'Athabasca et sur les gisements d'uranium associés à une discordance. Les résultats présentés dans les différents chapitres permettent d'apporter des réponses aux ambiguïtés concernant le rôle de la sédimentation, l'origine des fluides mobilisés lors du processus hydrothermal et sur la localisation des gisements d'uranium associés à une discordance.

Cette étude s'étend uniquement de la zone de 58B à Kianna du fait de l'indisponibilité des données concernant le gisement de Colette. Les résultats obtenus sont cohérents à ceux des études précedentes (Quirt, 2002 et Kister, 2003 et 2005). De ce fait, le modèle présenté peut être étendu à l'ensemble de Shea Creek. Les points essentiels qui se dégagent dans ce mémoire sont :

• Les minéralisations se développent principalement dans les zones où les déformations tectoniques permettent une accumulation de sédiments riches en argile. C'est précisément au niveau des grabens mis en place par la compression E-W lors de l'activité tectonique du Snowbird-Virgin River que sont localisées les minéralisations dans le district de Shea Creek.

• La distribution des grès conglomératiques et des grès moyens pauvres en argile (grès propres) sur la discordance concorde parfaitement avec la localisation des grabens. Le Paléo-régolithe est absent dans le district de Shea Creek.

• La composition minéralogique des grès est homogène sur l'ensemble de la colonne stratigraphique mais présente des variations de teneur en argile en fonction des formations lithologiques. Les variations stratigraphiques sont marquées par la distribution des éléments les plus immobiles dans les sédiments tels que Al₂O₃, TiO₂, Zr, Nb et Th. La distribution des éléments chimiques est un bon marqueur de la sédimentation initiale notamment dans la formation du Manitou Falls. L'enrichissement en LREE des APS dans les sédiments marque globalement le changement de conditions redox avec la formation d'APS de type svanbergite en milieu oxydant et de type florencite en milieu réducteur. La distribution des LREE dans les APS de l'ensemble de la colonne stratigraphique est similaire aux éléments les plus immobiles. Ceci traduit un changement d'environnement de dépôt au niveau du Lazenby Lake et globalement que les sédiments de la formation Manitou Falls sont riches en éléments métallogéniques et se sont déposés en conditions réductrices. La mobilité des éléments chimiques lors de l'altération hydrothermale est limitée.

• Les kaolinites détritiques observées dans les argilites et grès fins préservés de l'altération, présentent les mêmes caractéristiques que celles du paléorégolithe de Cluff Lake et Waterburry décrites par Halter (1988). Les sédiments du Manitou Falls proviennent du démantèlement d'un paléo-altérite des profils d'altération des roches de socle et donc sont issus du socle régolithisé qui affleurait dans la région avant et pendant la formation du bassin.

• L'évolution diagénétique du bassin est marquée par la transformation des kaolinites détritiques en dickite le long de la colonne stratigraphique. Cependant dans la formation Manitou Falls et dans les niveaux d'argilites, la diagenèse montre une évolution incomplète :

- Dans les argilites l'évolution diagénétique est partielle avec une forte compaction mais une préservation des kaolinites détritiques de par leurs propriétés imperméables.

- La formation du Manitou Falls C présente les caractéristiques de réservoir géologique avec des niveaux riches en argile et sous-compactés scellés par des grès propres compactés. Dans ces grès propres, de nombreuses injections sableuses indiquent une fracturation associée à des surpressions fluides dans les niveaux argileux. Au cours de la diagenèse, les grains de kaolinite détritique vont être transformés en petits vermicules de kaolinite (diagénétique). Ces kaolinites présentent de fortes concentrations en défaut d'irradiation, ce qui sous entend qu'au cours de la diagenèse les conditions redox ont changées : les fluides sont devenus plus acides et oxydants.

• La rupture des barrières de perméabilité que sont les grès propres initie le processus diagénétique hydrothermal et est responsable de la mise en place des gisements d'uranium. Les minéralisations perchées dans les grès et à la discordance se localisent au niveau des grès propres fracturés et bréchifiés et se prolongent dans le socle sous-jacent. La minéralisation profonde dans le socle est plus complexe et semble liée à la lithologie du socle.

• L'injection de fluide diagénétique dans le socle est responsable de l'altération des minéraux primaires des roches métamorphiques en illite, sudoite, clinochlore et dravite. Les illites du socle sont principalement de polytype 1Mt sauf au niveau des minéralisations ou le polytype 1Mc est dominant. La réinjection des fluides (hydrothermaux) du socle enrichis en K, Mg et B vers le bassin déstabilise et recycle les kaolinites porteures de Al₂O₃ en sudoite et illite. Ce halo d'altération hydrothermale qui est constitué, entoure les gisements d'uranium et permet donc de les localiser.

Cette étude permet de consolider le modèle diagénétique hydrothermal existant.

Dans cette étude, nous montrons que les gisements d'uranium sont associés à la mise en place du bassin et à son remplissage sédimentaire local. Le remplissage de la formation basale montre un certain nombre d'indices qui associent la minéralisation dans les grès et dans le socle à la stratigraphie. Ils peuvent donc être utilisés comme guides dans la prospection de nouveaux gisements :

• Des guides structuraux qui permettent de définir les zones d'accumulation de sédiments argileux servant de réservoirs (zones de dépression).

• Des guides sédimentaires et pétrographiques qui permettent de déterminer la répartition des grès conglomératiques et grès moyens sur la discordance et la présence de grès argileux en sous-compaction pouvant servir de réservoir.

• Des guides minéralogiques qui permettent de déterminer la présence de kaolinites diagénétiques, la distribution d'APS riches en LREE et les concentrations de défauts d'irradiation dans les minéraux argileux.

• Des guides géochimiques qui permettent de définir les zones d'accumulation en éléments chimiques qui sont des marqueurs de la minéralisation.

9. Prescriptions

Ce mémoire apporte des nouvelles données dans la compréhension de la genèse des gisements d'uranium. Il est nécessaire de poursuivre les études sur les gisements de Shea Creek et dans le bassin de l'Athabasca. Afin de conforter ces différents résultats, quelques pistes sont proposées :

• Ce mémoire présente de nouveaux résultats. Il serait important de les comparer aux autres gisements d'uranium du bassin de l'Athabasca pour affiner le modèle de genèse des gisements d'uranium de type discordance.

• Dans cette étude toutes les indices montrent que l'uranium est originaire de la paléoaltération qu'à subit le socle. De nombreux échantillons prélevés à Shea Creek montrent la présence d'intraclastes d'argile dans les conglomérats provenant du régolithe. Il paraît important d'identifier les isotopes radiogéniques du plomb dans ces échantillons mais aussi dans le reste des grès peu affectés par l'altération hydrothermale. Les derniers résultats en résonnance paramagnétique électronique (RPE) sur des argilites non altérées apportent déjà une première réponse avec de forte concentration en défaut d'irradiation. Cette étude mérite d'être poursuivie.

• Une datation sur des illites (28 échantillons) a été entreprise afin de caler l'altération hydrothermale dans le temps. Les résultats sont attendus prochainement. Un autre point concernant les illites mérite qui d'être poursuivi concerne les polytypes d'illite dans le socle et la relation 1Mc/1Mt entre les zones minéralisées et les zones stériles.

• La modélisation de l'altération dans le socle mérite également d'être poursuivie. Et il serait intéressant de déterminer un nouvel algorithme afin de calculer la composition des minéraux argileux et permettant de modéliser leurs extensions dans le halo d'altération.

• Une étude concernant les relations entre l'altération du socle et le rôle des structures a été initiée sur le sondage Shea 134. Un certain nombre de résultats a déjà été acquis et n'a pu être présenté dans ce mémoire. Cette étude mérite aussi d'être poursuivie.

Références Bibliographiques

- Alexandre, P., K. Kyser, P. Polito and D. Thomas. "Alteration Mineralogy and Stable Isotope Geochemistry of Paleoproterozoic Basement-Hosted Unconformity-Type Uranium Deposits in the Athabasca Basin, Canada." *Economic Geology* 100, no. 8 (2005): 1547-1563.
- Alexandre, Paul, Yulia Uvarova and T. Kurtis Kyser. "Origin of Uranous and Uranyl Minerals at the Centennial Deposit, Athabasca Basin, Northern Saskatchewan, Canada." *The Canadian Mineralogist* 50, no. 3 (2012): 693-704.
- Allard, Th, E. Balan, G. Calas, C. Fourdrin, E. Morichon and S. Sorieul. "Radiation-Induced Defects in Clay Minerals: A Review." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 277, no. 0 (2012): 112-120.
- Allard, Th and G. Calas. "Radiation Effects on Clay Mineral Properties." *Applied Clay Science* 43, no. 2 (2009): 143-149.
- Annesley, Irvine R, Catherine Madore and Philippe Portella. "Geology and Thermotectonic Evolution of the Western Margin of the Trans-Hudson Orogen: Evidence from the Eastern Sub-Athabasca Basement, Saskatchewan." *Canadian Journal of Earth Sciences* 42, no. 4 (2005): 573-597.
- Armstrong, Richard Lee and Paul Ramaekers. "Sr Isotopic Study of Helikian Sediment and Diabase Dikes in the Athabasca Basin, Northern Saskatchewan." *Canadian Journal of Earth Sciences* 22, no. 3 (1985): 399-407.
- Ashton, K. E., R. P. Hartlaub, K. M. Bethune, L. M. Heaman, N. Rayner and G. R. Niebergall. "New Depositional Age Constraints for the Murmac Bay Group of the Southern Rae Craton, Canada." *Precambrian Research*, no. 0 (2012).
- Ashton, K. E., R. P. Hartlaub, L. M. Heaman, R. M. Morelli, C. D. Card, K. Bethune and R. C. Hunter.
 "Post-Taltson Sedimentary and Intrusive History of the Southern Rae Province Along the Northern Margin of the Athabasca Basin, Western Canadian Shield." *Precambrian Research* 175, no. 1–4 (2009): 16-34.
- Bailey S. W, Chairman. "Summary of Recommendation of Aipea Nomenclature Committed on Clay Minerals." *American Mineralogist* 65, (1980): 1-7.
- Balan, E., G. Calas, C. Fourdrin, E. Morichon and S. Sorieul. "Radiation-Induced Defects in Clay Minerals: A Review." *Nucl Instrum Methods Phys Res B* 277, (2012): 9-9.
- Baudemont, D. and J. Fedorowich. "Structural Control of Uranium Mineralization at the Dominique-Peter Deposit, Saskatchewan, Canada." *Economic Geology* 91, no. 5 (1996): 855-874.
- Beaufort, D. Alteration and Clays Minerals in the Drill-Hole She 114-11 (Kianna Deposit, Saskatchewan, Canada. 2008.

- Beaufort, D. Les Minéraux Argileux Dans Les Environnements Géologiques Hotes Des Gisements D'uranium. 2008.
- Beaufort, D., A. Cassagnabere, S. Petit, B. Lanson, G. Berger, J. C. Lacharpagne and H. Johansen.
 "Kaolinite-to-Dickite Reaction in Sandstone Reservoirs." *Clay Minerals* 33, no. 2 (1998): 297-316.
- Beaufort, D., P. Patrier, E. Laverret, P. Bruneton and J. Mondy. "Clay Alteration Associated with Proterozoic Unconformity-Type Uranium Deposits in the East Alligator Rivers Uranium Field, Northern Territory, Australia." *Economic Geology* 100, no. 3 (2005): 515-536.
- Bethune, K. M., R. C. Hunter and K. E. Ashton. "Age and Provenance of the Paleoproterozoic Thluicho
 Lake Group Based on Detrital Zircon U–Pb Shrimp Geochronology: New Insights into the
 Protracted Tectonic Evolution of the Southwestern Rae Province, Canadian Shield."
 Precambrian Research 182, no. 1–2 (2010): 83-100.
- Bickford, M. E., K. D. Collerson and J. F. Lewry. "Crustal History of the Rae and Hearne Provinces, Southwestern Canadian Shield, Saskatchewan: Constraints from Geochronologic and Isotopic Data." *Precambrian Research* 68, no. 1–2 (1994): 1-21.
- Bookin, A. S., V. A. Drits, A. Plancon and C. Tchoubar. "Stacking Faults in Kaolin-Group Minerals in the Light of Real Structural Features." *Clays and Clay Minerals* 37, no. 4 (1989): 297-307.
- Botis, Sanda, Sergiy M. Nokhrin, Yuanming Pan, Yingkai Xu, Thomas Bonli and Vlad Sopuck. "Natural Radiation-Induced Damage in Quartz. I. Correlations between Cathodoluminence Colors and Paramagnetic Defects." *The Canadian Mineralogist* 43, no. 5 (2005): 1565-1580.
- Brindley, G.W. "Order-Disorder in Clay Mineral Structures." *In: Brindley, G.W., Brown, G. (Eds.), Crystal Structure of Clay Minerals and their X-ray Identification.*, no. Mineralogical Society, London (1980): 125–196.
- Brindley, G.W. and Brown, G. *Crystal Structureq of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*, Edited by G.W. and Brown Brindley, G: Mineralogical Society, 1980.
- BRUNETON, P. "Geology of the Cigar Lake Uranium Deposit (Saskatchewan, Canada)." ECONOMIC MINERALS OF SASKATCHEWAN Saskatchewan Geological Society Special Publication Number 8, (1987): 99 - 119.
- Buchan, K. L., S. Mertanen, R. G. Park, L. J. Pesonen, S. Å Elming, N. Abrahamsen and G. Bylund.
 "Comparing the Drift of Laurentia and Baltica in the Proterozoic: The Importance of Key Palaeomagnetic Poles." *Tectonophysics* 319, no. 3 (2000): 167-198.
- Burley, S. D, Joe, H. S MacQuaker. "Authigenic Clays Diagenetic Sequences and Conceptual Diagenetic Models in Contrasting Basin-Margin and Basin-Center North Sea Jurassic Sandstones and Mudstones." *sedimentary Geology*, (1992): 81-110.
- Cantinolle P., Didier P., Meunier J. D. Parron C. Guendon J. L, Bocquier G. et Nahon D. "Kaolinites Ferrifères Et Oxy-Hydroxydes De Fer Et D'alumine Dans Les Bauxites Des Canonnettes (S. E De La France)." *Clay Minerals* 19, (1984): 125 - 135.

- Card, C.D., J.E. Campbell, W.L. Slimmon and Saskatchewan Geological Survey. *Basement Lithologic Framework and Structural Features of the Western Athabasca Basin*: Saskatchewan Geological Survey, 2003.
- Card, C.D., Campbell, J.E., and Slimmon, W.L. "Basement Lithologic Framework and Structural Features of the Western Athabasca Basin. Summary of Investigations 2003." 2, no. Saskatchewan Geological Survey, Saskatchewan Industry and Resources, Miscellaneous Report 2003-4.2 (2003): 17.
- Card, C.D., Pana, D., Stern, R.A., and Rayner, N. "Basement Rocks to the Athabasca Basin, Saskatchewan and Alberta." *In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 69–87.
- Caumon, Guillaume "Repr'Esentation, Visualisation Et Modification De Mod'Eles Volumiques Pour Les G'Eosciences." 2003.
- Caumon, Guillaume "Vers Une Integration Des Incertitudes Et Des Processus En Geologie Numerique." (2009).
- Christie-Blick, Nicholas, John P. Grotzinger and C. C. von der Borch. "Sequence Stratigraphy in Proterozoic Successions." *Geology* 16, no. 2 (1988): 100-104.
- Cloutier, Jonathan, Kurt Kyser, Gema R. Olivo and Paul Alexandre. "Contrasting Patterns of Alteration at the Wheeler River Area, Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada: Insights into the Apparently Uranium-Barren Zone K Alteration System." *Economic Geology* 105, no. 2 (2010): 303-324.
- Cloutier, Jonathan, Kurt Kyser, Gema R. Olivo, Paul Alexandre and John Halaburda. "The Millennium Uranium Deposit, Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada: An Atypical Basement-Hosted Unconformity-Related Uranium Deposit." *Economic Geology* 104, no. 6 (2009): 815-840.
- Collier, B. "Detailed of Stratigraphy of Paleoproterozoic Athabasca Group Along the Shea Creek-Douglas River Trend and Its Relationship to the Regional Stratigraphy of the Western Athabasca Basin." 2003.
- Collier, B. "Sequence Stratigraphy and Its Use for Uranium Exploration in the Western Athabasca Basin of Alberta and Saskatchewan." *EUB/AGS Earth Sciences Report* Alberta Geological Survey, (2004).
- Collier B, Alberta Geological Survey, & Alberta Energy and Utilities Board. "Sequence Stratigraphy and Its Use for Uranium Exploration in the Western Athabasca Basin of Alberta and Saskatchewan. ." *Alberta Geological Survey.* AGS Publication Government document Electronic, no. AGS Earth Sciences Report 2004-01 (2005).
- Collier, B. "Sequence Stratigraphy in the Western Athabasca Basin of Saskatchewan and Alberta." *In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 281-299.

- Condie, Kent C. "Chemical Composition and Evolution of the Upper Continental Crust: Contrasting Results from Surface Samples and Shales." *Chemical Geology* 104, no. 1–4 (1993): 1-37.
- Condie, Kent C. "Sources of Proterozoic Mafic Dyke Swarms: Constraints from Thta and Layb Ratios." *Precambrian Research* 81, no. 1–2 (1997): 3-14.
- Cotter, E. "The Evolution of Fluvial Style, with Special Reference to the Central Appalachian Paleozoic." *Fluvial Sedimentology* Memoir 5, (1977): 361-383.
- Cramer, Jan J. "Sandstone-Hosted Uranium Deposits in Northern Saskatchewan as Natural Analogs to Nuclear Fuel Waste Disposal Vaults." *Chemical Geology* 55, no. 3–4 (1986): 269-279.
- Creaser, R.A., and Stasiuk, L.D. "Depositional Age of the Douglas Formation, Northern Saskatchewan, Determined by Re-Os Geocheronology." *in Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 341–346.
- Cui, Tao, Jianwen Yang and Iain M. Samson. "Numerical Modeling of Hydrothermal Fluid Flow in the Paleoproterozoic Thelon Basin, Nunavut, Canada." *Journal of Geochemical Exploration* 106, no. 1–3 (2010): 69-76.
- Cui, Tao, Jianwen Yang and Iain M. Samson. "Tectonic Deformation and Fluid Flow: Implications for the Formation of Unconformity-Related Uranium Deposits." *Economic Geology* 107, no. 1 (2012): 147-163.
- Cumming, G. L. and D. Krstic. "The Age of Unconformity-Related Uranium Mineralization in the Athabasca Basin, Northern Saskatchewan." *Canadian Journal of Earth Sciences* 29, no. 8 (1992): 1623-1639.
- Dahlkamp, F. J. "Geologic Appraisal of the Key Lake U-Ni Deposits, Northern Saskatchewan." *Economic Geology* 73, no. 8 (1978): 1430-1449.
- Dal Cin., R. "Climatic Significance of Roundness and Percentage of Quartz in Conglomerates." *Journal of Sedimentary Petrology* Vol. 38, no. No. 4. (December) (1968): Pages 1094-1099.
- David S. McCormick, John P. Grotzinger. "Distinction of Marine from Alluvial Facies in the Paleoproterozoic (1.9 Ga) Burnside Formation, Kilohigok Basin, N.W.T., Canada." *journal of Sedimentary Petrology* 63, no. 3 (1993): 398-419.
- Davidson, Gordon I. and Sunil S. Gandhi. "Unconformity-Related U-Au Mineralization in the Middle Proterozoic Thelon Sandstone, Boomerang Lake Prospect, Northwest Territories, Canada." *Economic Geology* 84, no. 1 (1989): 143-157.
- de la Calle, C., A. Plancon, C. H. Pons, J. Dubernat, H. Suquet and H. Pezerat. "Mode D'empilement Des Feuillets Dans La Vermiculite Sodique Hydratee a Une Couche (Phase 11.85 Aa)." *Clay Minerals* 19, no. 4 (1984): 563-578.
- de Veslud, Christian Le Carlier, Michel Cuney, Guillaume Lorilleux, Jean-Jacques Royer and Michel Jébrak. "3d Modeling of Uranium-Bearing Solution-Collapse Breccias in Proterozoic

Sandstones (Athabasca Basin, Canada)—Metallogenic Interpretations." *Computers & amp; Geosciences* 35, no. 1 (2009): 92-107.

- Derome, Donatienne, Michel Cathelineau, Michel Cuney, Cécile Fabre, Thérèse Lhomme and David A. Banks. "Mixing of Sodic and Calcic Brines and Uranium Deposition at Mcarthur River, Saskatchewan, Canada: A Raman and Laser-Induced Breakdown Spectroscopic Study of Fluid Inclusions." *Economic Geology* 100, no. 8 (2005): 1529-1545.
- Drits, V. A., F. Weber, A. L. Salyn and S. I. Tsipursky. "X-Ray Identification of One-Layer Illite Varieties; Application to the Study of Illites around Uranium Deposits of Canada." *Clays and Clay Minerals* 41, no. 3 (1993): 389-398.
- Earle, Steven. A. M. and Garth. L. Drever. "Hydrogeochemical Exploration for Uranium within the Athabasca Basin, Northern Saskatchewan." *Journal of Geochemical Exploration* 19, no. 1–3 (1983): 57-73.
- Eriksson, P. G., K. C. Condie, H. Tirsgaard, W. U. Mueller, W. Altermann, A. D. Miall, L. B. Aspler, O. Catuneanu and J. R. Chiarenzelli. "Precambrian Clastic Sedimentation Systems." *Sedimentary Geology* 120, no. 1–4 (1998): 5-53.
- Fayek, M., J. Horita and E. M. Ripley. "The Oxygen Isotopic Composition of Uranium Minerals: A Review." *Ore Geology Reviews* 41, no. 1 (2011): 1-21.
- Fayek, Mostafa, Lawrence M. Anovitz, David R. Cole and Debra A. Bostick. "O and H Diffusion in Uraninite: Implications for Fluid–Uraninite Interactions, Nuclear Waste Disposal, and Nuclear Forensics." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, no. 13 (2011): 3677-3686.
- Fayek, Mostafa, Peter Burns, Yong-Xiang Guo and Rodney C. Ewing. "Micro-Structures Associated with Uraninite Alteration." *Journal of Nuclear Materials* 277, no. 2–3 (2000): 204-210.
- Fayek, Mostafa, T. Mark Harrison, Rodney C. Ewing, Marty Grove and Chris D. Coath. "O and Pb Isotopic Analyses of Uranium Minerals by Ion Microprobe and U–Pb Ages from the Cigar Lake Deposit." *Chemical Geology* 185, no. 3–4 (2002): 205-225.
- Fayek, Mostafa, Janusz Janeczek and Rodney C. Ewing. "Mineral Chemistry and Oxygen Isotopic Analyses of Uraninite, Pitchblende and Uranium Alteration Minerals from the Cigar Lake Deposit, Saskatchewan, Canada." *Applied Geochemistry* 12, no. 5 (1997): 549-565.
- Fayek, Mostafa and T. Kurtis Kyser. "Characterization of Multiple Fluid-Flow Events and Rare-Earth-Element Mobility Associated with Formation of Unconformity-Type Uranium Deposits in the Athabasca Basin, Saskatchewan." *The Canadian Mineralogist* 35, no. 3 (1997): 627-658.
- Fayek, Mostafa and T. Kurtis Kyser. "Low Temperature Oxygen Isotopic Fractionation in the Uraninite–Uo3–Co2–H2o System." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, no. 13 (2000): 2185-2197.
- Fayek, Mostafa, T. Kurtis Kyser and Lee R. Riciputi. "U and Pb Isotope Analysis of Uranium Minerals by Ion Microprobe and the Geochronology of the Mcarthur River and Sue Zone Uranium Deposits, Saskatchewan, Canada." *The Canadian Mineralogist* 40, no. 6 (2002): 1553-1570.

- Fetel, Emmanuel and Guillaume Caumon. "Reservoir Flow Uncertainty Assessment Using Response Surface Constrained by Secondary Information." *Journal of Petroleum Science and Engineering* 60, no. 3–4 (2008): 170-182.
- Feybesse J. L,. *Regional and Local Structural Setting of the Kianna Deposit (Shea Creek, West Athabasca)*. Progress report: AREVA, 2010.
- Feybesse J. L,. *Regional and Local Structural Setting of the Kianna Deposit (Shea Creek, West Athabasca)*. Progress report: AREVA, 2011.
- Fouques J, P., M. Fowler, D. Knipping H and K. Schimann. "Le Gisement D'uranium De Cigar Lake: Découverte Et Caractéristiques Générales." *CIM bulletin* 79, no. 886 (1986): 70-82.
- Fuller, A. O. "A Contribution to the Conceptual Modelling of Pre-Devonian Fluvial Systems." *South African Journal of Geology* 88, no. 1 (1985): 189-194.
- G, Grim E. Applied Clay Mineralogy: McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1962.
- Gaboreau, Stéphane, Daniel Beaufort, Philippe Vieillard, Patricia Patrier and Patrice Bruneton. "Aluminum Phosphate–Sulfate Minerals Associated with Proterozoic Unconformity-Type Uranium Deposits in the East Alligator River Uranium Field, Northern Territories, Australia." *The Canadian Mineralogist* 43, no. 2 (2005): 813-827.
- Gaboreau, Stéphane, Michel Cuney, Dave Quirt, Daniel Beaufort, Patricia Patrier and Régis Mathieu. "Significance of Aluminum Phosphate-Sulfate Minerals Associated with U Unconformity-Type Deposits: The Athabasca Basin, Canada." *American Mineralogist* 92, no. 2-3 (2007): 267-280.
- Garcia, Daniel, Michel Fonteilles and Jacques Moutte. "Sedimentary Fractionations between Al, Ti, and Zr and the Genesis of Strongly Peraluminous Granites." *The Journal of Geology* 102, no. 4 (1994): 411-422.
- Garven, Grant, Jeff P. Raffensperger, Julie A. Dumoulin, Dwight A. Bradley, Lorne E. Young, Karen D. Kelley and David L. Leach. "Coupled Heat and Fluid Flow Modeling of the Carboniferouskuna Basin, Alaska: Implications for the Genesis of the Red Dog Pbznagba Ore District." *Journal of Geochemical Exploration* 78–79, no. 0 (2003): 215-219.
- Giral-Kacmarcík, Sylvie, Samuel M. Savin, Daniel B. Nahon, Jean-Pierre Girard, Yves Lucas and Linda J.
 Abel. "Oxygen Isotope Geochemistry of Kaolinite in Laterite-Forming Processes, Manaus, Amazonas, Brazil." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62, no. 11 (1998): 1865-1879.
- Grant, F. S. "Aeromagnetics, Geology and Ore Environments, li. Magnetite and Ore Environments." *Geoexploration* 23, no. 3 (1985): 335-362.
- Griffin, W. L. and A. Raheim. "Convergent Metamorphism of Eclogites and Dolerites, Kristiansund Area, Norway." *Lithos* 6, no. 1 (1973): 21-40.
- Halter. "Zonalité Des Altérations Dans L'environnement Des Gisements D'uranium Associés À La Discordance Du Proterozoique Moyen (Saskatchewan, Canada)." Université Louis Pasteur Strasbourg, 1988.

- Hanmer, Simon, Michael Williams and Chris Kopf. "Striding-Athabasca Mylonite Zone: Implications for the Archean and Early Proterozoic Tectonics of the Western Canadian Shield." *Canadian Journal of Earth Sciences* 32, no. 2 (1995): 178-196.
- Hartlaub, R. P., T. Chacko, L. M. Heaman, R. A. Creaser, K. E. Ashton and A. Simonetti. "Ancient (Meso- to Paleoarchean) Crust in the Rae Province, Canada: Evidence from Sm–Nd and U–Pb Constraints." *Precambrian Research* 141, no. 3–4 (2005): 137-153.
- Hartlaub, R. P., L. M. Heaman, K. E. Ashton and T. Chacko. "The Archean Murmac Bay Group: Evidence for a Giant Archean Rift in the Rae Province, Canada." *Precambrian Research* 131, no. 3–4 (2004): 345-372.
- Harvey, S.E., Bethune, K.M. "Context of the Deilmann Orebody, Key Lake Mine, Saskatchewan." In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada Bulletin 588, (2007): 249-266.
- Hassouta, L., D. Buatier M, J. L. Potdevin and N. Liewig. "Clay Diagenesis in the Sandstone Reservoir of the Ellon Field (Alwyn, North Sea)." *Clays and clay minerals* 47, no. 3 (1999): 269-285.
- Heaman, L. M., A. N. LeCheminant and R. H. Rainbird. "Nature and Timing of Franklin Igneous Events, Canada: Implications for a Late Proterozoic Mantle Plume and the Break-up of Laurentia." *Earth and Planetary Science Letters* 109, no. 1–2 (1992): 117-131.
- Heaman, Larry M., Robert A. Creaser and Harrison O. Cookenboo. "Extreme Enrichment of High Field Strength Elements in Jericho Eclogite Xenoliths: A Cryptic Record of Paleoproterozoic Subduction, Partial Melting, and Metasomatism beneath the Slave Craton, Canada." *Geology* 30, no. 6 (2002): 507-510.
- Hecht, L. and M. Cuney. "Hydrothermal Alteration of Monazite in the Precambrian Crystalline Basement of the Athabasca Basin (Saskatchewan, Canada): Implications for the Formation of Unconformity-Related Uranium Deposits." *Mineralium Deposita* 35, no. 8 (2000): 791-795.
- Hiatt, E.E., and Kyser, T.K. "Sequence Stratigraphy, Hydrostratigraphy, and Mineralizing Fluid Flow in the Proterozoic Manitou Falls Formation, Eastern Athabasca Basin, Saskatchewan." *in Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 489–506.
- Hiatt, Eric E., Kurt Kyser and Robert W. Dalrymple. "Relationships among Sedimentology, Stratigraphy, and Diagenesis in the Proterozoic Thelon Basin, Nunavut, Canada: Implications for Paleoaquifers and Sedimentary-Hosted Mineral Deposits." *Journal of Geochemical Exploration* 80, no. 2–3 (2003): 221-240.
- Hiatt, Eric E., T. Kurtis Kyser, Mostafa Fayek, Paul Polito, Gregory J. Holk and Lee R. Riciputi. "Early Quartz Cements and Evolution of Paleohydraulic Properties of Basal Sandstones in Three Paleoproterozoic Continental Basins: Evidence from in Situ Δ180 Analysis of Quartz Cements." *Chemical Geology* 238, no. 1–2 (2007): 19-37.

- Hoeve, J, and D Quirt. "Mineralization and Host Rock Alteration in Relation to Clay Mineral Diagenesis and Evolution of the Middle-Proterozoic, Athabasca Basin Northern Saskatchewan Canada." (1984).
- Hoeve, J. and T. I. I. Sibbald. "On the Genesis of Rabbit Lake and Other Unconformity-Type Uranium Deposits in Northern Saskatchewan, Canada." *Economic Geology* 73, no. 8 (1978): 1450-1473.
- Hoffman, S. J. "Geochemical Exploration for Unconformity-Type Uranium Deposits in Permafrost Terrain, Hornby Bay Basin, Northwest Territories, Canada." *Journal of Geochemical Exploration* 19, no. 1–3 (1983): 11-32.
- Jebrak. "Les Textures Intra-Filoniennes, Marqueurs Des Conditions Hydrauliques Et Tectoniques." *Chronique de la recherche minière* 506, (1992): 25-35.
- Jébrak, Michel. "Hydrothermal Breccias in Vein-Type Ore Deposits: A Review of Mechanisms, Morphology and Size Distribution." *Ore Geology Reviews* 12, no. 3 (1997): 111-134.
- Jefferson, C. W. (Charlie W.), Delaney, G. D., Geological Survey of Canada EXTECH (Partnership). "Extech Iv : Geology and Uranium Exploration Technology of the Proterozoic Athabasca Basin, Saskatchewan and Alberta / Edited by C.W. Jefferson and G. Delaney." Bulletin / Geological Survey of Canada ; 588, (2007).
- Jefferson, C.W., Thomas, D.J., Gandhi, S.S., Ramaekers, P., Delaney, G., Brisbin, D., Cutts, C., Portella, P., and Olson, R.A. "Unconformity-Associated Uranium Deposits of the Athabasca Basin, Saskatchewan and Alberta." *in Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 23–68.
- Kendall, Brian, Robert A. Creaser, Clive R. Calver, Timothy D. Raub and David A. D. Evans. "Correlation of Sturtian Diamictite Successions in Southern Australia and Northwestern Tasmania by Re– Os Black Shale Geochronology and the Ambiguity of "Sturtian"-Type Diamictite–Cap Carbonate Pairs as Chronostratigraphic Marker Horizons." *Precambrian Research* 172, no. 3–4 (2009): 301-310.
- Kister, Philippe, Michel Cuney, Viacheslav N. Golubev, Jean-Jacques Royer, Christian Le Carlier De Veslud and Jean-Claude Rippert. "Radiogenic Lead Mobility in the Shea Creek Unconformity-Related Uranium Deposit (Saskatchewan, Canada): Migration Pathways and Pb Loss Quantification." *Comptes Rendus Geoscience* 336, no. 3 (2004): 205-215.
- Kister, Philippe, Emmanuel Laverret, David Quirt, Michel Cuney, Patricia Patrier Mas, Daniel Beaufort and Patrice Bruneton. "Mineralogy and Geochemistry of the Host-Rock Alterations Associated with the Shea Creek Unconformity-Type Uranium Deposits (Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada). Part 2. Regional-Scale Spatial Distribution of the Athabasca Group Sandstone Matrix Minerals." *Clays and Clay Minerals* 54, no. 3 (2006): 295-313.

- KISTER, Philippe, Philippe VIEILLARD, Michel CUNEY, David QUIRT and Emmanuel LAVERRET. "Thermodynamic Constraints on the Mineralogical and Fluid Composition Evolution in a Clastic Sedimentary Basin." *European Journal of Mineralogy* 17, no. 2 (2005): 325-342.
- Komninou, A. and D. A. Sverjensky. "Geochemical Modeling of the Formation of an Unconformity-Type Uranium Deposit." *Economic Geology* 91, no. 3 (1996): 590-606.
- Kotzer, T. G. and T. K. Kyser. "Retrograde Alteration of Clay Minerals in Uranium Deposits: Radiation Catalyzed or Simply Low-Temperature Exchange?" *Chemical Geology: Isotope Geoscience section* 86, no. 4 (1991): 307-321.
- Kotzer, T. G. and T. K. Kyser. "Petrogenesis of the Proterozoic Athabasca Basin, Northern Saskatchewan, Canada, and Its Relation to Diagenesis, Hydrothermal Uranium Mineralization and Paleohydrogeology." *Chemical Geology* 120, no. 1–2 (1995): 45-89.
- Kotzer, T. G., T. K. Kyser and E. Irving. "Paleomagnetism and the Evolution of Fluids in the Proterozoic Athabasca Basin, Northern Saskatchewan, Canada." *Canadian Journal of Earth Sciences* 29, no. 7 (1992): 1474-1491.
- KÜBLER, B. and D. GOY-EGGENBERGER. "La Cristallinité De L'illite Revisitée: Un Bilan Des Connaissances Acquises Ces Trente Dernières Années." *Clay Minerals* 36, no. 2 (2001): 143-157.
- Kübler, Bernard and Michel Jaboyedoff. "Illite Crystallinity." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Series IIA Earth and Planetary Science* 331, no. 2 (2000): 75-89.
- Kupsch, B. G.; Catuneanu, O. "Alteration Features and Geochemical Signatures of the Maybelle River Uranium Zone, Athabasca Basin, Alberta." *in Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 347-362.
- Kyser, Kurt and Eric E. Hiatt. "Fluids in Sedimentary Basins: An Introduction." *Journal of Geochemical Exploration* 80, no. 2–3 (2003): 139-149.
- Kyser, T.K., Renac, C., Hiatt, E.E., Holk, G.J., Durocher, K. "Comparison of Diagenetic Fluids in Proterozoic Basins, Canada and Australia: Implications for Long, Protracted Fluid Histories in Stable Intracratonic Basins." In *Geological Association of Canada-Mineralogical Association of Canada Joint Annual Meeting*, 25. Calgary, Albert, 2000.
- Kyser, T.K., Hiatt, E.E., Renac, C., Durocher, K., Holk, G.J., Deckart, K. "Diagenetic Fluids in Paleo- and Meso-Proterozoic Sedimentary Basins and Their Implications for Long Protracted Fluid Histories." In *Mineralogical Association of Canada*, edited by Fluids and Basin Evolution, 262. Ottawa, Canada, 2000.
- Landais, P. "Organic Geochemistry of Sedimentary Uranium Ore Deposits." *Ore Geology Reviews* 11, no. 1–3 (1996): 33-51.

- Langford, Fred F. "The Carswell Structure Uranium Deposits, Saskatchewan: R. Laine, D. Alonso and M. Svab, 1985, Geological Association of Canada Special Paper Gac Members." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50, no. 3 (1986): 491.
- Lanson, Bruno, Daniel Beaufort, Gilles Berger, Julien Baradat and Jean-Claude Lacharpagne. "Illitization of Diagenetic Kaolinite-to-Dickite Conversion Series; Late-Stage Diagenesis of the Lower Permian Rotliegend Sandstone Reservoir, Offshore of the Netherlands." *Journal of Sedimentary Research* 66, no. 3 (1996): 501-518.
- Laverret, Emmanuel, Norbert Clauer, Anthony Fallick, Julien Mercadier, Patricia Patrier, Daniel Beaufort and Patrice Bruneton. "K–Ar Dating and Δ180–Δd Tracing of Illitization within and Outside the Shea Creek Uranium Prospect, Athabasca Basin, Canada." Applied Geochemistry 25, no. 6 (2010): 856-871.
- Laverret, Emmanuel, Patricia Patrier Mas, Daniel Beaufort, Philippe Kister, David Quirt, Patrice Bruneton and Norbert Clauer. "Mineralogy and Geochemistry of the Host-Rock Alterations Associated with the Shea Creek Unconformity-Type Uranium Deposits (Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada). Part 1. Spatial Variation of Illite Properties." *Clays and Clay Minerals* 54, no. 3 (2006): 275-294.
- Laznicka, Peter. *Breccias and Coarse Fragmentites: Petrology, Environments, Associations, Ores* Developments in Economic Geology ;25. Amsterdam ; New York: Elsevier, 1988.
- LeCheminant, A. N. and L. M. Heaman. "Mackenzie Igneous Events, Canada: Middle Proterozoic Hotspot Magmatism Associated with Ocean Opening." *Earth and Planetary Science Letters* 96, no. 1–2 (1989): 38-48.
- Lewry, J. F., M. R. Stauffer and S. Fumerton. "A Cordilleran-Type Batholitic Belt in the Churchill Province in Northern Saskatchewan." *Precambrian Research* 14, no. 3–4 (1981): 277-313.
- Lewry, John F. and Thomas I. I. Sibbald. "Thermotectonic Evolution of the Churchill Province in Northern Saskatchewan." *Tectonophysics* 68, no. 1–2 (1980): 45-82.
- Long, D.G.F. "Topographic Influences on the Sedimentary of the Read and Manitou Falls Formations, Eastern Athabasca Basin, Saskatchewan." *In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 267-280.
- Long, Darrel G. F. "Architecture of Pre-Vegetation Sandy-Braided Perennial and Ephemeral River Deposits in the Paleoproterozoic Athabasca Group, Northern Saskatchewan, Canada as Indicators of Precambrian Fluvial Style." *Sedimentary Geology* 190, no. 1–4 (2006): 71-95.
- Long, Darrel G. F. . "Proterozoic Stream Deposits: Some Problems of Recognition and Interpretation of Ancient Sandy Fluvial Systems." *Fluvial Sedimentology* Memoir 5, (1977): 313 341.
- Long, Darrel G. F. and Elizabeth C. Turner. "Tectonic, Sedimentary and Metallogenic Re-Evaluation of Basal Strata in the Mesoproterozoic Bylot Basins, Nunavut, Canada: Are Unconformity-Type Uranium Concentrations a Realistic Expectation?" *Precambrian Research* 214–215, no. 0 (2012): 192-209.

- Lorilleux, G., M. Cuney, M. Jébrak, J. C. Rippert and P. Portella. "Chemical Brecciation Processes in the Sue Unconformity-Type Uranium Deposits, Eastern Athabasca Basin (Canada)." *Journal of Geochemical Exploration* 80, no. 2–3 (2003): 241-258.
- Lorilleux, G., M. Jébrak, M. Cuney and D. Baudemont. "Polyphase Hydrothermal Breccias Associated with Unconformity-Related Uranium Mineralization (Canada): From Fractal Analysis to Structural Significance." *Journal of Structural Geology* 24, no. 2 (2002): 323-338.
- MacDonald, Colin. "Mineralogy and Geochemistry of the Sub-Athabasca Regolith near Wollaston Lake; Geology of Uranium Deposits." *Canadian Institute of Mining and Metallurgy* 32, (1985): 155-158.
- Madejová, J. "Ftir Techniques in Clay Mineral Studies." *Vibrational Spectroscopy* 31, no. 1 (2003): 1-10.
- Mahan, K.H. and M.L. Williams. "Reconstruction of a Large Deep-Crustal Terrane: Implications for the Snowbird Tectonic Zone and Early Growth of Laurentia." *Geology* 33, no. 5 (2005): 385-388.
- Maréchal, B. "Caractérisation Et Interprétation De La Variabilité Chimique Et Minéralogique Des Grès Réservoirs. Implications Pour La Modélisation Numérique De La Diagenèse Minérale Des Grès Du Ravenscar Group (Yorkshire, Royaume-Uni)." Ecole Nationale Superieure des Mines Saint Etienne, 2000.
- Mas, A., P. Patrier, D. Beaufort and A. Genter. "Clay-Mineral Signatures of Fossil and Active Hydrothermal Circulations in the Geothermal System of the Lamentin Plain, Martinique." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 124, no. 3–4 (2003): 195-218.
- Mercadier, Julien, Michel Cuney, Michel Cathelineau and Mathieu Lacorde. "U Redox Fronts and Kaolinisation in Basement-Hosted Unconformity-Related U Ores of the Athabasca Basin (Canada): Late U Remobilisation by Meteoric Fluids." *Mineralium Deposita* 46, no. 2 (2011): 105-135.
- Mercadier, Julien, Antonin Richard, Marie-Christine Boiron, Michel Cathelineau and Michel Cuney. "Migration of Brines in the Basement Rocks of the Athabasca Basin through Microfracture Networks (P-Patch U Deposit, Canada)." *Lithos* 115, no. 1–4 (2010): 121-136.
- Mercadier, Julien, Antonin Richard and Michel Cathelineau. "Boron- and Magnesium-Rich Marine Brines at the Origin of Giant Unconformity-Related Uranium Deposits: Δ11b Evidence from Mg-Tourmalines." *Geology* 40, no. 3 (2012): 231-234.
- MEYER, MICHAEL T., M. E. BICKFORD and J. F. LEWRY. "The Wathaman Batholith: An Early Proterozoic Continental Arc in the Trans-Hudson Orogenic Belt, Canada." *Geological Society* of America Bulletin 104, no. 9 (1992): 1073-1085.
- Morichon, E., D. Beaufort, T. Allard and D. Quirt. "Tracing Past Migrations of Uranium in Paleoproterozoic Basins: New Insights from Radiation-Induced Defects in Clay Minerals." *Geology* 38, no. 11 (2010): 983-986.

- Morichon, Élisa, Allard Thierry, Beaufort Daniel and Quirt David. "An Epr Study of Native Radiation-Induced Paramagnetic Defects in Sudoite (Di–Trioctahedral Al–Mg Chlorite) from the Alteration Halo Related to Unconformity-Type Uranium Deposits." *Phys Chem Min*, (2009).
- Morley, N. J. "The Effects of Radioactive Pollution on the Dynamics of Infectious Diseases In wildlife." *Journal of Environmental Radioactivity* 106, no. 0 (2012): 81-97.
- MOSHER, Sharon and HUNT, Brian B. "Grenville Orogenesis Along the Southern Laurentian Margin: Contrasts between the Eastern and Western Llano Uplift, Central Texas." In *South-Central Section - 36th Annual Meeting*. Precambrian Geology of Southern Laurentia: Sul Ross State University, 2002.
- Mwenifumbo, C. J., B. E. Elliott, C. W. Jefferson, G. R. Bernius and K. A. Pflug. "Physical Rock Properties from the Athabasca Group: Designing Geophysical Exploration Models for Unconformity Uranium Deposits." *Journal of Applied Geophysics* 55, no. 1–2 (2004): 117-135.
- Myers, John S., Russell D. Shaw and Ian M. Tyler. "Tectonic Evolution of Proterozoic Australia." *Tectonics* 15, no. 6 (1996): 1431-1446.
- Nimeck, Grant and Rodney Koch. "A Progressive Geophysical Exploration Strategy at the Shea Creek Uranium Deposit." *The Leading Edge* 27, no. 1 (2008): 52-63.
- Orrell, S. E., M. E. Bickford and J. F. Lewry. "Crustal Evolution and Age of Thermotectonic Reworking in the Western Hinterland of the Trans-Hudson Orogen, Northern Saskatchewan." *Precambrian Research* 95, no. 3–4 (1999): 187-223.
- P., Turner. "Continental Red Beds." Elsevier, (1980): 562.
- Pacquet, A., and Weber, F. "Petrography and Mineralogy of Alteration Halos around Cigar Lake Sediments and Their Relationship with Mineralisations." *Canadian Journal of Earth Sciences* 30, (1993): 674–688.
- Pacquet, A. and F. Weber. "Pétrographie Et Minéralogie Des Halos D'altération Autour Du Gisement De Cigar Lake Et Leurs Relations Avec Les Minéralisations." *Canadian Journal of Earth Sciences* 30, no. 4 (1993): 674-688.
- Pagel, M. "Détermination Des Conditions Physico-Chimiques De La Silicification Diagénétique Des Grès Athabasca (Canada) Au Moyen Des Inclusions Fluides." *Comptes Rendus Académie Sciences Paris 280*, no. 2301–2304 (1975a).
- Pagel, M. "Cadre Géologique Des Gisements D'uranium Dans La Structure Carswell (Saskatchewan, Canada)." *Unpublished Ph.D Thesis, Nancy University,* , (1975b): 157.
- Pagel, M., Poty, B., and Sheppard, S.M.F. "Contribution to Some Saskatchewan Uranium Deposits Mainly from Fluid Inclusions and Isotopic Data." *in Ferguson, S., and Goleby, A., eds., Uranium in the Pine Creek*

Geosyncline Vienna, International Atomic Energy Agency, (1980): 639–654.

- Pagel, Maurice, François Ruhlmann and Patrice Bruneton. "The Cigar Lake Uranium Deposit, Saskatchewan, Canada." *Canadian Journal of Earth Sciences* 30, no. 4 (1993): 651-652.
- Palmer, Sarah E., T. Kurt Kyser and Eric E. Hiatt. "Provenance of the Proterozoic Thelon Basin, Nunavut, Canada, from Detrital Zircon Geochronology and Detrital Quartz Oxygen Isotopes." *Precambrian Research* 129, no. 1–2 (2004): 115-140.
- Pan, Y. M., S. Botis and S. Nokhrin. "Applications of Natural Radiation-Induced Paramagnetic Defects in Quartz to Exploration in Sedimentary Basins." *Journal of China University of Geosciences* 17, no. 3 (2006): 258-271.
- Pana, D., Creaser, R. A., Muehlenbachs, and Wheatley. "Basement Geology in Alberta Portion of Athabasca Basin : Context for the Maybelle River Area." In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada Bulletin 588, (2007): 135-153.
- Parize. "Stratigraphic Logs Along of Shea Creek Drill Holes ": unpublished, 2012.
- Percival, Jeanne B. and Hideomi Kodama. "Sudoite from Cigar Lake, Saskatchewan." *The Canadian Mineralogist* 27, no. 4 (1989): 633-641.
- Pesonen, L. J., S. Å Elming, S. Mertanen, S. Pisarevsky, M. S. D'Agrella-Filho, J. G. Meert, P. W. Schmidt, N. Abrahamsen and G. Bylund. "Palaeomagnetic Configuration of Continents During the Proterozoic." *Tectonophysics* 375, no. 1–4 (2003): 289-324.
- Petit, S., J. Madejova, A. Decarreau and F. Martin. "Characterization of Octahedral Substitutions in Kaolinites Using near Infrared Spectroscopy." *Clays and Clay Minerals* 47, no. 1 (1999): 103-108.
- Petit, Sabine; Decarreau, Alain; Righi, Dominique. "Utilisation De Dépôts D'argile Sur Lame De Verre Pour Leur Étude En Spectroscopie Infrarouge." *Comptes Rendus Geoscience* 335, no. 9 (September, 2003) (2003): 737-741.
- Philippe, S. and J. Lancelot. "U-Pb Geochronological Investigation of the Cigar Lake U Ore Deposit, Saskatchewan." *Chemical Geology* 70, no. 1–2 (1988): 135.
- Plancon, A., R. F. Giese and R. Snyder. "The Hinckley Index for Kaolinites." *Clay Minerals* 23, no. 3 (1988): 249-260.
- Polito, Paul A., T. Kurt Kyser, Gerard Rheinberger and Peter N. Southgate. "A Paragenetic and Isotopic Study of the Proterozoic Westmoreland Uranium Deposits, Southern Mcarthur Basin, Northern Territory, Australia." *Economic Geology* 100, no. 6 (2005): 1243-1260.
- Polito, Paul A., T. Kurtis Kyser and M. Jim Jackson. "The Role of Sandstone Diagenesis and Aquifer Evolution in the Formation of Uranium and Zinc-Lead Deposits, Southern Mcarthur Basin, Northern Territory, Australia." *Economic Geology* 101, no. 6 (2006): 1189-1209.
- Post, R.T. and Kupsch, B.G. "Stratigraphy and Sedimentary of Maybelle River Area, Western Athabasca Basin, Alberta." *In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and*

uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada Bulletin 588, (2007): 301-313.

- Potdevin, J. L. and L. Hassouta. "Bilan De Matière Des Processus D'illitisation Et De Surcroissance De Quartz Dans Un Réservoir Pétrolier Du Champ D'ellon (Zone Alwyn, Mer Du Nord)." *Bulletin de la Société géologique de France* 168, no. 2 (1997): 219-229.
- Quirt, D., Kotzer, T. G and Kyser, T.K.,. *Tourmaline, Phosphate Minerals, Zircon and Pitchblende in the Athabasca Group : Maw Zone and Mcarthur Rivers Areas, Saskatchewan.* Saskatchewan Energy and Mines: Saskatchewan Geological Survey, 1991.
- Quirt, D.H. "Normative Calculation Procedure for Sandstone Clay Minerals." *Saskatchewan Research Council, Publication* R-1230-28-E-86, (1995).
- Quirt, D. "Kaolinite and Dickite in the Athabasca Sandstone, Northern Saskatchewan." *Saskatchewan Research Council, Publication* no. 10400-16D01, (2001): 27.
- Quirt, D. Geochemical Data Review and Analysis : Cogema Ressources Inc. Shea Creek Project. 2002.
- Quirt, D, Is Illite Still a Pathfinder Mineral for the Geological Environment of Athabasca Unconformity-type Uranium Deposits?? GeoCanada 2010 – Working with the Earth
- Raffensperger, Jeff P. "Chapter 3 Numerical Simulation of Sedimentary Basin-Scale Hydrochemical Processes." In *Advances in Porous Media*, edited by M. Yavuz Corapcioglu, Volume 3, 185-305: Elsevier, 1996.
- Rainbird, R. H., T. Hadlari, L. B. Aspler, J. A. Donaldson, A. N. LeCheminant and T. D. Peterson. "Sequence Stratigraphy and Evolution of the Paleoproterozoic Intracontinental Baker Lake and Thelon Basins, Western Churchill Province, Nunavut, Canada." *Precambrian Research* 125, no. 1–2 (2003): 21-53.
- Rainbird, R.H., Stern, R.A., Rayner, N., and Jefferson, C.W. "Age,Provenance, and Regional Correlation of the Athabasca Group, Saskatchewan and Alberta, Constrained by Igneous and Detrital Zircon Geochronology." *in Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 193–210.
- Rainbird, R. H., W. J. Davis, S. J. Pehrsson, N. Wodicka, N. Rayner and T. Skulski. "Early Paleoproterozoic Supracrustal Assemblages of the Rae Domain, Nunavut, Canada: Intracratonic Basin Development During Supercontinent Break-up and Assembly." *Precambrian Research* 181, no. 1–4 (2010): 167-186.
- Ramaekers, P. P. and Dunn C. E. "Geology and Geochemistry of the Eastern Margin of the Athabasca Basin." Saskatchewan Geological Society Special Publication Number 3 Proceedings of a Symposium held on 10 November, 1976. Edited by Colin E. Dunn, 1977: Pages 297 - 322.
- Ramaekers, P. "Geology of the Athabasca Group (Helikian) in Northern Saskatchewan: Saskatchewan Energy and Mines." *Saskatchewan Geological Society Special Publication Number 3* 48, (1990).

- Ramaekers P, MF Resources Inc, Alberta Energy and Utilities Board, Alberta Geological Survey. "Phases 1 to 4 Extech Iv Study of the Early Proterozoic Athabasca Group, Northeastern Alberta." 2003, no. AGS Special Report 61 (2002).
- Ramaekers, Paul; Yeo, Gary; Jefferson, Charlie. " Preliminary Overview of Regional Stratigraphy in the Late Paleoproterozoic Athabasca Basin, Saskatchewan and Alberta." *In : Papers on uranium in Saskatchewan : Extec IV Saskatchewan Geological Survey*, (2003).
- Ramaekers P, Alberta Geological Survey, Alberta Energy and Utilities Board. "Development, Stratigraphy and Summary Diagenetic History of the Athabasca Basin, Early Proterozoic of Alberta and Its Relation to Uranium Potential." *Electronic Government document ERCB Publication*, no. AGS Special Report 62 (2004).
- Ramaekers, P., Jefferson, C.W., Yeo, G.M., Collier, B., Long, D.G.F., Drever, G., McHardy, S., Jiricka, D., Cutts, C., Wheatley, K., Catuneau, O., Bernier, S., Kapush, B., and Post, R. "Revised Geological Map and Stratigraphy of the Athabasca Group, Saskatchewan and Alberta." *in Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 155–192.
- Renac, C, T K Kyser, K Durocher, G Dreaver and T O'Connor. "Comparison of Diagenetic Fluids in the Proterozoic Thelon and Athabasca Basins, Canada: Implications for Protracted Fluid Histories in Stable Intracratonic Basins." *Canadian Journal of Earth Sciences* 39, no. 1 (2002): 113-132.
- Richard, Antonin, Thomas Pettke, Michel Cathelineau, Marie-Christine Boiron, Julien Mercadier, Michel Cuney and Donatienne Derome. "Brine–Rock Interaction in the Athabasca Basement (Mcarthur River U Deposit, Canada): Consequences for Fluid Chemistry and Uranium Uptake." *Terra Nova* 22, no. 4 (2010): 303-308.
- Richard, Antonin, David A. Banks, Julien Mercadier, Marie-Christine Boiron, Michel Cuney and Michel Cathelineau. "An Evaporated Seawater Origin for the Ore-Forming Brines in Unconformity-Related Uranium Deposits (Athabasca Basin, Canada): Cl/Br and Δ37cl Analysis of Fluid Inclusions." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, no. 10 (2011): 2792-2810.
- Rigault. "Cristallochimie Du Fer Dans Les Chlorites De Basse Temperature : Implication Pour La Geothermometrie Et La Détermination Des Paleoconditions Redox Dans Les Gisements D'uranium." Université de Poitiers, 2010.
- Rosenberg, Philip E. and Franklin F. Foit. "Magnesiofoitite from the Uranium Deposits of the Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada." *The Canadian Mineralogist* 44, no. 4 (2006): 959-965.
- Ruzicka, V. "Vein Uranium Deposits." Ore Geology Reviews 8, no. 3-4 (1993): 247-276.
- Savin, Samuel M. and Samuel Epstein. "The Oxygen and Hydrogen Isotope Geochemistry of Clay Minerals." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 34, no. 1 (1970): 25-42.
- SCHUMM, S. A. "Speculations Concerning Paleohydrologic Controls of Terrestrial Sedimentation." *Geological Society of America Bulletin* 79, no. 11 (1968): 1573-1588.

- Snoeyenbos, David R., Michael L. Williams and Simon Hanmer. "Archean High-Pressure Metamorphism in the Western Canadian Shield." *European Journal of Mineralogy* 7, no. 6 (1995): 1251-1272.
- Sopuck, V. J., A. de Carla, E. M. Wray and B. Cooper. "The Application of Lithogeochemistry in the Search for Unconformity-Type Uranium Deposits, Northern Saskatchewan, Canada." *Journal of Geochemical Exploration* 19, no. 1–3 (1983): 77-99.
- Thomas, David. "Extech Iv: Geology and Uranium Exploration Technology of the Proterozoic Athabasca Basin, Saskatchewan and Alberta." *Economic Geology* 102, no. 6 (2007): 1182-1183.
- Tourigny, G., Quirt, D. H., Wilson, N.SF., Wilson, S., Breton, G., and Portella. "Geological and Structural Features of Sue C Uranium Deposit, Mcclean Lake Area, Saskatchewan." In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada Bulletin 588, (2007): 229-247.
- Tran, Hai T., Kevin Ansdell, Kathryn Bethune, Brian Watters and Ken Ashton. "Nd Isotope and Geochemical Constraints on the Depositional Setting of Paleoproterozoic Metasedimentary Rocks Along the Margin of the Archean Hearne Craton, Saskatchewan, Canada." *Precambrian Research* 123, no. 1 (2003): 1-28.
- Tran, Hai Thanh, Kevin M. Ansdell, Kathryn M. Bethune, Ken Ashton and Mike A. Hamilton. "Provenance and Tectonic Setting of Paleoproterozoic Metasedimentary Rocks Along the Eastern Margin of Hearne Craton: Constraints from Shrimp Geochronology, Wollaston Group, Saskatchewan, Canada." *Precambrian Research* 167, no. 1–2 (2008): 171-185.
- UEX report, Palmer, K., P. Geo. Golder Associates Ltd. *Shea Creek Property Saskatchewan, Canada. Including Mineral Ressource Estimates for Kianna, Anne and Colette Deposits.* 2010.
- Velde, B. "Clay Minerals : A Physical-Chemical Explanation of Their Occurrence." *Elsevier*, (1985): 146.
- Vidal, O., A. Baldeyrou, D. Beaufort, B. Fritz, N. Geoffroy and B. Lanson. "Experimental Study of the Stability and Phase Relations of Clays at High Temperature in a Thermal Gradient." *Clays and Clay Minerals* 60, no. 2 (2012): 200-225.
- Wilson, M. R. and T. K. Kyser. "Stable Isotope Geochemistry of Alteration Associated with the Key Lake Uranium Deposit, Canada." *Economic Geology* 82, no. 6 (1987): 1540-1557.
- Wilson, M. R., T. K. Kyser, H. H. Mehnert and J. Hoeve. "Changes in the Hore Ar Isotope Composition of Clays During Retrograde Alteration." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, no. 4 (1987): 869-878.
- Yang, G., J. L. Hannah, A. Zimmerman, H. J. Stein and A. Bekker. "Re–Os Depositional Age for Archean Carbonaceous Slates from the Southwestern Superior Province: Challenges and Insights." *Earth and Planetary Science Letters* 280, no. 1–4 (2009): 83-92.
- Yeo, G.M., Jefferson, C.W. and Ramaekers, P. "Comparaison the Lower Athabasca Group Stratigraphy among Depositional Systems, Saskatchewan and Alberta." *In Jefferson, C.W., and Delaney, G., eds., EXTECH IV: Geology and uranium exploration technology of the Proterozoic Athabasca Basin: Geological Survey of Canada* Bulletin 588, (2007): 465-488.
- Yun, Xiaoyou, Kerry McNamara and Gregory Murdock. "Geotechnical Challenges and Strategies at Mcarthur River Operation." *Procedia Engineering* 26, no. 0 (2011): 1603-1613.
- Zhang, Guangyu, Ken Wasyliuk and Yuanming Pan. "The Characterization and Quantitative Analysis of Clay Minerals in the Athabasca Basin, Saskatchewan: Application of Shortwave Infrared Reflectance Spectroscopy." *The Canadian Mineralogist* 39, no. 5 (2001): 1347-1363.
- Zhao, Guochun, Min Sun, Simon A. Wilde and Sanzhong Li. "A Paleo-Mesoproterozoic Supercontinent: Assembly, Growth and Breakup." *Earth-Science Reviews* 67, no. 1–2 (2004): 91-123.

zz***Rivoirard, J. Cours De Geostatistique Multivariable. 2003.

ZZ***Wackernagel. Cours De Géostatistique Multivariable. 1993.

Annexe 1– Calcul Normatif

Le calcul normatif est une méthode déterminée par Quirt (1995) sur la base de la reconstitution minéralogique des roches contenant des minéraux argileux (bassin et socle). A partir des analyses chimiques cette méthode permet de redistribuer les éléments chimiques majeurs constituant les minéraux, SiO₂, Al₂O₃, K₂O, MgO, FeO et B. Dans le cas du bassin de l'Athabasca, les grès sont composés uniquement de quartz, d'argile, de dravite et minéraux lourds en quantité mineure. Dans le cas du socle les roches altérées sont composées d'argile, de quartz et de minéraux lourds en proportion mineure. Dans le cas où les roches sont composées de feldspath, micas et autres minéraux primaires, le calcul devient plus complexe.

La formule molaire des différents minéraux argileux utilisée par Quirt (1995) d'après Carroll, (1970), Bailey (1980), Ey et al. (1985), Percival and Kodama (1989) est :

Illite : $K_{.81}(Ti_{.01}Na_{.02}Fe_{.08}Mg_{.11}AI_{1.85})(AI_{.82}Si_{3.18})O_{10}(OH)_2$

Sudoite : $(Ca_{.01}Na_{.05}K_{.12}Fe_{.12}Mg_{1.68}AI_{2.96})(AI_{.67}Si_{3.33})O_{10}(OH)_8$

Chlorite trioctaédrique : (Na.₀₂Ca.₀₄K.₀₇Fe_{1.21}Mg_{2.16}Al_{1.88})(Al_{.57}Si_{3.43})O₁₀(OH)₈

Kaolinite : Al₂SiO₅(OH)₄

Hématite : Fe₂O₃

Dravite : $NaMg_3Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$

Pour le calcul normatif utilisé dans cette étude, la composition chimique en pourcentage d'oxyde des minéraux argileux et dravite déterminée par Laverret (2002 et 2005) Beaufort (2008), Rigault (2010) et Zhan et al., (2001) a été utilisée. La composition moyenne est la suivante :

Minéraux/composition oxyde	SiO2	Al ₂ O ₃	K₂O	MgO	FeO ou Fe ₂ O ₃	В
Illite	52%	35%	10%	0,90%	0,90%	0%
Sudoite	33%	29,70%	0,35%	14,7	3%	0%
Chlorite tri Fe	23,50%	20,80%	0,02%	11%	28%	0%
Chlorite tri Mg	28%	21%	0,02%	24%	7%	0%
Kaolinite/dick	46,40%	37,90%	0,43%	0,08%	0,45%	0%
Hématite	0	0	0	0	100%	0%
Dravite	37 à 38%	36 à 39%	0,02%	7,50%	1%	11%
Quartz	100%	0%	0%	0%	0%	0%

A partir de ces valeurs de composition chimique, la teneur des différents minéraux est calculée à partir de Al_2O_3 . Pour l'illite (± muscovite) le K_2O et Al_2O_3 sont associés ; pour la sudoite MgO et Al_2O_3 sont associés ; pour les chlorites ce sont FeO, MgO et Al_2O_3 ; pour la dravite B, MgO et Al_2O_3 sont utilisés. Après le calcul de ces différents minéraux, Al_2O_3 restant est attribué à la kaolinite/dickite, la proportion de quartz constituée uniquement de SiO₂ peut ainsi être déduite.

Avant l'utilisation du calcul normatif, il est important de connaître au préalable la composition des minéraux présents dans les roches par analyses DRX ou de spectroscopie infrarouge (FTIR) et microscopiques.

Annexe 2 – Méthodes et conditions analytiques

- Microscopie Optique

Plus de 80 lames minces polies ont été réalisées au laboratoire HydrASA, au SEPA à Bessines sur Gartempe et à Nancy. L'observation de ces lames minces a été faite avec un microscope optique polarisant équipée d'un appareil photo Olympus BH2.

- Microscopie Electronique à Balayage (MEB)

Le MEB est utilisé afin de caractériser la morphologie et la texture des minéraux. L'appareil utilisé est un microscope électronique à balayage Jeol JSM5600LV équipé d'un analyseur d'énergie dispersive (EDS) pour les analyses chimiques. L'analyse morphologique repose sur l'observation en mode électron secondaire de fragments de roches (cassure fraîche) recouverts d'une fine couche d'or. L'analyse chimique ponctuelle se fait en mode dispersion d'énergie (EDS) sur une lame mince recouverte de carbone. Les caractéristiques du MEB sont une tension d'accélération 15 KeV, 1 nA et une taille du spot 1µm. Les standards utilisés pour l'analyse chimique sont : almandin pour le Mg et Fe, albite pour Na, Si, Al, diopside pour le Ca, orthose pour le K, spessantite pour le Mn, et monoxyde de titane pour Ti.

- Diffractomètrie de rayons X

L'extraction des argiles : L'extraction et la préparation des minéraux argileux pour l'analyse DRX se fait suivant le protocole analytique décrit par Brown et Brindley (1980). Les fractions argileuses récupérées au cours de différentes préparations dans la thèse sont : < 10 μ m, < 5 μ m, < 2 μ m, < 1 μ m et < 0,05 μ m. Les étapes de l'extraction sont les suivantes :

- Broyage des roches en fonction de la typologie des roches. Les grès sont généralement broyés classiquement à partir d'un mortier et d'un pilon en agate. Les grès propres (pauvres en argile) ont subi des phases de congélation et décongélation par azote liquide après une longue période d'immersion dans de l'eau osmosée. Les roches du socle généralement altérées ont subit juste un broyage au mortier et pilon en agate.
- Mise en suspension des argiles dans des béchères et sonification à l'ultrason pour disperser les minéraux argileux, la centrifugation a aussi été utilisée pour cette phase.
- Sédimentation selon la loi de Stokes afin de limiter la taille des particules. Pour les préparations spécifiques notamment pour les smectites, la centrifugation a été utilisée (fraction < 2 μ m, < 1 μ m et < 0,05 μ m).
- Récupération des fractions argileuses par dépôts gouttes à gouttes ou par dépôts filtres sur des lames pour l'analyse en lames orientées et séchées à l'air libre.
- Récupération de surplus d'argile suivant les mêmes procédures pour l'analyse en poudres désorientées.

• Imprégnation des lames orientées par éthylène glycol par méthode sous cloche ou par vaporisation.

Deux diffractomètres ont été utilisés pour caractériser les minéraux argileux :

- un diffractomètre PANalytical X'Pert Pro (radiation Cu, Kα., 40 kV, 40 mA) couplé à un détecteur X'Celerator. L'enregistrement et le traitement des données est réalisé à l'aide du logiciel X'Pert data Collector et X'Pert data HighScore.

- un diffractomètre Brucker équipé d'un passeur d'échantillons avec des caractéristiques de conditions d'analyse équivalentes au PANalytical X'Pert Pro.

			Brucker			PANalytica (Phil	l X'Pert Pro ipps)
		NORMALE	ILLITE	KAOLINITE	D060	•	
		tps long	tps long	tps long			
Type d'analyse	Lames orientées	poudres désorientées	poudres désorientées	poudres désorientées	poudres désorientées	Lames orientées	Eth-gly
poisition départ	3	2	19	19	58	3	3
poisition finale	35	65	34	40	64	30	20
Pas 2σ	0,025	0,01	0,01	0,02	0,01	0.008	0.008
tps de mesure{S	} 97.72365	750.53990	187.64222	375.57250	746.17330	28.42778	28.43400
axe du scan				Gonio			
type de scan				continu			
source		Bruck	er Binaire V2 ((.RAW)		XRD meas {*XR	surement DML}
Comments						configurati PW 3	on Spinner 3064

Conditions analytiques :

Annexe 2-1 : Différents paramètres des analyses DRX sur lames orientées séchées à l'air, imprégnées d'éthylène glycol et sur poudre désorientées sur les 2 appareils disponible à Hydrasa.

Spectroscopie Infrarouge

Méthodes analytique infrarouge :

Les analyses en spectroscopie infrarouge on été réalisées par 3 méthodes :

- Préparation de pastilles au KBr (protocole 1% de poudre dans du KBr),
- Sur roche Totale (analyse directe sur échantillon),
- Analyse de vermicule de Kaolinite au micro-spectromètre FTIR.

linformation données	pastille KBr	microscopie FTIR	Roche Totale		
Number of sample scans	100	100	100		
Collection length	120,94 sec	60,41 sec	72,94 sec		
Resolution	4	4	4		
Number of scan points	8480	16672	16672		
Number of FFT points	8192	16384	16384		
Laser frequency	15798,3 cm-1	15798,3 cm-1	15798,3 cm-1		
Interferogram peak position	4096	8192	8192		
Number of background scans	100	100	100		
Background gain	1	4	2		
Number of points	1868	1738	3112		
First X value	399,1989	649,9036	3999,7034		
Last X value	3999,7031	3999,7031	9999,2588		
Data spacing	1,928497	1,928497	1,928497		
	Caractéristiqu	e des appareils			
	Spectrometer: Magna System 560	Spectrometer: N	Nicolet 6700		
	Source: IR	Source: Wh	nite light		
	Detector: DTGS KBr	Detector: InGa	aAs 2.6um		
	Smart Accessory ID: 011-829	Smart Accessory	ID: 080-5001		
	Beamsplitter: KBr	Beamsplitte	r: CaF2		
	Sample spacing: 2	Sample spa	icing: 1		
	Digitizer bits: 20	Digitizer bi	ts: 24		
	Optical velocity: 0,6329	Optical velocit	y: 1,2659		
	Aperture: 100	Aperture: 20,00			
	Sample gain: 2	Sample gain: 4,0			
	High pass filter: 20	High pass filter: 200			
	Low pass filter: 11000	High pass fil	ter: 200		

Conditions analytiques de la spectrométrie infra-rouge :

Annexe 2-2 : Différents paramètres des analyses en spectroscopie infrarouge sur pastilles KBr, sur roche et au microscope associé au spectromètre.

Analyses chimiques au SARM Nancy

Le Service d'Analyse des Roches et des Minéraux (SARM) appartient au centre de recherche Pétrographique et Géochimique de Nancy France. Les analyses ont été effectuées sur 54 éléments majeurs : SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ total, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, TiO₂, Perte au feu 1000°C, et traces : As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, In, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr.

La préparation : fusion de l'échantillon avec LiBO₂ et dissolution HNO₃.

Les analyses : Analyses des éléments majeurs effectuées par ICP-AES et des autres éléments en trace par ICP-MS avec des contrôles de qualité suivant les géostandards internationaux.

Analyses chimiques locales par microsonde électronique.

Les analyses chimiques effectuées en microsonde au service de micro-analyses Camparis, Université Pierre et Marie Curie (Paris) à partir d'un appareil CAMECA SX FIVE acquis en 2011 et équipé d'une source LaB6, de 5 spectromètres WDS et d'un spectromètre EDS Brüker pouvant être couplé aux WDS pour l'analyse quantitative.

Ces analyses ont été effectuées principalement sur les APS. Les éléments analysés sont : Al₂O₃, P₂O₅, SO₂, CaO, FeO, SrO, BaO, La₂O₃, Ce₂O₃, Pr₂O₃, Nd₂O₃, ThO₂, UO₂, SiO₂. Tension d'accélération 15 kV, intensité 0,001 nA et taille de spot 2-4 μ m.

Annexe 3 – Liste des échantillons et Lames minces

Liste des échantillons (1/6)

site	Anne		site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top
hole drilling	SHE 50-4		hole drilling	SHE 50-2	bottom	hole drilling	SHE 50-5	bottom	hole drilling	SHE 36	bottom	hole drilling	SHE 18	bottom
unconformity	750,6		unconformity		738	unconformity	722	723,2	unconformity		716	unconformity		721,3
mineralisation	750		mineralisation	729	738	mineralisation	716,5	724,9	mineralisation	709		mineralisation	712,5	746
N? sampling	depth			758	763				N? sampling	depth	type		772	777
1	688,8			767	775	N? sampling	depth	type	1	647	brèche		799	801,5
2	701,4		N? sampling	depth	type	1	670,5	non	2	648,5	fracture	N? sampling	depth	type
3	704,8		1	685,1	non	2	682,5	brèche	3	652,5	brèche	1	661	non
4	711,5		2	695,1	non	3	688	non	4	659	fracture	2	672	fracture
5	720		3	703	non	4	699	non	5	665,5	fracture	3	680	non
6	735		4	704	non	5	701	non	6	667	brèche	4	687	non
7	749		5	713,5	non	6	713,3	non	7	677,5	brèche	5	699	non
8	751		6	719,5	non	7	720	brèche	8	702,5	brèche	6	706,4	brèche
9	755		7	723,5	non	8	721	non	9	704	brèche	7	707,8	brèche
10	774,3		8	738,2	faille	9	722,6	faille	10	713	brèche	8	712	brèche
11	788,4		9	743,8	faille	10	739,5	faille	11	720	faille	9	714	brèche
12	790,8		10	759,6	faille	11	746,7	faille	12	724	faille	10	722	non
13	811,7		11	763	faille	12	783	faille	13	731	non	11	725,3	faille
			12	765,8	non	13	792,8	faille	14	734	faille	12	735,7	faille
			13	781,5	fracture	14	801,5	faille	15	741	faille	13	739	faille
			14	783,8	fracture	15	805	faille	16	758	faille	14	749	faille
			15	805,2	faille	16	814,5	faille	17	764	faille	15	774	faille
			16	815,2	non	17	846,7	fracture				16	781	faille
			17	821,5	faille	18	859,6	faille				17	796	faille
			18	829	faille									
site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top
site hole drilling	Anne SHE 50	top bottom	site hole drilling	Anne SHE 50-7	top bottom	site hole drilling	Anne SHE 50-8	top bottom	site hole drilling	Anne HE 50-1	top bottom	site hole drilling	Anne SHE 50-9	top bottom
site hole drilling unconformity	Anne SHE 50	top bottom 723,2	site hole drilling unconformity	Anne SHE 50-7	top bottom 726	site hole drilling unconformity	Anne SHE 50-8	top bottom 717,5	site hole drilling unconformity	Anne HE 50-1	top bottom 714	site hole drilling unconformity	Anne SHE 50-9	top bottom 730,8
site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50 722	top bottom 723,2 726,8	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-7 726	top bottom 726 729	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-8 712,6	top bottom 717,5 721,3	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne HE 50-1 712,6	top bottom 714 720,5	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-9 716	top bottom 730,8 734,8
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50 722 depth	top bottom 723,2 726,8 type	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50-7 726 depth	top bottom 726 729 type	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50-8 712,6 depth	top bottom 717,5 721,3 type	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne HE 50-1 712,6 depth	top bottom 714 720,5 type	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-9 716 771	top bottom 730,8 734,8 772,2
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50 722 depth 618	top bottom 723,2 726,8 type non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50-7 726 depth 674	top bottom 726 729 type non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670	top bottom 717,5 721,3 type non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne HE 50-1 712,6 depth 662	top bottom 714 720,5 type non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50-9 716 771 depth	top bottom 730,8 734,8 772,2 type
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7	top bottom 723,2 726,8 type non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8	top bottom 726 729 type non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685	top bottom 717,5 721,3 type non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674	top bottom 714 720,5 type non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637	top bottom 723,2 726,8 type non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696	top bottom 726 729 type non non fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4	top bottom 717,5 721,3 type non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685	top bottom 714 720,5 type non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7	top bottom 723,2 726,8 type non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8	top bottom 726 729 type non non fracture brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5	top bottom 717,5 721,3 type non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5	top bottom 714 720,5 type non non non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8	top bottom 717,5 721,3 type non non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5	top bottom 714 720,5 type non non non brèche non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 2 3 4 5 6	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 637 647,7 657 670 678,7	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 96 704,8 716 720 725	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714	top bottom 717,5 721,3 type non non non non non non brèches non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non non faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 657 670 678,7 686,7	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non non fracture non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728	top bottom 726 729 type non fracture fracture non non fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,9 709 714 722	top bottom 717,5 721,3 type non non non non non brèches non faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 679,4 699 699 699 703,8 706 733,2 734,2 748	top bottom 730,8 773,8 772,2 type non non non non faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 678,7 686,7 695,1	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 728 744	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture non non fracture faille	site hole drilling unconformity mineralisation ? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685,4 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685,5 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2	top bottom 7144 720,55 type non non brèche non brèche non brèche faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 733,2 748 762,5	top bottom 730,8 772,2 type non non non non faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10	Anne SHE 50 722 depth 618 6257 657 647,7 657 670 678,7 685,1 695,1 702	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fran fracture non brèche non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 728 724 744,4	top bottom 726 729 type non fracture fracture fracture fracture fracture faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 10	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 699,5 707,5 702 710,5 720,2 727	top bottom 714 720,5 type non non brèche non brèche faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 762,5 761	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 10 11	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 686,7 695,1 702 705	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture non brèche non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 728 744 744,4 754	top bottom 726 729 type non fracture fracture fracture fracture facture facture faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742	top bottom 717,55 721,3 type non non non brèches non faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 10	Anne HE 50-1 HE 50-1 Gepth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 707,5 707,5 710,5 710,5 720,2 727 732	top bottom 714 720,5 type non non brèche non brèche faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 9 10	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 748 762,5 761 668,3	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 686,7 695,1 702 705 716	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11 11	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 728 744 744 744 754 754	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture fracture fracture faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11 11	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 734,5	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685,5 691,5 699,5 707,5 702 710,5 7202 710,5 7202 7127 732 744,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 10 11	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 761 761 668,3 775	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 686,7 695,1 702 705 716 720	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non non fracture non brèche non brèche non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 12 12 13	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 744 744,4 744,4 755 778	top bottom 726 729 type non fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 726 733,5 742 754,5 763,3	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille non faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2 710,5 720,2 727 732,5 744,5 751,2	top bottom 714 720,5 type non non brèche non brèche faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 5 6 7 7 8 9 9 10 10 11 11 12	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 790	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 637 657 657 670 678,7 685,7 695,1 702 705 716 720 720 727	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non non fraille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,6 696 704,8 716 725 725 728 744,7 744,4 754 765 778 8 791,4	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture non fracture faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685, 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726,7 733,5 742 754,5 764,5 769,3 790	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 699,5 707,5 707,5 710,5 720,2 727 732 744,5 751,2 755	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 3 4 5 6 6 7 8 9 9 10 11 11 11 12 13	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 7890 844	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 686,7 678,7 686,7 678,7 686,7 702 705 716 720 727 732,5	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non fraille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 725 728 744 744,4 754 754 754 755 778 811	top bottom 726 729 type non fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 742 754,5 763,3 790 802	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2 727 7322 744,5 751,2 758 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 9 10 10 11 11 12 13 13 14	Anne SHE 50-5 716 771 679,4 690 696 703,8 706 703,8 706 734,2 748 761 668,3 775 761 668,3 775 790 844 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 695,1 702 705 716 705 716 720 720 727 732,5 744	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non brèche non faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 7704,8 716 720 725 728 744 744,4 754 744 755 778 791,4 811 812,5	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 726 733,5 742 726 733,5 744 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 7 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 702,7 710,5 720,2 710,5 720,2 727 732 744,5 751,2 758 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 13 13 14	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 761 668,3 775 761 668,3 775 790 844 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 686,7 678,7 686,7 695,1 702 705 716 702 705 716 720 727 732,5 742,5	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 744,4 755 724 744,4 754 754 754 754 755 778 811 811 812,5 849,3	top bottom 726 729 non fracture brèche fracture brèche fracture fracture faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity unmeralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 733,5 742 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne 712,6 depth 662 674 685 699,5 707,5 702 710,5 702 720,2 727 720,2 727 722,7 724,5 751,2 758 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14	Anne SHE 50-5 7716 7771 depth 679,4 690 690 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 790 844 882	top bottom 730,8 774,8 7772,2 type non non non faille faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 686,7 678,7 686,7 702 705 716 702 705 716 720 727 732,5 744 782,5 767	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non brèche non brèche non brèche non brèche faille faille faille	site hole drilling unconformity uncentration name 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 686,8 704,8 716 725 728 744,7 744,7 755 728 744,7 755 778 744,7 54 755 778,7 791,4 811 812,5 849,3 857	top bottom 726 729 non fracture brèche fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 7114 722 726 733,5 742 733,5 742 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-1 712,6 662 674 685 691,5 707,5 702 710,5 702 720,2 727 732 720,2 727 732 744,5 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non brèche faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 13 13 14	Anne SHE 50-5 716 depth 679,4 690 696 7734,2 703,8 705,5 762,5 761 6668,3 775 762,5 761 6668,3 775 789 844 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non non faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 11 12 13 14 15 16 17 18 19	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 686,7 695,1 702 705 716 705 720 720 727 722 727 722 724 724 782,5 765 744 785,5	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non brèche faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720, 725 728 744 744,4 754 754 754 755 778 791,4 811 812,5 849,3 857,4	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 742 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 599,5 707,5 70,5 70	top bottom 714 720,5 type non non brèche faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 0 11 11 12 13 14	Anne BHE 50-\$ 716 771 4epth 679,A 690 696 703,8 706 703,8 705 734,2 748 762,5 761 668,3 775 780 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille

Liste des échantillons (2/6)

-14-	A		-14-	A	4.0.0	-14-	A	4	-	-14-	A	4	1	-14-	A	4
site hole drilling	SHE 50-4		hole drilling	SHE 50-2	bottom	hole drilling	SHE 50-5	hottom		hole drilling	SHE 36	hottom		bole drilling	SHE 18	hottom
unconformity	750.6		upconformity	5HE 30-2	720	upconformity	700	702.0		unconformity	5112 50	716		unconformity		701.2
minoralization	750,0		minoralization	720	730	minoralization	716 5	723,2		minoralization	700	710		minoralization	710.5	746
N2 compling	/ JU		mineransation	729	750	mineralisation	710,5	724,9		N2 compling	donth	h.m.o.		mineralisation	712,5	740
	ceptin			700	703	NO compling	donth	time		N? sampling	deptin	type	_		700	001 5
1	088,8		NO semalina	/0/	115	N? sampling	depth	type		1	647	breche			799	001,5
2	701,4		N? sampling	depth	туре	1	670,5	non		2	648,5	tracture		N? sampling	depth	type
3	704,8		1	685,1	non	2	682,5	breche		3	652,5	breche		1	661	non
4	711,5		2	695,1	non	3	688	non		4	659	fracture		2	672	fracture
5	720		3	703	non	4	699	non		5	665,5	fracture		3	680	non
6	735		4	704	non	5	701	non		6	667	breche		4	687	non
/	749		5	713,5	non	6	/13,3	non		/	6/7,5	breche		5	699	non
8	751		6	719,5	non	1	720	breche		8	702,5	breche		6	706,4	breche
9	755		7	723,5	non	8	721	non		9	704	breche		7	707,8	breche
10	774,3		8	738,2	faille	9	722,6	taille		10	713	breche	_	8	712	breche
11	788,4		9	743,8	faille	10	739,5	faille		11	720	faille		9	714	brèche
12	790,8		10	759,6	faille	11	746,7	faille		12	724	faille	_	10	722	non
13	811,7		11	763	faille	12	783	faille		13	731	non		11	725,3	faille
			12	765,8	non	13	792,8	faille		14	734	faille		12	735,7	faille
			13	781,5	fracture	14	801,5	faille		15	741	faille		13	739	faille
			14	783,8	fracture	15	805	faille		16	758	faille		14	749	faille
			15	805,2	faille	16	814,5	faille		17	764	faille		15	774	faille
			16	815,2	non	17	846,7	fracture						16	781	faille
			17	821,5	faille	18	859,6	faille						17	796	faille
			18	829	faille											
site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top		site	Anne	top		site	Anne	top
site hole drilling	Anne SHE 50	top bottom	site hole drilling	Anne SHE 50-7	top bottom	site hole drilling	Anne SHE 50-8	top bottom		site hole drilling	Anne HE 50-1	top bottom		site hole drilling	Anne SHE 50-9	top bottom
site hole drilling unconformity	Anne SHE 50	top bottom 723,2	site hole drilling unconformity	Anne SHE 50-7	top bottom 726	site hole drilling unconformity	Anne SHE 50-8	top bottom 717,5		site hole drilling unconformity	Anne HE 50-1	top bottom 714		site hole drilling unconformity	Anne SHE 50-9	top bottom 730,8
site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50 722	top bottom 723,2 726,8	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-7 726	top bottom 726 729	site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-8 712,6	top bottom 717,5 721,3		site hole drilling unconformity mineralisation	Anne HE 50-1 712,6	top bottom 714 720,5		site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-9 716	top bottom 730,8 734,8
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50 722 depth	top bottom 723,2 726,8 type	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50-7 726 depth	top bottom 726 729 type	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50-8 712,6 depth	top bottom 717,5 721,3 type		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne HE 50-1 712,6 depth	top bottom 714 720,5 type		site hole drilling unconformity mineralisation	Anne SHE 50-9 716 771	top bottom 730,8 734,8 772,2
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50 722 depth 618	top bottom 723,2 726,8 type non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50-7 726 depth 674	top bottom 726 729 type non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670	top bottom 717,5 721,3 type non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne HE 50-1 712,6 depth 662	top bottom 714 720,5 type non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	Anne SHE 50-9 716 771 depth	top bottom 730,8 734,8 772,2 type
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7	top bottom 723,2 726,8 type non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8	top bottom 726 729 type non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685	top bottom 717,5 721,3 type non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674	top bottom 714 720,5 type non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637	top bottom 723,2 726,8 type non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696	top bottom 726 729 type non non fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4	top bottom 717,5 721,3 type non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685	top bottom 714 720,5 type non non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7	top bottom 723,2 726,8 type non non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8	top bottom 726 729 type non non fracture brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5	top bottom 717,5 721,3 type non non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5	top bottom 714 720,5 type non non non brèche		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 2 3 4 5	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8	top bottom 717,5 721,3 type non non non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5	top bottom 714 720,5 type non non broche non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 647,7 657 647,7 657 670 678,7	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? samplion 1 2 3 4 5 6 7	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 5	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 686,7	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 725 728	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture non fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 714 722	top bottom 717,5 721,3 type non non non non bròches non faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5	top bottom 714 720,5 type non brèche non non non brèche		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 733,2 748	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non non non faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 677 678,7 678,7 686,7 695,1	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 725 725 725 728 744	top bottom 726 729 type non non fracture fracture non fracture faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685,6 92,4 695,5 706,8 709 714 722 726	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2	top bottom 714 720,5 type non non brèche non brèche faille		site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 7 8	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 733,2 748 762,5	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 686,7 695,1 702	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 10	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 728 724 744,4	top bottom 726 729 type non non fracture fracture fracture fracture facille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2 727	top bottom 714 720,5 type non non non brèche non non brèche faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 748 762,5 761	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 686,7 686,7 695,1 702 705	top bottom 723,2 non non non non non fracture non brèche non non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 744 744 744,4 754	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture fracture faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 702 710,5 720,2 727 732	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10	Anne SHE 50-9 716 771 679,4 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748,5 762,5 761 668,3	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 678,7 678,7 678,7 678,7 702 702 705 716	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 9 10 11 12	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 725 728 744 744,4 754	top bottom 726 729 type non fracture brèche fracture fracture fracture faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 754,5	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille faille non		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 699,5 707,5 702 710,5 720,2 720,2 722 744,5	top bottom 7144 720,5 type non non brèche faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non non faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformitsito mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 657 670 678,7 685,7 695,1 702 705 716 720	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture non brèche non brèche non	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 728 744 744,4 754 754 778	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture facture faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 733,5 742 733,5 742 754,3	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille		site hole drilling unconformity minerallsation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 699,5 707,5 702 710,5 720,2 710,5 720,2 727 727 724,5 751,2	top bottom 714 720,5 type non non brèche non brèche faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 790	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 678,7 678,7 678,7 678,7 702 705 716 720	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non brèche	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 996 996 704,8 716 725 728 744, 754 744, 754 754 755 778, 791,4	top bottom 726 729 type non non fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 754,5 763,3 790	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2 727 7322 744,5 751,2 758	top bottom 714 720,5 type non non brèche faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 6396 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 790 884	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non non faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 13 14 15	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 686,7 695,1 702 705 716 720 727 732,5	top bottom 723,2 726,8 type non non non non fracture non brèche non brèche non fraille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720, 725 728 744 744,4 744,4 754 754 754 758 778 778 791,4 811	top bottom 726 729 type non non fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 754,5 763,3 790 802	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-1 712,6 depth 662 674 685 591,5 699,5 707,5 702,5 702,5 720,2 727 732 744,5 751,2 758 754,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 10 11 12 13 14	Anne SHE 50-9 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 790 844 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity interalisation non 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 695,1 695,1 702 705 716 702 705 716 720 727 727 722,7 744	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture non brèche non brèche non faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 728 728 744 744,4 755 728 744 744,4 765 778 791,4 812,5	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 726 733,5 742 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 691,5 699,5 707,5 702 710,5 720,2 710,5 720,2 710,5 720,2 710,5 720,2 7332 744,5 751,2 758 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche non non brèche faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 12 13 14	Anne SHE 50-5 716 771 depth 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 790 844 882	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 686,7 678,7 686,7 695,1 702 705 716 720 727 732,5 744 782,5	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non non fracture non brèche non brèche non brèche non faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 744,4 754 754 754 754 755 778 791,4 811 812,5 849,3	top bottom 726 729 type non non fracture brèche fracture faitle faille faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 742 733,5 742 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-11 712,6 depth 662 674 685 691,5 707,5 702 710,5 702,7 710,5 720,2 727 732 727 732 727 732 724,5 751,2 758 764,5	top bottom 714 720,5 type non non non brèche non non brèche faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Anne SHE 50-5 716 771 679,4 690 696 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775, 761 668,3 775 90 844 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 678,7 678,7 686,7 678,7 686,7 678,7 705 716 705 716 720 727 732,5 744 782,5 767	top bottom 723,2 726,8 type non non non non non fracture non brèche non brèche non brèche faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 725 728 744 744,7 754 754 754 754 754 754 754 754 754 75	top bottom 726 729 type non fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 706,8 709 714 722 726 733,5 742 726 733,5 742 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non non brèches non faille faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-1 712,6 662 674 685 691,5 707,5 702 710,5 702 710,5 702 710,5 702,2 710,5 720,2 720,2 732 732 732 734,5 758 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14	Anne SHE 50-5 716 6771 depth 679,4 690 696 696 679,4 690 703,8 703,8 703,8 703,8 703,8 705 761 668,3 775 790 8844 882	top bottom 730,8 734,8 7772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille faille
site hole drilling unconformity interalisation no 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	Anne SHE 50 722 depth 618 625,7 637 647,7 657 670 678,7 695,1 702 705 716 695,1 702 705 715 720 727 722 744 782,5 767 785,5	top bottom 723,2 726,8 type non non non non brèche non brèche non brèche non faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	Anne SHE 50-7 726 depth 674 686,8 696 704,8 716 720 725 728 744 744,4 744,4 754 755 778 791,4 811 812,5 849,3 853,4	top bottom 726 729 type non non fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	Anne SHE 50-8 712,6 depth 670 685 692,4 695,5 706,8 709 714 722 726 733,5 744 722 726 733,5 744 722 726 733,5 744 754,5 763,3 790 802 837	top bottom 717,5 721,3 type non non non brèches non faille faille faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Anne HE 50-1- 712,6 depth 662 674 665 699,5 707,5 700,5 700,5 700,7 710,5 720,2 727,7 73,7 744,5 751,2 758,7 764,5	top bottom 714 720,5 type non non brèche faille faille faille faille		site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 13 14	Anne SHE 50-5 716 771 4epth 679,4 690 703,8 706 734,2 748 762,5 761 668,3 775 780 844 882	top bottom 730,8 734,8 772,2 type non non non non faille faille faille faille faille faille

Liste des échantillons (3/6)

site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top	site	Anne	top	site
hole drilling	SHE 101	bottom	hole drilling	SHE 85	bottom	hole drilling	SHE 112	bottom	hole drilling	SHE 11	bottom	hole drilling
unconformity		729,5	unconformity		717	unconformity		717,1	unconformity		729,7	unconformity
mineralisation	747	748,8	mineralisation	peu		mineralisation	725,3	732	mineralisation			mineralisation
	751,1	753	N? sampling	depth	type		735	737,5	N? sampling	depth	type	N? sampling
	758,5	759,5	1	602,8	non	N? sampling	depth	type	1	629	non	1
	761	762,5	2	614,4	faille	1	653,4	non	2	638	non	2
N? sampling	depth	type	3	616	fracture	2	662,7	fracture	3	647	non	3
1	599.7	non	4	616.1	non	3	670.2	brèche	4	653.2	non	4
2	608	non	5	622	brèche	4	680	brèche	5	609.7		5
3	614,5	non	6	631	non	5	685	brèche	6	620,5		6
4	620.5	non	7	640	fracture	6	689.8	fracture	7	659.7		7
5	628	non	8	643.5	brèche	7	698.8	non	8	668		8
6	634	non	9	652	non	8	706.5	non	9	678.5		9
7	643	non	10	661	non	9	709.2	fracture	10	685.4		10
8	647	faille	11	687.5	fracture	10	713	non	11	683.3		11
9	655	non	12	698	fracture	11	714.4	brèche	12	683		
10	662.5	brèche	13	704	brèche	12	717.1	brèche	13	699.5		
11	665	faille	14	708.2	non	13	717.5	faille	14	713		
12	673	fracture	15	712.8	brèche	14	722.5	faille	15	721.5		
13	678.6	faille	16	716	brèche	15	725.3	faille	16	726		
14	688	non	17	720.5	fracture	16	730	faille	17	732		
15	701 5	non	18	721	faille	17	748.4	faille		702		
16	707	non	19	741	faille	18	751.2	faille				
10	709	hrèche	20	741	faille	19	769.5	non				
18	715	fracture	21	760	faille	20	779.7	faille	site	ANNE	top	site
19	729	hrèche	22	763.8	faille	21	783	faille	hole drilling	SHE 109-7	bottom	 hole drilling
20	731	faille	23	772	non	22	787.5	faille	unconformity	716 50m	bottom	unconformity
20	/31	lunic	23	112	non		707,5	lunic	anoonnonnig	110,00		 anoonioinity
21	736.8	faille	24	786 5	faille	23	790 5	faille	mineralisation			mineralisation
21	736,8	faille faille	24	786,5	faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N2 sampling	denth	type	 Mineralisation
21 22 23	736,8 740 747 5	faille faille	24 25 26	786,5 802	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1	depth 683	type	 mineralisation N? sampling
21 22 23 24	736,8 740 747,5 752	faille faille non fracture	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2	depth 683	type	 mineralisation N? sampling 1 2
21 22 23 24 25	736,8 740 747,5 752 759	faille faille non fracture	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2 3	depth 683 689	type	mineralisation N? sampling 1 2 3
21 22 23 24 25 26	736,8 740 747,5 752 759 762	faille faille non fracture non	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2 3 4	depth 683 689 691	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4
21 22 23 24 25 26 27	736,8 740 747,5 752 759 762	faille faille non fracture non non faille	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	depth 683 689 691 694 657 80	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5
21 22 23 24 25 26 27	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5	faille faille non fracture non non faille	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	depth 683 689 691 694 657,80 698	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6
21 22 23 24 25 26 27	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5	faille faille non fracture non non faille	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	depth 683 689 691 694 657,80 698 705	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7
21 22 23 24 25 26 27 Site	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5	faille faille non fracture non faille	24 25 26	786,5 802 806,5	faille faille faille	23	790,5	faille	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8
21 22 23 24 25 26 27 27 site	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 ANNE SHE 109-6	faille faille non fracture non faille top	24 25 26 site	786,5 802 806,5 ANNE	faille faille faille top	23	790,5	top	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9
21 22 23 24 25 26 27 27 site hole drilling	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 763,5 ANNE SHE 109-6 713m	faille non fracture non faille faille	24 25 26 site hole drilling	786,5 802 806,5 806,5 ANNE SHE 109-4 729 8m	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling	790,5 ANNE SHE 109-3 723	top bottom	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	depth 683 689 691 657,80 698 705 708,80 715,40 735,50	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 763,5 ANNE SHE 109-6 713m	faille faille non fracture non faille top bottom	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation	786,5 802 806,5 806,5 ANNE SHE 109-4 729,8m	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation	790,5 ANNE SHE 109-3 723	top bottom	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 727,20	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
21 22 23 24 25 26 27 5 ite hole drilling unconformity mineralisation N2 sampling	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 763,5 763,5 8HE 109-6 713m	faille faille non fracture non faille top bottom	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N2 samaling	786,5 802 806,5 806,5 ANNE 5HE 109-4 729,8m	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N2 sampling	790,5 ANNE SHE 109-3 723	faille top bottom	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 727,20 732,20	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	736,8 740 747,5 752 762 763,5 763,5 763,5 8HE 109-6 713m depth 698	faille faille non fracture non faille top bottom	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	786,5 802 806,5 806,5 ANNE SHE 109-4 729,8m depth 721 10	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702 50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 727,20 732,20 735		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
21 22 23 24 25 26 27 27 site hole drilling unconformity unconformity mineralisation N? sampling 1 2	736,8 740 747,5 752 762 763,5 762 763,5 8HE 109-6 713m depth 698 707 5	faille faille non fracture non non faille top bottom	24 25 26 hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	786,5 802 806,5 806,5 ANNE SHE 109-4 729,8m depth 721,10 723,60	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	depth 683 689 691 694 657,80 658 705 708,80 715,40 723,50 727,20 732,20 735 735 735 50	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 763,5 763,5 8HE 109-6 713m depth 698 707,5 720	faille faille non fracture non faille bottom top bottom	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	786,5 802 806,5 80	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729 50	taille top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	depth 683 689 691 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 727,20 732,20 735 733,50 731,10	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 26 27 3 unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 763,5 763,5 8HE 109-6 713m 698 707,5 720 722	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	786,5 802 806,5 80	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	depth 683 689 691 694 657,80 708,80 705 708,80 715,40 723,50 722,20 732,20 733,50 733,50 733,50 733,10 728,10	type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	736,8 740 747,5 752 759 762 763,5 762 763,5 762 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 713m 698 707,5 720 722 728,5	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	786,5 802 806,5 80	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 736 736	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 722,20 732,20 732,20 733,50 737,10 738,10 755 10		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	736,8 747,5 752 759 762 763,5 763,5 763,5 763,5 8HE 109-6 713m 698 707,5 720 722,728,5 722 722,728,5 722	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	786,5 802 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 729,8m 729,8m 729,8m 729,8m 721,10 723,60 722,80 722,80 734,50 734,50 736,50 745,50	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 3 4 5 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 720,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 705 708,80 715,40 723,50 727,20 733,50 733,50 737,10 738,10 755,10 755,10		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 Site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	736,8 740,5 747,5 752 759 762,759 762,763 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 713m 698 707,5 720 722 728,5 733 737	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7	786,5 802 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 729,8m 729,8m 729,8m 722,80 722,80 722,80 734,50 738,50 738,50 738,50 738,50	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 708,80 705,70 723,50 732,20 732,20 735 733,50 737,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 P	736,8 740,5 747,5 752 759 762 763,5 762 763,5 762 763,5 763,5 713m 4NINE 8HE 109-6 713m 409H 698 707,5 720 722,5 720 722 728,5 733 737 720	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	786,5 802 806,5 80	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 736 736 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 688 705 708,80 715,40 723,50 727,20 732,20 732,20 733,50 737,10 738,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 27 3 where all set of the set of t	736,8 740,5 747,5 752 752 763,5 762,7 763,5 8HE 109-6 713m 698 707,5 720 720 722 728,5 733 737 739	faille faille non fracture non faille bottom top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	786,5 802 806,5 80,5 734,50 745,5 747	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 732,20 732,20 732,20 735,73 733,50 737,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 3 wineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 9 9	736,8 740,5 747,5 752 759 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 763,5 713m depth 698 707,5 720 722 728,5 733 737 729 741,80	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7	786,5 802 806,5 806,5 806,5 804 804 729,8m 729,8m 729,8m 722,80 722,80 722,80 734,50 734,50 734,50 745,5 747	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 705 708,80 715,40 723,50 727,20 733,50 737,10 738,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 9 10	736,8 740,5 747,5 752 759 762 763,5 763,5 8HE 109-6 713m 698 707,5 720 702,5 720 722,5 723 733 737 728,5 733 737 728,9 741,80 744,80	faille faille non fracture non faille bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	786,5 802 806,5 80,5 745,5 747	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 736 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 727,20 732,20 732,20 732,20 733,50 737,10 738,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 27 site hole drilling unconformity mineralisation mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 10 11 11	736,8 747,5 747,5 752 752 763,5 8HE 109-6 713m 698 707,5 720 722 728,5 720 722 728,5 733 737 729 741,80 744 744	faille faille non fracture non fracture for faille bottom type type	24 25 26 hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	786,5 802 806,5 806,5 806,5 806,5 807,5 807,5 807,5 729,8 721,10 723,60 722,80 724,55 724,55 734,50 734,50 734,55 747	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralised nineralised nineralised sampling 1 2 3 4 5 6	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 688 705 708,80 715,40 723,50 732,20 732,20 732,20 733,50 733,50 733,50 733,50 737,10 755,10		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 12 12	736,8 740,5 747,5 752 759 763,5 8HE 109-6 713m 698 707,5 720 722 728,5 733 737 729 741,80 744 748 752	faille faille non fracture non faille top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7	ANNE 806,5 802 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 806,5 801,0 729,80 722,80 734,50 738,50 747,5	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 705 708,80 715,40 723,50 727,20 733,50 733,50 737,10 738,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 27 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12 13	736,8 740,5 747,5 752 759 762 763,5 763,5 8HE 109-6 713m depth 698 707,5 720 707,5 720 722,5 733 737 728,5 733 737 729 741,80 744 748 752 752	faille faille non fracture non faille bottom top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	ANNE B06,5 80 806,5 80 806,5 80 806,5 80 806,5 80 806,5 80 806,5 80 806,5 80 806,5 80 90,729,80 723,60 722,80 745,5 747 747	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 736 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 727,20 732,20 732,20 732,20 733,50 733,10 733,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
21 22 23 24 25 26 27 27 site hole drilling unconformity mineralisation mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14	736,8 740,5 747,55 752 752 762,5 762,5 762,5 763,5 8HE 109-6 713m depth 698 707,5 720 722,7 723,5 733 737 729 743,80 744,80 744 748 757 751,80	faille faille non fracture non faille bottom bottom type type	24 25 26 hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	ANNE 806,5 802 806,5	faille faille faille top bottom type	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 729,50 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 658 705 708,80 715,40 722,20 732,50 732,20 732,20 735,73 733,50 737,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 14
21 22 23 24 25 26 27 27 where alisation mineralisation 1 2 3 3 4 8 5 6 7 7 8 9 10 11 11 2 3 14 15	736,8 747,5 747,5 752 759 763,5 SHE 109-6 713m 698 707,5 720 722 728,5 733 737 729 741,80 737 744 748 752 751 751 751	faille faille non fracture non faille top bottom top bottom type	24 25 26 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7	ANNE 806,5 800,5 806,5 <td>faille faille faille top bottom</td> <td>23 site hole drilling unconformity mineralisation N? samping 1 2 3 4 5 6</td> <td>790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50</td> <td>top bottom type</td> <td>mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18</td> <td>depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 732,20 732,20 732,20 735 733,50 737,10 738,10 755,10 757,7</td> <td></td> <td>mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 14</td>	faille faille faille top bottom	23 site hole drilling unconformity mineralisation N? samping 1 2 3 4 5 6	790,5 ANNE SHE 109-3 723 depth 702,50 710 729,50 733 736 749,50	top bottom type	mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	depth 683 689 691 694 657,80 698 705 708,80 715,40 723,50 732,20 732,20 732,20 735 733,50 737,10 738,10 755,10 757,7		mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 14

Liste des échantillons (4/6)

site	KIANNA	top	site	KIANNA	top	site	KIANNA	top	site	KIANNA	top
hole drilling	SHE 118-4	bottom	hole drilling	SHE 118-2	bottom	hole drilling	SHE 118-1	bottom	hole drilling	SHE 118	bottom
unconformity	729		unconformity		745,6	unconformity		731,4	unconformity		711,2
mineralisation	716,3	721			746,2			734,1	mineralisation	703,4	711,2
	724	729,5	mineralisation			 mineralisation	714,3	?		737	740
	796	804	N? sampling	depth	type		854	880		763,5	770
	821		1	696	fracture	N? sampling	depth	type		774,1	775,3
	845	849	2	708	fracture	1	689,7	fracture	N? sampling	depth	type
	859	861	 3	709,3	fracture	 2	692,4	fracture	1	681,6	fracture
N? sampling	depth	type	 4	709,8	faille	 3	697,5	fracture	2	682,6	fracture
1	696,55	fracture	5	724	fracture	4	702	fracture	 3	682,9	
2	700,4	faille	6	731,6	faille	 5	709,5	fracture	 4	703,5	fracture
3	702,2	faille	1	737,5	fracture	6	717,5	fracture	5	712,7	faille
4	712,15	fracture	8	739,9	fracture	/	728,3	faille	 5	721.25	faille
5	713,0	faille	 10	743,4	faille	 0 9	735.6	faille	 8	721,55	faille
7	734	faille	11	744.9	fracture	10	748.9	faille	9	748	faille
8	735.6	faille	12	750.5	fracture	11	752	faille	10	760.2	fracture
9	736,2	faille	13	751,1	faille	12	770,4	faille	11	764,6	faille
10	746,5	faille	14	758,7	faille	13	776	faille	12	773,3	faille
11	755,9	faille	15	761	faille	14	780	fracture	13	780	faille
12	763	fracture	16	768,2	faille	15	786,4	faille	14	795	faille
13	764,5	faille	17	777,1	faille	 16	791,5	faille	 15	806,3	fracture
14	770,05	faille	18	781,1	faille	17	796	faille	 16	810,4	faille
15	774,6	faille	 19	790	fracture	 18	800,9	faille	 17	818	fracture
16	776,9	fracture	20	797,45	faille	19	801,6	faille	18	821,5	fracture
17	782,5	faille	21	799,2 912.75	faille	20	809,2	faillo	 20	832,9 977 A	faille
10	859.7	faille	22	813.7	faille	 21	833.3	faille	20	744 5	faille
20	861.8	faille	24	824.9	autres	23	853	fracture		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Tunic
21	867,1	faille	25	839,1	fracture	24	858,8	faille	site	KIANNA	top
22	877,4	faille	26	844	fracture	25	868,9	faille	hole drilling	SHE 115-11	bottom
23	880,85	faille	27	857,2	faille	26	878,7	faille	unconformity		723
24	899,3	faille	28	891	faille	27	880,75	fracture	mineralisation	840,6	873
25	908,5	faille				28	889,9	veine	N? sampling	depth	type
26	926,3	faille				29	904,4	faille	1	695,5	fracture
27	930,4	fracture				30	914,2	faille	 2	702,1	fracture
28	938	faille	 site	KIANNA	top	 31	762,4	fracture	3	710,15	fracture
29			holo drilling		hottom						-
2.5	794,5	faille	note unining	SHE 115-16	704.0	32	/62,/	fracture	4	719,15	fracture
cito	794,5 KLANNA	faille	unconformity	SHE 115-16	724,2	32	/62,/	ton	4 5	719,15	fracture falle
site	794,5 KIANNA SHE 63B	faille top bottom	unconformity mineralisation	720 844	724,2 728 845	site	KIANNA SHF 114-8	top	4 5 6 7	719,15 727,2 741,4 747 3	fracture falle falle falle
site hole drilling	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1	faille top bottom	unconformity mineralisation	720 844 denth	724,2 728 845	site hole drilling	762,7 KIANNA SHE 114-8 715.8	top bottom	4 5 6 7 8	719,15 727,2 741,4 747,3 767	fracture falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718	faille top bottom 727	unconformity mineralisation N? sampling	720 844 depth 656.1	724,2 728 845 type fracture	site hole drilling unconformity mineralisation	762,7 KIANNA SHE 114-8 715,8 715	top bottom 716	4 5 6 7 8 9	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786.8	fracture falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth	faille top bottom 727 type	unconformity mineralisation N? sampling 1 2	720 844 depth 656,1 667	724,2 728 845 type fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation	762,7 KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834	top bottom 716 863	4 5 6 7 8 9 10	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1	fracture falle falle falle falle fracture falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5	faille top bottom 727 type fracture	inconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	720 844 depth 656,1 667 667,4	724,2 728 845 type fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851	top bottom 716 863 855	4 5 6 7 8 9 10 11	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8	fracture falle falle falle falle fracture falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2	faille top bottom 727 type fracture fracture	unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	720 844 depth 656,1 667 667,4 670	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth	top bottom 716 863 855 type	4 5 7 8 9 10 11 12	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9	fracture falle falle falle falle fracture falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation	incentify incentify mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	720 844 656,1 667 667,4 670 681,8	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85	top bottom 716 863 855 type fracture	4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9	fracture falle falle falle falle fracture falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille	unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8	top bottom 716 863 855 type fracture fracture	4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831	fracture faile faile faile faile fracture faile faile faile fracture faile
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille	Inconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture	4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831 838,6	fracture faile faile faile faile fracture faile faile fracture faile faile
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 746,8	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille	Inconformity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille	4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831,9 833,6 847,8	fracture falle falle falle fracture falle falle fracture falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 746,8 724,5	faille top bottom 727 type fracture foliation faille faille faille	Inconformity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 712,8 717 723,2 726	top bottom 716 863 855 type fracture fracture faille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831,9 831 838,6 8347,8 857,7	fracture faile faile faile fracture faile faile fracture faile faile faile faile faile
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 746,8 724,5 719,1	faille top bottom 727 type fracture foliation faille faille faille faille	Inconformity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 724,3	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735	top bottom 716 863 855 type fracture fracture faille faille faille	4 5 6 7 9 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831 838,6 847,8 847,8 857,7 874	fracture falle falle falle falle falle falle falle fracture falle falle fracture falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 8 9	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 746,8 724,5 719,1 702,8	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille faille faille faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 720,4 737,5	724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 746,3	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille	4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831,9 831,9 831,8 838,6 847,8 857,7 874 876	fracture falle falle falle falle fracture falle fracture falle fracture falle fracture falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 9 10	799,5 KIANNA SHE 63B 722,1 781,2 781,2 776,5 775,5 775,5 775,9 758,4 746,8 724,5 702,8 687,6	faille top bottom 727 type fracture foliation faille faille faille faille faille faille	Non-section unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 748,5	724,2 728 845 type fracture fr	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 712,72 726 735 746,3 761,4	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille	4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 802,8 805,9 811,9 831,6 838,6 838,6 838,6 838,6 837,7 874 857,7 874 837,8 837,8	fracture falle falle falle falle fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 9 10 10 11	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 781,2 775,9 775,9 775,9 775,9 775,8 775,9 775,8 775,9 775,9 776,4 772,4 746,8 724,5 719,1 702,8 687,6 687,6 678	faille top bottom 727 727 fracture fracture foliation faille faille faille faille fracture faille fracture	No. 6 drimity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 720,4 737,5 748,5 773,7 1	724,2 728 845 type fracture fr	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 8 9	KJANNA SHE 114-8 715.8 715 834 851 depth 685.85 712,8 717 723,2 726 785 761,4 791,1	top bottom 716 863 855 type fracture fracture faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 834,8 835,7 874 876 886,3	frature falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 6 7 7 8 9 9 10 11 11 12	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 776,7 775,9 758,4 746,8 724,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2	faille top bottom 727 type fracture fracture foilation faille faille faille faille faille fracture faille fracture faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8	Joiding 724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 9 10	KJANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 746,3 761,4 791,1 806,7	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 802,8 802,8 805,9 831,9 831,8 838,6 837,7 874 857,7 874 856,3	fracture faile faile faile faile fracture faile faile faile faile faile faile faile faile faile faile faile
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 723,5 781,2 776,7 775,9 758,4 746,8 746,8 746,8 746,8 719,1 702,8 687,6 677 667,2 655	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille faille fracture faille fracture faille	No conformity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3	724,2 728 845 type fracture fr	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 735 746,3 761,4 791,1 806,7 812,1	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 805,9 811,9 831 838,6 847,8 838,6 847,8 857,7 874 857,6 886,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	794,5 KIANNA SHE 63B 722,1 722,1 793,5 781,2 775,9 758,4 746,8 724,5 775,9 758,4 746,8 724,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655 655,5	faille top bottom 727 type fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4	0000000 724,2 728 845 type fracture faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 712,8 717 723,2 717 723,2 717 723,2 717 723,2 717 723,2 717 723,2 717 723,2 717 723,2 717 723,2 715 715 715 715 715 715 715 715 715 715	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 805,9 811,9 831 838,6 838,6 838,6 847,8 857,7 874 876 886,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 776,7 775,9 776,7 775,9 776,7 775,9 776,4 776,7 775,9 784,4 724,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655,5 605,4	faille top bottom 727 type fracture fracture faille faille faille faille faille faille fracture faille fracture faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	720 844 depth 656,1 667,4 667,4 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 720,4 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2	Dottime 724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille	site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	KJANNA SHE 114-8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 785 761,4 791,1 806,7 814,4 822	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 833,6 834,7 836,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,8 837,7 837,7 837,8 837,7 8	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
Site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 776,7 775,9 758,4 776,7 775,9 758,4 746,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655,5 655,4 605,4	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7	T24,2 728,3 728,3 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	KJANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 746,3 761,4 806,7 812,1 812,4 822 828	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 802,8 802,8 805,9 831 838,6 838,6 837,7 874 857,7 874 856,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 776,7 775,9 758,4 746,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655,5 605,4	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille faille faille faille fracture faille fracture	No. 6 change unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	SHE 115-16 720 844 depth 6556,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 837 205	T24,2 728, 728, 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	KJANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 746,3 761,4 791,1 806,7 812,1 814,4 822 828 833,5	top bottom 716 863 855 type fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 805,9 811,9 838,6 847,8 838,6 847,8 838,6 847,8 857,7 874 856,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 722,1 733,5 784,2 775,9 758,4 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 746,8 719,1 702,8 667,2 655,5 605,4 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	faille top bottom 727 type fracture fracture faille faille faille faille fracture faille fracture faille	No. 6 drimity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 838,3	T24,2 724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	32 site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 735 746,3 761,4 791,1 816,1 806,7 812,1 814,4 822 833,6 843,2	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 805,9 811,9 831 838,6 847,8 838,6 847,8 857,7 874 876 886,3	fracture falle falle falle falle fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 776,7 775,9 776,7 775,9 776,7 775,9 784,8 724,5 719,1 702,8 687,6 667,2 655,5 605,4 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille faille faille fracture faille fracture faille	Inconformity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	3HE 115-16 720 844 depth 655,1 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 720,4 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 833,3 845,5	Dottime 724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille	site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	TbL, / KJANNA SHE 114-8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 761,4 791,1 806,7 814,4 822 828 833,6 843,2 843,2 847,5	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 802,8 805,9 811,9 838,6 8	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
25 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 5 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 758,4 766,7 724,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655,5 605,4	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	Incention unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 838,3 838,5	oritima and a second se	site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 10	Tb2,7 KJANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 746,3 761,4 806,7 812,1 806,7 812,1 828 833,6 843,2 828,843,5 843,5 850,3	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture fracture faille	4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 802,8 802,8 805,9 831, 833,6 833,6 833,6 837,7 874 857,7 874 857,7 874 856,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
Site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 776,7 775,9 758,4 776,7 775,9 758,4 746,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655,5 605,4 8 8 605,4 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	faille top bottom 727 type fracture fracture fracture faille faille faille faille faille fracture faille fracture	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 837 838,3 845,5	bottom 724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	KJANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 746,3 761,4 791,1 806,7 812,1 814,4 822 828 833,6 843,2 843,2 850,3 852,5	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fraille fail	4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 747,3 767 786,8 805,9 811,9 831 838,6 847,8 838,6 847,8 837,4 876 886,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 723,5 781,2 776,7 775,9 758,4 746,8	faille top bottom 727 type fracture fracture foliation faille faille faille fraille fracture faille fracture faille	Inconformity unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	SHE 115-16 720 844 depth 656,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 8333 845,5	T24,2 724,2 728 845 type fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	32 site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 9 9 10 11 12 13 14 15 16 17 17 18 19 19 20 20	KIANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717,7 723,2 735 746,3 761,4 791,1 806,7 812,1 814,4 822 833,6 843,2 843,2 850,3 852,5 852,5	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fraille fail	4 5 6 7 9 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 805,9 811,9 831 838,6 847,8 838,6 847,8 857,7 874 857,7 876 886,3	fracture falle falle falle falle fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 781,2 776,7 775,9 784,2 775,9 784,6 724,5 719,1 702,8 687,6 678 667,2 655,5 605,4 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	faille top bottom 727 type fracture fracture faille faille faille faille faille fracture faille fracture faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	3HE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 667,4 699,1 70,7 714,7 720,4 724,3 737,5 748,5 773,7 787,8 800,3 806,4 815,2 828,7 838,3 845,5	oright of the second se	32 site hole drilling unconformity mineralisation 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	TbL, / KJANNA SHE 114-8 715.8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,2 726 735 761,4 791,1 806,7 814,4 822 828 833,6 843,2 843,2 847,5 852,5 857,2 8567,2	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture fracture fraille faille	4 5 6 7 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 797,1 802,8 805,9 811,9 831 838,6 847,8 838,6 847,8 857,7 874 876 886,3	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle
25 site hole drilling unconformity mineralisation N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 	794,5 KIANNA SHE 638 722,1 718 depth 793,5 781,2 775,9 776,7 775,9 776,7 775,9 778,4 776,7 775,9 778,4 746,5 719,1 702,8 667,2 665,5 605,4	faille top bottom 727 type fracture fracture faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille faille	N? sampling 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	SHE 115-16 720 844 depth 655,1 667 667,4 670 681,8 699,1 707,7 714,7 720,4 737,5 737,5 737,5 737,7 787,8 800,3 805,4 815,2 828,7 833,3 845,5	bottom 724,2 728 845 type fracture frac	site hole drilling unconformity mineralisation 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	Yb2,7 KJANNA SHE 114-8 715,8 715 834 851 depth 685,85 712,8 717 723,26 735 761,4 791,1 806,7 812,4 822 828 833,6 843,2 843,2 847,5 850,3 852,7 866,9 883,2	top bottom 716 863 855 type fracture fracture fracture faille fai	4 5 6 7 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 17 18 19 20	719,15 727,2 741,4 741,4 747,3 767 786,8 802,8 802,8 805,9 831 833,6 837,7 831,9 831, 833,6 837,7 874 837,7 874 837,8 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,7 874 857,8 857,7 874 857,8 857,7 857,8 857,7 857,8 857,9	fracture falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle falle

Liste des échantillons (5/6)

site	Kianna	site	Kianna	1	site	Anne	top	1	site	Anne	top	site	Anne
hole drilling	SHE 134	hole drilling	Shea 114-11		hole drilling	HYD 07-03	bottom		hole drilling	HYD 07-05	bottom	hole drilling	HYD 07-01
unconformity	717	unconformity	714.2		unconformity		702		unconformity		713.2	unconformity	
mineralisation		mineralisation	,		mineralisation	0			mineralisation		- /	mineralisation	
N? sampling	depth	N? sampling	depth		N? sampling	depth	type		N? sampling	depth	type	N? sampling	depth
1	679,50	1	651		1	583	non		1	653	non	1	713,8
2	686	2	640		2	587	non		2	658	fragmentée	2	
3	694	3	622		3	791	faille		3	660,8	non	3	708,2
4	702	4	609		4	596	non		4	663,9	non	4	704
5	707	5	590		5	598	fracture		5	668	non	5	694
6	714	6	572		6	601	non		6	677	fracture	6	690,5
7	716,40	7	553		7	604	fracture		7	674	fragmentée	7	686,5
8	721	8	550		8	607.5	non		8	677	fracture	8	686.8
9	730	9	530		9	612	fracture		9	684	fracture	9	697.5
10	741	10	510		10	620	non		10	685	fracture	 10	678.5
11	757.15	11	510		11	622	faille		11	601	non	 11	672
12	761	12	685		12	629	faille		12	696	fracture	 12	672.9
12	701	12	085		12	020	frante		12	030	facture	 12	073,8
13	762,5	13	695		13	030	Tracture		13	697,2	Tallie	13	663
14	764	14	096		14	031,5	non		14	099,5		14	000,3
15	766	15	/10		15	638,6	non		15	/04,6		15	657
16	776,6	16	712		16	641	brèche		16	706,5		16	650
17	798	17	44 m		17	644	faille		17	708,5		17	637,5
18	810	18	72 m		18	648	non		18	712,4		18	636,8
19	818	19	106 m		19	655	non		19	713,2		19	627,5
20	819,5	20	139 m		20	858,8	brèche		20	713,6		20	624
21	842,5	21	170 m		21	660	non		21	714,8		21	624
22	869,1	22	204 m		22	665	brèche		22	717,5		22	622
23	870	23	232 m		23	665,8	non		23	714		23	616,6
24	870,9	24	262 m		24	668,8	non		24	718		24	607
25	871,5	25	330 m		25	672	non		25	724		25	599
26	871.8	26	362 m		26	675	non		26	726		26	553
27	872.1	27	394 m		27	681.5	fracture		27	725.6		27	590
28	881 5	28	426 m		28	686.8	faille		28	729		28	581
20	882.1	29	420 m		20	688	non		20	723		 20	572
20	002,1	20	400 m		20	602.2	non		20	722 5		20	572
30	003	30	430 m		30	605.1	non		30	733,5		30	554
31	004	31	510 m		31	695,1	freeture		31	740		 31	550
32	889,1	32	530 m		32	698,6	tracture		32	750			
33	890	33	560 m		33	/01,1	non		33	747,5		site	ANNE
34	892	34	581 m		34	701	breche		34	756,6		hole drilling	SHE 8
35	894,5	35	599 m		35	701,4	brèche		35	758		unconformity	641,5m
36	896	36	630 m		36	703,2	fracture		36	764		mineralisation	
37	897,5	37	668 m		37	713	faille		37	767		N? sampling	depth
38	899,5	38	677 m	-	38	715	non		38	770		1	598
39	913,5	39	701 m		39	739	faille		39	773,5		2	5(8)13
40	915	40	/u/m		40	/35,5	Taille		40	775		3	625
41	916	41	722						41	707		 4 E	630,5
42	910 5	42	757						42	702		5	6,41
45	920.7	43	761						43	782 5		 U	041
45	922	45	773						45	780			
46	924.5	46	779	1					46	782.5			
47	939,7	47	791										
48	963	48	801	ĺ									
49	976	49	855	í									
50	983,4	50	866	1									
51	991,5	51	879										
52	996	52	894										
53	999	53	909										
54	1002	54	929										
55	1006												
56	1008												
57	1011												

Liste des échantillons (6/6)

hole drilling unconformity SHE 111-7 mineralisation hole drilling unconformity SHE 111-7 mineralisation hole drilling unconformity SHE 17 hole drilling unconformity SHE 11 Hole drilling unconformity Hole drilling unconformity	site	Anne	top	site	Colette	top	site	Colette	top	site	Colette	top
unconformity randing unconformity	hole drilling	Shea 22	bottom	hole drilling	SHE 111-7	bottom	hole drilling	SHE 117	bottom	hole drilling	SHE 57	bottom
mineralisationmener	unconformity		741	unconformity			unconformity			unconformity	722,80	
NY2 sampling depth type NY2 sampling depth type NY2 sampling depth type 1 650 1 650 1 650 1 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 20 650 650 20 650 650 20 650 <td>mineralisation</td> <td></td> <td></td> <td>mineralisation</td> <td></td> <td></td> <td>mineralisation</td> <td></td> <td></td> <td>mineralisation</td> <td></td> <td></td>	mineralisation			mineralisation			mineralisation			mineralisation		
1 640	N? sampling	depth	type	N? sampling	depth	type	N? sampling	depth	type	N? sampling	depth	type
2 650 2 668, 5 2 650 2 660 3 674 3 $652, 20$ 3 623 4 653 4 656 4 653 4 656 4 653 4 661 6 7 680 6 671 7 668 7 668 7 663 7 668 671 7 668 671 7 668 671 7 668 671 7 668 671 7 668 671 7 668 697 68 687 668 7 668 7 668 7 668 7 668 7 781 10 77 781 10 77 781 10 781 781 781 781 781 781 781 781 781 781 781 781 781 <	1	640		1	655,5		1	630		1	602	
3 660 3 574 4 686 4 686 4 653 4 44 653 5 670 5 $696, 6$ 5 688 697 6 673 6 673 6 673 6 673 6 673 6 66 77 668 7 668 7 668 7 668 7 668 7 668 7 668 7 668 7 6683 7 7 6683 7 7 7 6683 7 7 7 6683 7 <td>2</td> <td>650</td> <td></td> <td>2</td> <td>668,5</td> <td></td> <td>2</td> <td>635</td> <td></td> <td>2</td> <td>609</td> <td></td>	2	650		2	668,5		2	635		2	609	
4 653 4 686 5 655 5 651 - 6 677 6 70,5 6 673 - 6 673 - 6 653 - 7 689 9 7 718 6 673 - 6 663 - 8 693 9 7 755 8 697 0 8 668 - 9 699,3 9 735,5 9 70,250 9 668,5 - 10 747 10 747 10 723 10 723 10 663 - 11 710 11 748 0 - - - 10 122 661 - 13 720 - - - - - - 11 663 - 133 661 - - 14 760 - 143 700 - 144 760 - 144 760 - 144 700 - 144 700 - 143 700 - 143 700 - 143 700 - 143 700 <	3	660		3	674		3	652,20		3	623	
5 670 5 698 5 688 5 651 7 689 7 718 6 673 6 633 7 8 693 8 725 8 697 7 668 7 9 699,3 9 735,5 9 702,50 9 668,5 10 10 702 10 747 10 723 10 668,5 10 11 716 11 747 10 723 10 668,5 11 12 715 - - - - - 10 723 10 668,5 - 13 720 - - - - - 11 668,5 - 11 668,5 - 11 668,5 - 11 668,5 - 11 14 70 - 11 14 70 - 11 14	4	653		4	686		4	655		4	641	
6 677 68 6 701,5 6 677 66 673 6 633 7 66 77 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7<	5	670		5	696,6		5	658		5	651	
7 689 7 7 7 7 7 693 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7 7 663 7	6	677		6	701,5		6	673		6	653	
8 693 8 725 8 667 8 8 667 8 668 10 702 9 9 736,5 10 723 9 668,5 0 11 710 11 744 10 723 10 668,5 0 12 715 - - - 5ite Colette top 11 666,5 0 13 720 - - - - 11 666,5 0 11 666,5 0 11 666,5 0 11 666,5 0 11 666,5 0 11 666,5 0 13 666,5 0 13 666,5 0 13 666,5 0 14 70,5 14 70,5 14 70,5 14 70,5 14 70,5 14 70,5 14 14 70,5 14 14 70,5 14 14 72,5 14 14 72,5 14 14 72,5 16 16,5,7,5 16 14	7	689		7	718		7	696		7	663	
9 699,3 9 736,5 9 9 702,00 9 9 702,00 9 9 702,00 9 9 702,00 10 723 10 723 10 723 10 723 10 723 10 723 10 723 10 723 10 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 668,5 11 661,5 11 661,5 11 661,5 11 661,5 11 661,5 11 661,5 11 77,5 11 661,5 11 77,5 11 77,5 11 77,5 11 76,5 11 77,5 11 77,5 11 77,5	8	693		8	725		8	697		8	668	
107021074770310723106651171611748 \sim \sim 1166511668,5 \sim 12715 \sim \sim siteColettetop12668,1 \sim \sim 13666 \sim \sim 13666 \sim \sim 13666,5 \sim <	9	699,3		9	736,5		9	702,50		9	668,5	
11 710 11 748 isite Colette isite	10	702		10	747		10	723		10	665	
12 715	11	710		11	748					11	668,5	
13 720 rescanse hole drilling SHE 51 bottom 13 666 14 726 iste Colette top mineralisation ital 706 ital 706 15 728 hole drilling SHE 62 bottom mineralisation ital 706 ital 706 16 734 unconformity mineralisation mineralisation ital 703 ital 700 ital 703 703 703	12	715					site	Colette	top	12	681	
14726siteColettetopunconformityunconformity1476615728hole drillingSHE 62bottommineralisation14870014870017740mineralisation1663167231672316723167231672316723167231672316723167231672316723167231672316723167231672316723167231676 <td< td=""><td>13</td><td>720</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>hole drilling</td><td>SHE 51</td><td>bottom</td><td>13</td><td>696</td><td></td></td<>	13	720					hole drilling	SHE 51	bottom	13	696	
15728100hole drillingSHE 62bottommineralisation \sim \sim 14a710 \sim \sim 167341unconformity \sim	14	726		site	Colette	top	unconformity			14	706	
16734unconformityunconformityN? samplingdepthtype1572017740mineralisationunconformity166316723118738NN? samplingdepthtype2670,50177724,501197451625V3672,500177724,5012074102662446720110siteAnnetop4675,50566001siteColettetopsiteAnnetop4675,508630100 contrnity0000unconformity6695186300N? samplingdepthtype00000nineralisation77140896990N? samplingdepthtype00 <t< td=""><td>15</td><td>728</td><td></td><td>hole drilling</td><td>SHE 62</td><td>bottom</td><td>mineralisation</td><td></td><td></td><td>14a</td><td>710</td><td></td></t<>	15	728		hole drilling	SHE 62	bottom	mineralisation			14a	710	
17 740 mineralisation mineralisation 1 663 16 723 17 724,50 17 <td>16</td> <td>734</td> <td></td> <td>unconformity</td> <td></td> <td></td> <td>N? sampling</td> <td>depth</td> <td>type</td> <td>15</td> <td>720</td> <td></td>	16	734		unconformity			N? sampling	depth	type	15	720	
18 738 N2 sampling depth type 2 670,50 1 17 724,50 19 745 1 625 3 672,50 0 1 <td< td=""><td>17</td><td>740</td><td></td><td>mineralisation</td><td></td><td></td><td>1</td><td>663</td><td></td><td>16</td><td>723</td><td></td></td<>	17	740		mineralisation			1	663		16	723	
19 745 1 625 3 $672,50$ 770 700 </td <td>18</td> <td>738</td> <td></td> <td>N? sampling</td> <td>depth</td> <td>type</td> <td>2</td> <td>670,50</td> <td></td> <td>17</td> <td>724,50</td> <td></td>	18	738		N? sampling	depth	type	2	670,50		17	724,50	
20 741 ∞ 2 662 \sim 4 672 \sim \sim \sim \sim site Anne top 3 675 \sim <td>19</td> <td>745</td> <td></td> <td>1</td> <td>625</td> <td></td> <td>3</td> <td>672,50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	19	745		1	625		3	672,50				
internal sizeAnnetop4675,5660660660siteColettetopsole drillingShea 8bottom4675,5676620100unconformity000<	20	741		2	662		4	672				
siteAnnetop4675,5 $<$ $<$ 6 652 $<$ $<$ $hole drilling$ $SHE 92$ bottomhole drillingShea 8bottom 5 $690,5$ $<$ 7 642 $<$ $<$ $unconformity$ $<$ unconformity $<$ 6 695 $<$ 8 630 $<$ $mineralisation$ $<$ $mineralisation$ $<$ $mineralisation$ $<$ $mineralisation$ $<$ 7 714 $<$ 8 630 $<$ $M?$ sampling $depth$ $type$ N? samplingdepthtype 8 723 $<$ $<$ 110 708 $<$ $<$ $<$ 693 $<$ 1 540 $<$ $<$ 8 723 $<$ $<$ 111 718 $<$ $<$ $<$ 693 $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ $<$ <td< td=""><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td>675</td><td></td><td>5</td><td>660</td><td></td><td>site</td><td>Colette</td><td>top</td></td<>				3	675		5	660		site	Colette	top
hole drilling Shea 8 bottom 5 690,5 7 642 6 unconformity mineralisation mineralisation 6 695 8 8 630 0 mineralisation mineralisation <td>site</td> <td>Anne</td> <td>top</td> <td>4</td> <td>675,5</td> <td></td> <td>6</td> <td>652</td> <td></td> <td>hole drilling</td> <td>SHE 92</td> <td>bottom</td>	site	Anne	top	4	675,5		6	652		hole drilling	SHE 92	bottom
unconformityImage: stateImage: state </td <td>hole drilling</td> <td>Shea 8</td> <td>bottom</td> <td>5</td> <td>690,5</td> <td></td> <td>7</td> <td>642</td> <td></td> <td>unconformity</td> <td></td> <td></td>	hole drilling	Shea 8	bottom	5	690,5		7	642		unconformity		
mineralisationImage: symplex	unconformity			6	695		8	630		mineralisation		
N? samplingdepthtype87230100708016900154011071869325421268833701355012688337014552,5 </td <td>mineralisation</td> <td></td> <td></td> <td>7</td> <td>714</td> <td></td> <td>9</td> <td>699</td> <td></td> <td>N? sampling</td> <td>depth</td> <td>type</td>	mineralisation			7	714		9	699		N? sampling	depth	type
1540M693M2542III11718M2693I3550III12688II3701I4552,5IIIIIIIIIII5570IIIIIIIIIIII6590III <td< td=""><td>N? sampling</td><td>depth</td><td>type</td><td>8</td><td>723</td><td></td><td>10</td><td>708</td><td></td><td>1</td><td>690</td><td></td></td<>	N? sampling	depth	type	8	723		10	708		1	690	
2542111268813701135501111111111114552,511 <t< td=""><td>1</td><td>540</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>11</td><td>718</td><td></td><td>2</td><td>693</td><td></td></t<>	1	540					11	718		2	693	
3 550 10 100	2	542					12	688		3	701	
4 552,5 (1) $($	3	550								4	703	
5 570 1 6 709 709 6 590 1 <td>4</td> <td>552,5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>705</td> <td></td>	4	552,5								5	705	
6 590 1 726 7 610 1 <t< td=""><td>5</td><td>570</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>709</td><td></td></t<>	5	570								6	709	
7 610	6	590								7	726	
8 619 619 619 619 619 610	7	610										
New top Image: Constraint of the constrai	8	619										
site Anne top hole drilling Shea 7 bottom Image: Shea 7												
hole drilling Shea 7 bottom unconformity Image: Shea 7 bottom mineralisation Image: Shea 7 Image: Shea 7 N? sampling depth type 1 Image: Shea 7 Image: Shea 7 2 Image: Shea 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 1 Image: Shea 7 Image: Shea 7 2 Image: Shea 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 1 Image: Shea 7 Image: Shea 7 2 Image: Shea 7 Image: Shea 7 3 Image: Shea 7 Image: Shea 7 4 Image: Shea 7 Image: Shea 7 5 Image: Shea 7 Image: Shea 7 6 Image: Shea 7 Image: Shea 7 7 Image: Shea 7 Image: Shea 7 8 Image: Shea 7 Image: Shea 7 9	site	Anne	top									
unconformity Image: Control of the second seco	hole drilling	Shea 7	bottom									
mineralisation Image: Constraint of the second	unconformity											
N? sampling depth type 1	mineralisation											
1	N? sampling	depth	type									
2	1											
	2											

		liste	des lames min	ces des échan	tillons de Shea (Cre	2kk		
ECHANTILLON	Profondeur	N? échantillon	ECHANTILLON	Profondeur	N? échantillon		ECHANTILLON	Profondeur	N? échantillon
Hyd 07-03	583 m	1	Shea 11	653 m	32		Shea 115-16	667 m	64
Hyd 07-03	791 m	2	Shea 11	609 m	33		Shea 115-16	707,7 m	65
Hyd 07-03	596 m	3	Shea 11	620 m	34		Shea 115-16	714 m	66
Hyd 07-03	601 m	4	Shea 11	685 m	36		Shea 114-4	640,7 m	67
Hyd 07-03	607,5 m	5	Shea 11	683 m	37		Shea 114-4	676,2 m	68
Hyd 07-03	612 m	6	Shea 11	683 m	38		Shea 114-4	682,1 m	69
Hyd 07-03	620 m	7	Shea 11	727 m	39		Shea 114-4	709,9 m	70
Hyd 07-03	636 m	8	Shea 14	692 m	40		Shea 114-4	723,10 m	71
Hyd 07-03	631,5 m	9	Shea 14	700 m	41		Shea 114-4	729,9 m	72
Hyd 07-03	648 m	10	Shea 14	706 m	42		Shea 114-8	685,85 m	73
Hyd 07-03	655 m	11	Shea 63B	719,1 m	43		Shea 114-8	722,5 m	74
Hyd 07-03	668,8 m	12	Shea 63B	687,6 m	44		Shea 114-9	664,75 m	75
Hyd 07-03	675 m	13	Shea 63B	655,5 m	45		Shea 114-9	677 m	76
Hyd 07-03	688 m	14	Shea 118	703,5 m	46		Shea 114-9	698,3 m	77
Hyd 07-03	692,2 m	15	Shea 118	681,6 m	47		Shea 114-9	705 m	78
Hyd 07-03	703,2 m	16	Shea 118-1	689,7 m	48		Shea 114-11	590 m	79
Hyd 07-03	701,1 m	17	Shea 118-1	697,5 m	49		Shea 114-11	609 m	80
Hyd 07-03	701 m	18	Shea 118-1	717,4 m	50		Shea 114-11	620 m	81
Hyd 07-05	653 m	19	Shea 118-1	733,6 m	51		Shea 114-11	640 m	82
Hyd 07-05	660 m	20	Shea 118-2	709,8 m	52		Shea 114-11	650 m	83
Hyd 07-05	663,9 m	21	Shea 118-2	724 m	53		Shea 114-11	668 m	84
Hyd 07-05	684 m	22	Shea 118-2	744,9 m	54		Shea 114-11	677 m	85
Hyd 07-05	685 m	23	Shea 118-4	696,6 m	55		Shea 114-11	685 m	86
Hyd 07-05	691 m	24	Shea 118-4	712 m	56		Shea 114-11	695 m	87
Hyd 07-05	699 m	25	Shea 118-4	715,6 m	57		Shea 114-11	696 m	88
Hyd 07-05	704,6 m	26	Shea 115	671,7 m	58		Shea 114-11	701 m	89
Hyd 07-05	708,5 m	27	Shea 115-7	670,8 m	59		Shea 114-11	707 m	90
Hyd 07-05	713,2 m	28	Shea 115-7	704,3 m	60		Hyd 07-01	708 m	91
Shea 11	629 m	29	Shea 115-7	718 m	61		Hyd 07-01	624 m	92
Shea 11	638 m	30	Shea 115-11	710,15 m	62		Hyd 07-01	627,5 m	93
Shea 11	647 m	31	Shea 115-11	719,15 m	63		Shea 22	677 m	94
							Shea 51	670,50 m	95

Liste des Lames minces (1/1)

Annexe 4 – Etude Géologique

Log du sondage DGS7 au sud de Cluff Lake, construit mètre par mètre sur la base de la taille maximum des grains dans les carottes de sondage. Ce log explique l'amélioration du modèle stratigraphique au niveau de la fosse de Beatty d'après les études de Yeo et al. (2001), Collier (2002, 2003 et 2007).



Annexe 4-1 : Figure de l'évolution du découpage stratigraphique dans le sondage DGS7 au nord de Shea Creek, extraite de l'article Yeo (2007), Extech IV page 470.



Coupe lithostratigraphique nord-sud de Shea Creek construite par Collier (2001)

Annexe 4-2 : Distribution des faciès observée par Collier (2002) le long du Couloir du Saskatoon Lake Conducteur (SLC) de DGS7 (nord de Colette) à Shea 22 (Anne sud).

Facies 1 : grès contenant gravier, conglomérats.

Faciès 2 à 5 séquence Shea Creek :

2) grès conglomératiques,

3) faciès de régime d'inondation et probablement associé à des systèmes éoliens,

4 et 5) grès moyens contenant des stratifications, des argilite et intraclastes d'argile.

Faciès 6 à 8 Manitou Falls inférieurs :

6) grès moyens stratifiés avec des niveaux grossiers,

7) intraclaste d'argile, niveaux grossiers. La pente des stratifications est faible,

8) grès propres avec des pentes de stratification faibles.

Etc.....

Au niveau de la zone minéralisé de Collette et Anne, il n'y a pas de conglomérats reposant sur la discordance.

Description lithologique de log faite par les géologues AREVA canada. Log du sondage Shea 114

hole_id	depth_from	depth_to	full_geology_desc
SHEA_114	39	70	39-70m: Locker Lake Fm. Fine to med-grained sandstone with some grit layers and minor pebble beds; poor - moderately sorted; moderately bleached and weakly hematized; limonite found on fracture surfaces throughout; sooty pyrite and clay on fractures less common; occasional clay beds and rare clay intraclasts; one zone of brecciatecd sandstone (RPNF; mature).
SHEA_114	70	198	70- 198m: Wolverine Point 'b' Fm. Fine to med-grained sandstone; well sorted; moderately bleached; minor grit layers/pebble beds; clay beds/drapes common; occasional silt beds; weak to moderately hematized (strong in local areas); abundant clay found on fractures; trace limonite and sooty pyrite on fractures; occasional clay intraclasts. Several rubble; protobreccia and breccia zones throughout; breccias mostly BMOF
SHEA_114	198	374	198-374m: Wolverine Point 'a' Fm. Fine to med-grained sandstone; well sorted to 320m then becomes poor to moderately sorted; local coarse grained pebble (clasts >10mm) beds/grit layers near lower contact; crossbedded in part; rare clay beds; rare clay intraclasts; abundant silt beds <20cm; moderately bleached; weakly hematized; trace argillization in places; moderate silicification grading to strong in localized areas; drusy quartz; clay; sooty pyrite and occasional crystalline py on fractures; occasional protobreccia/breccia zones; core is more competent.
SHEA_114	374	562	374- 562m: Lazenby Lake Fm. Fine grained well sorted sandstone. Moderately bleached with weak primary hematite. Occasional silt beds (<20cm); clay seams and clay intraclasts. Coarsens and becomes more moderately sorted past 460m. Very weakly fractured with majority oriented 0-30dtca; rare zones of brecciation; reverse faulting noted from 382.1-383.4; rare stylolites. Reduced to NQ coring at 396.6m.
SHEA_114	562	641	562-641m: Manitou Falls 'd' Fm. Fine - medium grained sandstone; disseminated pebbles & <1cm thick pebble beds occur occasionally; moderately sorted; clay intraclasts fairly common and often have hematized rims; rare vugs along fractures contain drusy quartz. Predominantly strongly bleached throughout; weakly hematized and moderately silicified (local areas of strong silicification); clay; drusy quartz and sooty pyrite occur along fractures. The formation is weakly fractured with dominant fractures oriented 0-45dtca; minor zones of brecciation; reverse movement noted at 613m and fault gouge at 621.5m
SHEA_114	641	683,9	641- 683.9.m: Manitou Falls 'c' Fm. Fine grained well sorted homogeneous sandstone. Granule-sized clasts are scattered throughout and are frequently concentrated in beds. Silt beds are rare; as are clay beds and intraclasts. Brecciated zones increase in size and number as you near the unconformity with dominant fracture angles of 30-45dtca. Core becomes moderately chloritized from 660m onwards to strongly chloritized near the unconformity. Moderately silicified to 678m and becomes increasingly de-silicified as near mineralization.
SHEA_114	683,9	686	683.9-686m: Manitou Falls 'c' Fm. Mineralized zone. Strongly silicified and strongly chloritized. From 683.9 to 685m strongly chloritized; followed by approximately 30 cm of hydrothermal hematite; followed by strong Fe-chlorite to 686m. Mineralization occurs on fracture faces and is disseminated throughout the sandstone itself. Higher-grade mineralization occurs in areas where increase in fractures; matrix and hydrothermal hematite. Radiometric counts within this zone reach a maximum of 4800 AVP.
SHEA_114	686	713,89	686-713.89m: Manitou Falls 'c' Fm. Immediately below mineralized zone core is beige to light gray brown in color; desilicified and comprised of sand with minor clay to 690m. The core then returns to a well sorted; moderately silicified; fine to medium grained sandstone with grain size and amount of grit/pebble beds increasing as near the unconformity. From 713.3-713.9m; chlorite rich breccia R/CPNC with large fragments of corroded & rounded sst and metapelite at base of the breccia. The matrix is clast supported and contains mineralization. Drusy quartz; crystalline pyrite & trace graphite.
SHEA_114	713,89	713,9	713.89-713.9m: Unconformity. Marked by narrow band of massive Fe chlorite; oriented 45dtca; separating the brecciated MFC from the underlying Middle meta-pelite.
SHEA_114	713,9	715,1	713.9-715.1m: BxMin MPL CH. Mineralized Middle Pelite. Blackish green breccia/cataclasite with mineralization occuring along fracture planes and within the matrix. The zone is moderately silicified and contains hydrothermal hematite; graphite and possible siderite throughout the matrix. High radiometric counts occur between 714.5 and 715m and are directly associated with secondary hematite staining.
SHEA_114	715,1	720,6	715.1-720.6m: BxFT MPL FT CH. Grey green pelitic fault gouge. Strongly tectonized with abundant clay/arg; rubble.
SHEA_114	720,6	722,6	noted within foliation near sheared contacts and sweats.
SHEA_114	722,6	734,2	722.6-734.2m: MPL GR +/- FT. Moderately to strongly graphitic pelite variably tectonized/brecciated with well-developed foliation in none brecciated zones. Minor pegmatoid/sweats occur and are conformable with foliation.
SHEA_114	734,2	750	734.2-750m: MGA SR GR CH GA. Middle Garnetite. Structure (brecciated/gouge zone 734.2-737m) marks the contact with the overlying Middle Pelite unit. Garnet and quartz rich; well foliated/banded gneiss with chlorotized garnets up to <1cm diameter. Moderately to strongly chloritized; weakly to moderately graphitic with trace pyrite.
SHEA_114	750	752,8	750-752.8m: MGA SR FT TA/MWA GR. Strongly graphitic tectonized zone marked by shearing and brittle deformation. Well foliated at 45dtca with massive pyrite occuring occasionally within foliation. Graphite found along shears and disseminated throughout.
SHEA_114	752,8	773	752.8-773m: LFS FT MWA GA. Lower Felsic unit. Moderately argillized & chloritized gneiss with abundant chloritized garnets throughout. Mnor pegmatites/sweats. Weakly developed foliation oriented 30dtca marked by graphitic hairline shears occurs at ~759m. Yellow argillaceous material abundant along fractures in protobreccia between 765-769.9m. Clay gouge/massive clay from 769.9-770.9m with the bottom contact oriented at 50dtca.
SHEA_114	773	794,2	773-775.3m: LMB CH FR. Lower Metabasite. Dark green to black in color; fine grained; rock is fresh. Contains trace pyrite crystals finely disseminated throughout. Upper and lower contacts of LMB at 50dtca
SHEA_114	794,2	795	775.3-795m: LFS FR +/- MWA GA. Lower Felsic unit predominantly fresh with minor argillization; weakly chlorotized and weakly tectonized. At 78 m see fresh red secondary garnets
SHEA_114-11	500	512	500-512m: Lazenby Fm. fine to med. grained sst; mod silification; mod. Hematization; poorly sorted with rounded to sub-rounded clasts.
SHEA_114-11 SHEA_114-11	512 519	519 524	512-519m: v.f. to med. gr. Sandstone with mod. Silicification; wk hematization; and mod. bleaching (LzL Fm) 519-524m: LzL f. to m. gr. sandstone: weak to mod hemitization: mod-strong bleaching
SHEA_114-11	524,5	524,6	524.5-524.6m: pebbly quarts bed
SHEA_114-11	524,6	531,5	524.6-531.5m: Lazenby Fm. tine to med. grained sandstone with greyish purple colour; poorly to mod. Sorted; local pebbly dtz beds; minor clay; mod to wk. Bleaching; weak to trace diagenetic hematite; mod silicification
SHEA_114-11	531,5 532,2	532,2 535	531.5-532.2m: 7 cm of mudstone bed; light green in colour and 80% to C.A. 532 2-535m: Lazenby Em with intercalled siltstone beds
SHEA_114-11	535,5	536	535.5-536m: 0.5 m of pebbly quartz intercalated with siltstone; mod. Sorted
SHEA_114-11	536	551,6	b36-551.6m: Lazenby Fm. tine to med grained sandstone; locally 539.2-539.3 light green coloured siltstone bed. 544.5-544.6 slightly brecciated (RMOC) sandstone with clay (kaolinite) filled mircofractures.
SHEA_114-11	551,6	551,7	551.6-551.8m: silstone bed 10 cm thick; light green in colour with slight brecciation of 551.6-569.1m: Manitou Falls (d) Em fine grained sandstone w rare intercalated siltstone beds unto 10 cm thick: moderately bleached with a
SHEA_114-11	551,7	569,1	trace of diagenetic hematization; moderate to weakly silicification; poor to moderate sorting; local pebbly quartz beds
SHEA_114-11 SHEA_114-11	569,1 575	575 578	575-578m: MFd Fm slightly more silicified
SHEA_114-11	578 583 2	583,2	578-583.2m: MFd Fm; significant core loss; broken core; de-silicified zone 583-2-584m: MFd Fm 80% core recovery: moderate silicification: moderately bleached and trace hematization
SHEA_114-11	584	592	584-592m: MFd Fm poor core recovery, moderal simulation, moderately bleached and have remain and the second s
SHEA_114-11	592	593,5	שב-שיט.סווו. ועודים דיוזי הסודוספרוסטג very זוהפ grained sandstone light purpleish colour with trace of hematization; moderate to strong silicification
SHEA_114-11	593,5 594	594 597	593.5-594m: broken core 594-597m: MEd Em: moderately bleaced: trace to moderate hematization
SHEA_114-11	597	598	597-598m: MFd Fm; lost core; pebbly quartz (upto 5 mm in size) bedds; moderately to poorly sorted
SHEA_114-11 SHEA_114-11	598 645	645 662	645-662m: MFc Fm significant core loss; tr. Pyrite mineralization: clay clast @ 642.5m
SHEA_114-11	662	668	662-665m: 40% core recovery; medium grained sst with minor blue quartz (MFc Fm). Several mm-scale dark banding (possiblly illmenite)
SHEA_114-11	668	670,9	eyes. Dark banding mm scale MFc Fm
SHEA_114-11 SHEA 114-11	670,9 674	674 681	670.9-681m: MFc Fm see above description 674-681m: fine grained sandstone with raely smoky guartz up to 1 cm in size
SHEA_114-11	681	683	681-683m: black to dark grey minerlaized sandstone with massive pitchblende
SHEA_114-11	683	686	b83-b8bm: silicified sandstone; moderately bleached; 40 % core recovery; have a 10 cm section of trace silicification; however generally de- silicified; light grey in colour; strong chloritization
SHEA_114-11	686	692,2	683-692.2m: minerlaized core; black massive pitchblende; 2.4 m of lost core
SHEA_114-11 SHEA_114-11	695,5	697,7	SMa
SHEA_114-11	697,7	713	697.7-707m: significant lost core; broken core of dark grey; severe chlorite alterated sandstone. @707 contact between fine grained sandstone and very coarse grained sandstone; unit is conglomerate after 710m to the unconformity at 714.2 m.
SHEA_114-11	713	714,2	713-714.2m: black to dark grey conglomerate with clasts up to `.4 cm in size; angular to sub-rounded clasts; highly fractures and slightly brecciated.Unconformity marked by dark grey conglomerate to dark red (maroon) colouredmeta-pelite.

Log stratigraphique



Annexe 4-4 : Log reconstruit à partir des descriptions lithologiques pour le sondage Hyd 07-03. Fait par O. Parize (2012).

Description lithologique du sondage Hydrogéologique (Hyd 07-03)

ho	le_id	depth_from	depth_to	full_geology_desc
HYD_	_07-003	0	47	0-47.0m: Overburden
HYD_	_07-003	47	69,1	47.0-69.1m: LoLk Fm: medium to coarse grained; poorly sorted; silicified; pebbly sandstone interbedded with minor siltstone beds (< 2cm). Clay intraclasts common (<8cm). Weakly bleached with trace diagenetic hematite.
HYD_	07-003	69,1	191	69.1-191.0m: WPb Fm: medium to coarse grained; moderately to well sorted; gritty sandstone. Clay intraclasts common (<4cm); some are flattened. Interstitial clay is about 5%. Minor siltstone beds (<23cm). Local druzy quartz at 76.2 & 87.3m. Trace to weak bleaching and hematization (diagenetic).
HYD_	07-003	191	222	191.0-222.0: WPb Fm: medium to coarse grained; moderately sorted; regionally altered; gritty sandstone interbedded with siltstone (<31cm). Numerous clay intraclasts; more than overlying unit. Some clay intraclasts appear to be flattened. Minor pebble beds. None to weak bleaching. Generally strong to locally trace hematization (diagenetic). Dark hematite patches and Leisegang bands more common towards the bottom of unit.
HYD_	07-003	222	313,2	222.0-313.2: WPa Fm: medium to coarse grained; moderately to well sorted; weakly silicified; regionally altered sandstone interbedded with siltstone (<45cm). Clay intraclasts sparsely distributed and occur near siltstone beds. Interstitial clay is about 5-10%. Trace to weak bleaching and weak to strong diagenetic hematization. hematite and leisegang bands common.
HYD_	07-003	313,2	363,8	313.2-363.8m: WPa Fm: medium to very coarse grained; poorly to moderately sorted; pebbly sandstone. Siltstone beds common (<13cm). Clay intraclasts rare and sparsely distributed. Interstitial clay about 5-10%. Minor pebble layers; but isolated pebbles common. None to weak bleaching and generally strong hematization (diagenetic).
HYD_	07-003	363,8	454	363.8-454.0m: LzLk Fm: fine to medium grained; well sorted; weakly to moderately silicified; sandstone interbedded with siltstone (<6cm). Numerous clay intraclasts (<8cm). Interstitial clayabout 5%; less than overlying unit. Trace to weak bleaching and trace to locally strong hematization (diagenetic). Local dark hematite patches. Weakly developed hematite bands common.
HYD_	07-003	454	541,1	454.0-541.1m: LzLk Fm: medium to coarse grained; moderately to poorly sorted; pebble sandstone interbedded with siltstone (<6cm) and clay (<2cm) beds. Clay intraclasts rare; some are partially hematized. Interstitial clay relatively high compared to overlying units; about 10%. Weak to moderate bleaching and trace to locally strong hematization. Local 6m breccia zone from 511.5 to 517.5m.
HYD_	07-003	541,1	623	541.1.0-623.0m: MFd Fm: fine to coarse grained; well sorted; weakly silicified sandstone. Minor clay intraclasts and pebble beds. Local breccia from 589.5 to 592.6m. Trace to weak bleaching and hematization with moderately developed leisegang bands.
HYD_	07-003	623	693,5	623.0-693.5m: MFc Fm: fine to medium grained; well to moderately sorted; sandstone. Siltstone beds rare. Minor clay intraclasts. Brecciated zones common (<5m). Trace to moderate bleaching. Trace to moderate hematization (diagenetic). Generally weakly silicified with local de-silicified zones from 659.5-660.1 and 660.6- 660.9.
HYD_	07-003	693,5	702,1	693.5-702.1m: MFc Fm: medium to very coarse grained; poorly sorted; weakly silicified; conglomerate. Rare siltstone beds. Pebbles up to 6cm. Moderate bleaching; trace hematization (dia.); and trace chloritization. De-silicified; above unconformity; from 701.1-702.1m. Maximum RA of 65 cps at 701.5.
HYD_	07-003	702,1	702,11	702.10-702.11m: Unconformity; sharp contact.

Log stratigraphique



Annexe 4-5 : Log reconstruit à partir des descriptions lithologiques pour le sondage Hyd 07-03. Fait par O. Parize (2012).

Description lithologique du sondage Shea 11

hole_id	depth_from	depth_to	full_geology_desc
SHEA_11	0	45	0-45 m: Overburden
SHEA_11	45	65,7	45-65.7 m: LOLK Fm. Sst <1% qtz pebbles ^6mm; very minor siltst (10-40 cm).
SHEA_11	65,7	184	65.7-184 m: WPB m. Sst fine-med gr; well sorted; minor siltst (2-80 cm) <1% clay intraclasts. 157-184 m: Sst ;1% qtz pebbles ^ 8 mm; very minor siltst (3-20 cm). Very minor pebbly sst 1-3% qtz pebbles ^ 4 mm <1% clay intraclasts.
SHEA_11	184	367,3	184-367.3 m: WPA Fm. Sst fine-med gr; well sorted; minor siltst (3-20 cm). Very minor pebbly sst 1-3% qtz pebbles ^4mm <1% clay intraclasts. 325-367.3 m: Sst <1% qtz pebbles ^ 14 mm.
SHEA_11	367,3	552	367.3-552 m: LZL Fm. Sst fine-med gr; well sorted; very minor siltst (2-4 cm). <1% clay intraclasts. 458-552 m: Sst <1% qtz pebbles ^ 8 mm; very minor pebbly sst with 1-5% qtz pebbles (15-80 cm); very minor siltst (1-10 cm) <1% clay intraclasts.
SHEA_11	552	635	552-635 m: MFD Fm. Sst fine-med gr; well sorted <1% clay intraclasts. 601-638 m: Sst <1% qtz pebbles ^4mm. Minor pebbly sst with 1-5% qtz pebbles ^4mm (20-130 cm) <1% clay intraclasts.
SHEA_11	635	729,1	635-729.1m: MFC Fm. Sst fine-med gr; well sorted; minor sst <1% qtz pebbles ^ 8 mm. Minor siltst (10-20 cm). 724- 724.7 m: Pebbly sst 1-4% qtz pebbles ^ 6 mm. 725.6-729.1 m: Pebbly sst 1-5% qtz pebbles ^10 mm.
SHEA_11	729,1	729,7	729.1-729.7 RMN CI Sst white soft clay rich.
SHEA_11	729,7	729,71	729.7-729.71 m: Unconformity.

Log stratigraphique



Annexe 4-6 : Log reconstruit à partir des descriptions lithologiques pour le sondage Shea 11. Fait par O. Parize (2012).



Coupes stratigraphiques de la distribution des conglomérats

Annexe 4-7 : Coupes montrant la distribution des conglomérats à partir de logs reconstitués à partir des descriptions lithologiques. Fait par O. Parize (2012).

Les 2 traits pointillés verts correspondent au top et bottom des niveaux argilites qui indiquent une épaisseur constante et un vrai niveau stratigraphique.



Coupes stratigraphiques de la distribution des différents types de grès



Pérographie d'un intraclaste d'argile



Annexe 4-9 : Composition minéralogique dans un échantillon d'intraclaste d'argile. Il y a une zonation minérale avec des argiles composées de Kaolinite une auréole de grès compacté et une auréole d'hématite de sililce. Dans ce dernier les grains détritiques sont peu déformés.



Annexe 4-10 : Coupe lithotectonique complétée par les différentes lithologies rencontrées dans le socle du gisement de Kianna. (Feybesse, 2010).



Annexe 4-11 : Photo du sondage Hyd 07-01 de 625 m à 663 m montrant la fracturation des grès autour de 646 m. Les grès sont relativement pauvres en argile.

Annexe 5 – Compositions Chimiques

- Composition des oxydes dans les échantillons des sondages Shea 114 et Shea 114-11 analysés en ICPMS au SARM de Nancy.

	Echantillo	on				C	ompo	sition	chimi	que en	% d'	oxyde	5		
Formation	Sondage	Profondeur	Lithologie	SiO2	AI2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K20	TiO2	P2O5	PF	Total
Leeker Leke	SHE 114	44 m	Grès	97,79	0,50	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,27	99
LOCKER LAKE	SHE 114	72 m	Grès	99,20	0,42	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00	0,24	100
	SHE 114	106 m	Grès	98,23	0,45	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00	0,10	0,02	0,00	0,23	99
	SHE 114	139 m	Grès	99,11	0,80	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,17	0,03	0,00	0,24	100
	SHE 114	170 m	Grès	99,03	0,55	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,09	0,03	0,00	0,29	100
	SHE 114	204 m	Grès	98,32	0,96	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,22	0,06	0,00	0,42	100
Wolverine Point	SHE 114	232 m	Grès	98,45	0,72	0,11	0,00	0,02	0,00	0,00	0,17	0,07	0,00	0,40	100
	SHE 114	262 m	Grès	96,53	1,39	0,10	0,00	0,04	0,00	0,00	0,27	0,13	0,00	0,72	99
	SHE 114	298 m	Grès	98,05	0,40	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,08	0,07	0,00	0,21	99
	SHE 114	330 m	Grès	97,93	0,81	0,07	0,00	0,03	0,02	0,00	0,17	0,06	0,00	0,34	99
	SHE 114	362 m	Grès	97,58	1,09	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,27	0,06	0,00	0,35	99
	SHE 114	394 m	Grès	98,74	0,33	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,19	99
	SHE 114	426 m	Grès	97,40	1,03	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,28	0,02	0,00	0,33	99
Lazenby Lake	SHE 114	460 m	Grès	96,14	2,05	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,56	0,10	0,00	0,53	100
	SHE 114	496 m	Grès	97,58	1,68	0,14	0,00	0,04	0,00	0,00	0,47	0,03	0,00	0,40	100
	SHE 114	529 m	Grès	97,92	0,55	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,14	0,03	0,00	0,29	99
	SHE 114	560 m	Grès	98,44	0,94	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,26	0,02	0,00	0,26	100
Manitou Falls D	SHE 114	581 m	Grès	98,99	0,60	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,15	0,06	0,00	0,25	100
	SHE 114	599 m	Grès	99,00	0,60	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,04	0,00	0,30	100
	SHE 114	630 m	Grès	95,02	1,87	2,08	0,00	0,06	0,03	0,00	0,27	0,15	0,00	0,89	100
	SHE 114-11	668 m	Grès	96,12	1,80	0,15	< L.D.	0,10	< L.D.	< L.D.	0,44	0,46	0,03	0,67	100
	SHE 114-11	677,8 m	Grès	90,83	6,16	0,13	< L.D.	0,05	< L.D.	< L.D.	0,10	0,07	0,02	2,43	100
Manitou Falls C	SHE 114-11	701,45 m	Grès	74,92	16,52	0,75	0,00	0,44	0,04	< L.D.	0,29	0,85	0,21	6,31	100
	SHE 114-11	707,1 m	Grès	83,55	9,30	2,14	0,00	0,28	0,03	< L.D.	0,15	0,55	0,16	3,79	100
	SHE 114-11	722,50	Socle	35,67	30,18	2,99	0,01	15,73	0,11	0,00	1,59	0,60	0,03	13,17	100
Pelitic Gneiss	SHE 114-11	735,10	Socle	39,64	30,98	2,82	0,00	11,09	0,09	0,00	4,03	0,96	0,03	10,75	100
	SHE 114-11	744,90	Socle	39,73	31,13	3,54	0,01	9,23	0,07	0,10	5,33	0,78	0,00	10,72	101
Compatible	SHE 114-11	757,60	Socle	36,27	29,13	5,01	0,01	13,99	0,12	0,00	2,80	1,56	0,03	11,95	101
Garnetite	SHE 114-11	761,30	Socle	26,57	24,42	6,11	0,05	13,26	0,33	0,15	2,24	0,79	3,79	18,68	96
Crearbitic Cont	SHE 114-11	773,40	Socle	37,19	29,17	3,04	0,01	12,27	0,09	0,07	4,17	1,20	0,03	13,22	100
Graphitic Gneiss	SHE 114-11	779,60	Socle	44,58	29,94	2,03	0,02	4,37	0,10	0,48	7,72	1,11	0,06	9,28	100
Pegmatite	SHE 114-11	791,00	Socle	77,37	12,76	0,56	0,00	2,00	0,12	0,00	2,94	0,16	0,21	3,42	100
	SHE 114-11	801,45	Socle	67,03	20,01	0,55	0,00	2,39	0,19	0,00	5,25	0,03	0,12	4,77	100
	SHE 114-11	812,75	Socle	77,60	7,87	2,61	0,02	5,50	0,69	0,00	0,73	0,67	0,44	4,04	100
	SHE 114-11	818,15	Socle	41,06	29,55	2,46	0,01	8,75	0,20	0,10	5,25	1,27	0,06	10,60	99
	SHE 114-11	833,40	Socle	43,79	26,29	4,41	0,02	8,51	0,22	0,12	5,10	0,38	0,06	10,37	99
	SHE 114-11	844,50	Socle	46,55	25,96	3,11	0,02	5,74	0,31	0,17	6,27	0,06	0,25	10,71	99
Felsic Gneiss	SHE 114-11	855,50	Socle	45,10	30,02	1,10	0,01	4,27	0,27	0,13	7,16	1,31	0,47	8,75	99
	SHE 114-11	866,50	Socle	49,72	26,02	1,22	0,01	8,99	0,20	0,08	2,58	0,45	0,15	10,13	100
	SHE 114-11	879,10	Socle	34,63	25,72	5,72	0,04	17,61	0,72	0,09	1,98	1,13	0,39	12,26	100
	SHE 114-11	894,35	Socle	48,28	27,22	1,15	0,00	7,49	0,28	0,12	4,19	0,55	0,11	10,49	100
	SHE 114-11	906,60	Socle	46,33	28,53	0,43	0,00	4,09	0,55	0,32	6,65	0,71	0,46	10,56	99
	SHE 114-11	929.10	Socle	76.48	13.62	0.30	0.00	1.90	0.12	0.00	3.03	0.17	0.00	4.31	100

Annexe 5-1 : Composition chimique en éléments majeurs des échantillons des sondages Shea 114 et Shea 114-11.

Echantil	lons					Valeu	r en %	6 d'oxy	/de				
sondage	Profondeur	SiO2	AI2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K20	TiO2	P2O5	PF	Total
Shea 114-4	634,5	98,43	0,70	0,04	< L.D.	0,03	< L.D.	< L.D.	0,15	0,07	< L.D.	0,25	99,68
Shea 115-2	652,5	96,60	1,76	0,04	< L.D.	0,04	< L.D.	< L.D.	0,02	0,04	< L.D.	0,81	99,31
Shea 115-2	657,6	93,28	3,63	0,06	< L.D.	0,03	< L.D.	< L.D.	0,03	0,06	0,08	1,57	98,75
HYD 07-05 Grès	660,8	87,32	8,14	0,31	0,00	0,41	< L.D.	< L.D.	1,92	0,03	< L.D.	1,68	99,80
Shea 115-2	663,1	94,85	2,45	0,12	< L.D.	0,02	0,04	< L.D.	0,03	0,20	0,12	1,20	99,03
Shea 115-7	667,8	93,66	2,26	1,08	0,00	0,10	0,04	< L.D.	0,22	0,13	< L.D.	1,06	98,53
Shea 115-0	673	93,39	4,17	0,07	0,00	0,20	< L.D.	< L.D.	0,48	0,27	< L.D.	1,24	99,83
Shea 114-4	682,1	93,38	3,88	0,10	0,00	0,15	< L.D.	< L.D.	0,99	0,07	0,05	0,89	99,50
Shea 115-7	682,3	66,17	4,47	19,05	0,06	0,31	0,05	< L.D.	0,50	0,38	0,07	8,39	99,43
Shea 118-4	696,5	95,57	2,05	0,11	< L.D.	0,10	< L.D.	< L.D.	0,02	0,08	< L.D.	0,84	98,77
Shea 114-9	698,3	96,48	0,88	0,82	0,00	0,02	< L.D.	< L.D.	0,01	0,07	< L.D.	0,91	99,20
Shea 114-9	705	96,68	0,95	1,20	0,02	0,12	0,04	< L.D.	0,01	0,03	< L.D.	0,72	99,77
Shea 118-1	709,5	62,98	2,22	22,59	0,20	0,30	0,06	< L.D.	0,02	0,07	< L.D.	11,10	99,54
Shea 114-8	712,8	90,42	4,72	0,77	0,00	1,03	0,04	0,03	0,10	0,47	0,12	1,98	99,67
Shea 63B	719,1	93,76	2,34	1,94	0,00	0,27	< L.D.	< L.D.	0,06	0,35	0,05	1,17	99,93
Shea 115-16	720,4	39,88	32,03	5,21	0,01	0,55	0,28	0,13	0,80	2,76	1,21	14,98	97,84
Shea 115-2	730,9	77,11	12,50	1,65	0,00	0,92	0,11	0,12	0,47	0,78	0,34	4,59	98,59

- Composition des oxydes dans les échantillons de grès de la formation du Manitou Falls C du gisements de Kianna analysés en ICPMS au SARM de Nancy.

Annexe 5-2 : Composition chimique en éléments majeurs des échantillons de la formation Manitou Falls du gisement de Kianna.

- Composition des oxydes dans les échantillons d'argilites de l'ensemble du distric de Shea Creek, analysés en ICPMS au SARM de Nancy.

Echar	itillon						Valeurs	en % d'o	xyde					
Sondage	Profondeur	Туре	SiO2	AI2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	PF	Total
Hyd 07-001	550 m	argilite	81,25	10,57	0,69	0,00	1,17	0,05	0,02	2,50	0,18	0,08	2,60	99,09
Hyd 07-001	554 m	argilite	77,82	13,24	0,50	0,00	0,55	0,06	0,03	3,66	0,40	0,05	2,83	99,13
Hyd 07-001	627,50 m	intraclaste	47,82	31,53	0,43	0,00	3,51	0,16	0,29	0,35	0,44	0,63	8,93	94,07
Hyd 07-001	663 m	argilite	48,42	30,25	0,80	0,00	5,79	0,12	0,60	1,09	0,46	0,09	4,18	91,80
Hyd 07-001	663 m	intraclaste	57,15	23,50	0,42	0,00	3,99	0,14	0,37	1,52	1,70	0,34	4,14	93,25
Hyd 07-001	672 m	intraclaste	47,16	30,58	0,31	0,00	5,95	0,14	0,52	0,50	0,98	0,20	4,50	90,83
Hyd 07-001	678,50 m	argilite	84,22	9,21	0,02	0,00	1,62	0,04	0,17	0,53	0,14	0,03	1,85	98,06
Hyd 07-001	713,80 m	intraclaste	34,54	36,19	0,41	0,00	7,67	0,20	0,71	0,02	3,04	0,30	5,29	88,38
Hyd 07-05	660,8 m	argilite	49,00	34,57	0,64	0,00	0,20	0,06	0,03	1,31	1,51	0,24	11,97	99,52
She 13	678 m	argilite	46,20	34,69	0,68	0,00	0,57	0,09	0,06	3,92	1,57	0,57	10,32	98,68
Shea 101	620, 40 m	intraclaste	80,10	9,41	0,73	0,00	0,27	0,11	0,12	2,63	1,44	0,37	2,69	97,86
SHEA 11	683,30 m	argilite	80,13	12,55	0,65	0,00	0,28	0,30	0,02	1,74	0,18	0,05	3,38	99,02
Shea 111-7	668,50 m	argilite	69,75	20,02	0,43	0,00	0,23	0,04	0,04	2,26	0,61	0,09	6,07	99,51
Shea 111-7	674 m	intraclaste	81,51	11,13	0,46	0,00	0,24	0,07	0,04	3,17	0,45	0,12	3,01	100,21
Shea 114-11	507 m	argilite	75,20	16,70	0,26	0,00	0,16	0,04	0,02	1,21	0,40	0,15	5,38	99,52
Shea 114-11	553 m	argilite	48,01	31,96	1,34	0,00	2,34	0,12	0,08	3,94	1,45	0,25	9,69	99,19
Shea 117	630 m	intraclaste	55,05	23,04	1,36	0,00	5,18	0,13	0,54	0,28	2,55	0,39	4,60	93,13
Shea 118	681 m	argilite	66,10	18,38	1,22	0,00	3,44	0,12	0,03	1,86	1,01	0,45	6,34	98,93
Shea 123	651,50 m	intraclaste	80,99	11,43	0,50	0,00	0,18	0,06	0,04	3,23	0,43	0,12	2,71	99,68
Shea 18	661 m	intraclaste	64,52	19,91	0,92	0,00	0,39	0,12	0,08	5,64	2,07	0,56	4,17	98,37
SHEA 22	693 m	argilite	54,07	30,49	1,30	0,00	0,22	0,60	0,02	0,83	1,04	0,15	11,26	99,44
SHEA 22	689 m	argilite	78,59	13,35	0,56	0,00	0,29	0,40	0,02	1,59	0,24	0,11	4,03	98,82
Shea 36	665,50 m	intraclaste	66,38	20,09	0,83	0,00	0,44	0,11	0,06	5,77	1,75	0,24	3,68	99,36
Shea 50-4	704,80 m	argilite	57,59	23,71	1,52	0,00	5,57	0,09	0,05	3,07	0,48	0,06	7,34	99,46
SHEA 51	670,50 m	argilite	56,30	25,59	1,43	0,00	3,34	0,10	0,05	3,85	0,95	0,14	7,55	99,33
SHEA 51	672,50 m	argilite	67,17	21,17	0,42	0,00	1,35	0,04	0,02	1,25	0,21	0,06	7,34	99,33
Shea 52	218,60 m	intraclaste	52,15	24,61	1,92	0,01	2,24	0,06	0,28	5,16	3,34	0,15	5,86	95,76
Shea 52	360, 20 m	intraclaste	73,97	13,94	1,44	0,00	2,52	0,06	0,03	2,14	0,55	0,06	4,36	99,07
Shea 52	390,60 m	argilite	44,85	30,46	1,69	0,00	4,36	0,14	0,10	6,28	2,70	0,30	7,64	98,51
Shea 52	494,30 m	argilite	49,93	28,76	1,43	0,00	2,96	0,12	0,07	5,27	1,82	0,29	7,72	98,37
Shea 62	662 m	intraclaste	60,04	24,81	0,97	0,00	0,50	0,12	0,08	7,02	0,80	0,22	4,77	99,31
Shea 62	675 m	argilite	60,47	20,67	1,57	0,00	6,64	0,09	0,03	1,39	0,63	0,10	7,59	99,18
Shea 62	675,5 m	intraclaste	58,77	23,46	0,96	0,00	1,26	0,13	0,07	7,06	2,13	0,33	4,69	98,87
Shea 77	205,50 m	intraclaste	78,14	12,49	0,57	0,00	0,31	0,06	0,08	3,48	0,93	0,08	2,80	98,94
Shea 77	428,50 m	intraclaste	72,06	17,91	0,52	0,00	0,19	0,06	0,03	2,54	0,73	0,09	5,31	99,43

Annexe 5-3 : Composition chimique en éléments majeurs des échantillons d'argilite, de grès très fins et

d'intraclaste d'argile.

- Composition chimique des éléments en trace dans les échantillons de grès du gisement de Kianna, analysés en ICPMS au SARM de Nancy (1/2)

Echan	tillon							C	ompo	sitio	n Chir	nique	e en p	pm							
sondage	Profondeur	As	Ba	Ве	Bi	Cd	Ce	Со	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Ge	Hf	Но	In	La
Shea 114	44 m	0,00	17,84	0,00	0,00	0,00	18,04	0,00	9,04	0,00	0,00	0,68	0,29	0,24	0,64	1,00	0,67	0,75	0,11	0,00	8,00
Shea 114	72 m	0,00	16,02	0,00	0,00	0,00	20,38	0,00	9,15	0,00	5,34	0,82	0,34	0,26	0,77	1,34	0,72	1,38	0,13	0,00	9,48
Shea 114	106 m	0,00	6,89	0,00	0,00	0,00	9,06	0,00	17,77	0,00	0,00	0,31	0,17	0,09	0,71	0,44	0,63	0,91	0,06	0,00	4,49
Shea 114	139 m	0,00	9,83	0,00	0,00	0,00	17,79	0,00	9,31	0,00	5,43	0,50	0,26	0,17	1,20	0,80	0,67	1,06	0,09	0,00	8,77
Shea 114	170 m	0,00	15,25	0,00	0,00	0,00	18,80	0,00	10,75	0,00	0,00	1,19	0,51	0,27	0,83	1,39	0,73	1,46	0,21	0,00	8,40
Shea 114	204 m	0,00	14,10	0,00	0,00	0,00	24,69	0,00	15,83	0,00	0,00	0,98	0,51	0,28	1,51	1,38	0,75	3,65	0,18	0,00	11,55
Shea 114	232 m	1,45	18,03	0,00	0,00	0,00	33,29	0,00	11,96	0,00	0,00	1,10	0,54	0,37	1,15	1,82	0,80	4,62	0,19	0,00	14,55
Shea 114	262 m	1,39	18,10	0,00	0,00	0,53	32,81	0,54	16,33	0,00	5,20	2,12	1,31	0,42	1,78	2,25	0,86	19,40	0,42	0,00	15,17
Shea 114	298 m	0,00	13,68	0,00	0,00	0,00	29,41	0,00	15,55	0,00	0,00	0,99	0,50	0,32	0,79	1,58	0,77	4,34	0,18	0,00	13,08
Shea 114	330 m	0,00	19,58	0,00	0,00	0,00	40,27	0,00	26,81	0,00	6,27	1,26	0,56	0,48	1,54	2,29	0,80	2,55	0,21	0,00	16,92
Shea 114	362 m	0,00	13,43	0,00	0,00	0,00	27,23	0,00	21,48	0,00	0,00	0,93	0,47	0,32	1,76	1,48	0,78	2,96	0,17	0,00	12,06
Shea 114	394 m	0,00	6,18	0,00	0,00	0,00	14,05	0,00	19,66	0,00	0,00	0,27	0,13	0,13	0,50	0,59	0,61	1,40	0,05	0,00	6,29
Shea 114	426 m	0,00	7,17	0,00	0,00	0,00	10,42	0,00	14,09	0,00	0,00	0,43	0,20	0,10	1,28	0,64	0,68	1,00	0,07	0,00	4,73
Shea 114	460 m	0,00	7,29	0,00	0,00	0,00	29,55	0,00	23,91	0,00	0,00	0,67	0,34	0,33	2,01	1,57	0,71	4,20	0,11	0,00	13,20
Shea 114	496 m	0,00	6,56	0,00	0,00	0,00	17,25	0,00	13,21	0,00	0,00	0,27	0,14	0,16	1,53	0,70	0,64	1,61	0,05	0,00	7,54
Shea 114	529 m	0,00	6,67	0,00	0,00	0,00	16,38	0,00	13,15	0,00	0,00	0,37	0,18	0,17	0,76	0,79	0,69	1,81	0,06	0,00	7,40
Shea 114	560 m	0,00	3,03	0,00	0,00	0,00	10,98	0,00	19,98	0,00	0,00	0,39	0,21	0,12	1,58	0,44	0,72	1,58	0,07	0,00	4,93
Shea 114	581 m	0,00	2,82	0,00	0,00	0,00	18,74	0,00	23,51	0,00	0,00	0,61	0,33	0,16	1,05	0,70	0,65	3,25	0,11	0,00	8,29
Shea 114	599 m	0,00	1,76	0,00	0,00	0,00	10,25	0,00	16,83	0,00	0,00	0,60	0,32	0,10	0,97	0,49	0,65	1,90	0,11	0,00	4,71
Shea 114	630 m	1,68	17,95	0,00	0,16	0,27	40,17	0,42	22,33	0,00	25,29	1,64	0,79	0,50	3,74	1,81	1,52	10,74	0,29	0,00	18,75
Shea 114-11	668 m	0,00	8,62	0,66	0,90	1,67	47,49	0,66	12,76	0,00	4,01	16,40	7,80	1,42	3,91	9,00	0,82	53,84	3,11	0,00	21,77
Shea 114-11	677,8 m	0,00	8,22	1,19	1,12	0,19	38,59	1,19	40,93	0,00	25,44	2,33	0,92	0,61	6,77	2,12	0,71	5,28	0,39	0,07	19,92
Shea 114-11	701,45 m	14,82	21,35	1,60	40,19	0,91	400,10	1,60	31,92	0,18	28,39	46,55	22,46	8,24	20,87	31,63	1,27	35,06	8,63	0,00	216,30
Shea 114-11	707,1 m	36,98	27,95	1,59	101,30	0,38	225,60	1,59	39,06	0,00	46,74	28,97	12,28	7,95	14,32	25,68	1,22	14,59	4,92	0,00	97,75
Shea 63B	719,1 m	3,26	8,90	0,93	2,76	0,21	52,20	0,57	14,15	0,00	22,07	10,99	4,91	1,34	3,83	7,04	0,84	8,04	1,98	0,12	25,80
Shea 118-1	709,5 m	0,00	7,27	0,65	2,57	0,00	31,36	0,00	30,88	0,00	0,00	2,19	1,03	0,34	3,19	1,66	0,69	3,54	0,40	0,00	15,89
Shea 118-4	696,5 m	1,82	3,91	0,42	0,88	0,22	18,65	0,00	14,54	0,00	0,00	2,03	1,02	0,28	2,42	1,30	0,79	3,63	0,39	0,00	9,31
Shea 114-9	698,3 m	18,47	8,32	0,00	3,51	0,13	27,15	0,67	10,77	0,00	251,20	5,98	1,98	1,37	1,86	5,09	0,67	1,81	0,90	0,00	8,57
Shea 114-9	705 m	3,75	3,67	0,00	2,28	0,00	15,67	0,00	9,83	0,00	17,93	1,12	0,46	0,30	1,40	0,97	0,66	1,69	0,18	0,00	7,61
Shea 114-4	634,5 m	0,00	3,46	0,00	0,00	0,21	13,71	0,00	6,63	0,00	0,00	0,77	0,39	0,22	1,06	0,78	0,77	5,42	0,14	0,00	6,22
Shea 114-4	682,1 m	0,00	9,12	0,70	0,00	0,17	117,80	0,00	13,57	0,00	0,00	1,31	0,57	0,82	6,37	2,20	0,88	3,55	0,20	0,00	57,85
Shea 114-8	/12,8 m	4,78	24,98	1,33	3,76	0,22	247,90	0,51	28,53	0,00	17,24	13,68	6,12	2,87	9,66	11,94	1,12	10,27	2,37	0,00	133,70
Shea 115-0	6/3 m	0,00	7,94	0,56	0,48	0,37	56,03	0,00	23,84	0,00	0,00	3,21	1,64	0,51	6,17	2,75	0,85	14,05	0,60	0,00	28,26
Shea 115-2	652,5 m	0,00	3,55	0,00	0,00	0,00	109,60	0,00	14,01	0,00	0,00	2,78	1,29	0,59	2,45	2,47	0,88	3,95	0,50	0,00	59,70
Shea 115-2	657,6 m	3,68	8,51	0,64	2,61	0,25	135,00	0,00	13,05	0,00	10,08	2,87	1,19	1,32	3,69	4,31	0,77	6,78	0,43	0,00	73,10
Snea 115-2	063,1 m	7,39	17,40	0,98	8,92	0,51	136,40	0,64	13,21	0,00	10,32	11,29	4,40	3,94	4,89	9,84	0,96	14,00	1,68	0,00	59,52
Snea 115-2	/30,9 m	29,35	48,96	5,25	21,35	1,10	694,60	7,00	39,38	0,00	20,30	15,10	7,06	5,37	25,47	21,22	2,63	35,73	2,64	0,00	372,80
Snea 115-16	/20,4 m	127,90	127,40	15,62	43,76	2,87	2259,00	13,93	100,60	1,31	/39,10	78,97	38,33	25,05	99,83	94,98	4,67	100,90	14,18	0,47	1258,00
Shea 115-7	667,8 m	1,90	11,43	0,78	3,37	0,36	46,97	0,71	10,64	0,00	20,91	8,42	3,60	1,27	4,87	4,76	0,81	10,68	1,44	0,00	21,32
Snea 115-7	682,3 m	9,37	16,22	1,61	2,61	0,76	94,00	0,82	13,86	0,15	7,75	17,59	8,31	2,05	9,03	11,06	0,94	25,52	3,24	0,00	45,26
(arès)	660,8 m	0,00	12,58	0,42	0,11	0,00	30,40	0,00	25,35	0,28	0,00	0,48	0,20	0,36	6,98	1,43	0,60	1,55	0,07	0,00	13,09

Composition chimique des éléments en trace dans les échantillons de grès du gisement de Kianna, analysés en ICPMS au SARM de Nancy (2/2)

Echar	ntillon									С	ompo	sitio	n Chin	niqu	e en	ppm								
sondage	Profondeur	Lu	Мо	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Shea 114	44 m	0,04	0,00	0,52	7,80	0,00	3,06	2,11	0,86	0,00	1,42	0,00	56,64	0,05	0,13	1,25	0,04	0,29	1,04	0,00	2,85	0,29	0,00	27,34
Shea 114	72 m	0,05	0,00	0,65	8,16	0,00	2,97	2,30	0,90	0,00	1,49	0,00	190,20	0,07	0,19	1,59	0,05	0,40	1,80	0,00	3,56	0,32	0,00	54,48
Shea 114	106 m	0,03	0,00	0,43	3,21	6,93	1,86	0,95	1,17	0,00	0,57	0,43	29,39	0,06	0,06	1,47	0,03	0,34	1,66	0,00	1,59	0,20	0,00	33,80
Shea 114	139 m	0,05	0,00	0,77	6,03	0,00	3,73	1,81	1,61	0,00	1,01	0,79	53,23	0,09	0,10	2,05	0,04	0,33	2,03	0,00	2,32	0,30	0,00	38,93
Shea 114	170 m	0,07	0,00	0,74	8,30	0,00	4,11	2,10	1,34	0,00	1,54	0,62	215,30	0,08	0,23	2,02	0,07	0,59	2,50	0,32	5,91	0,44	0,00	53,48
Shea 114	204 m	0,09	0,00	1,14	8,89	5,45	3,78	2,56	2,03	0,00	1,64	0,41	102,10	0,13	0,19	2,68	0,08	0,71	7,61	0,45	4,82	0,57	0,00	142,30
Shea 114	232 m	0,09	0,00	1,31	11,91	6,32	5,98	3,38	1,64	0,00	2,21	0,00	107,00	0,15	0,23	3,33	0,08	0,82	2,47	0,00	5,02	0,58	0,00	185,80
Shea 114	262 m	0,29	0,00	2,47	12,29	9,39	5,77	3,46	2,50	0,40	2,32	0,77	173,40	0,29	0,36	5,46	0,22	2,10	3,25	0,48	12,26	1,63	25,57	716,90
Shea 114	298 m	0,09	0,00	1,41	10,38	8,66	4,77	2,90	1,10	0,22	1,87	0,56	94,81	0,19	0,20	2,33	0,08	0,80	1,34	0,00	4,84	0,55	0,00	178,90
Shea 114	330 m	0,09	0,00	1,51	14,67	14,56	6,56	4,02	1,72	0,00	2,74	0,46	126,80	0,20	0,27	3,21	0,08	0,72	1,92	0,00	5,53	0,57	0,00	98,11
Shea 114	362 m	0,08	0,00	1,19	10,12	9,03	3,98	2,79	2,46	0,00	1,88	0,68	83,06	0,14	0,18	3,60	0,07	0,76	3,65	0,00	4,54	0,52	0,00	116,60
Shea 114	394 m	0,03	0,00	0,41	5,01	10,47	1,61	1,43	0,90	0,00	0,86	0,00	32,75	0,06	0,06	1,39	0,02	0,46	0,90	0,00	1,11	0,16	0,00	54,90
Shea 114	426 m	0,03	0,00	0,25	3,87	8,04	2,45	1,06	2,22	0,00	0,70	0,40	113,60	0,03	0,08	1,40	0,03	1,06	2,07	0,00	2,09	0,20	0,00	36,40
Shea 114	460 m	0,08	0,39	1,83	11,18	10,62	0,00	3,09	5,55	0,25	2,03	0,56	156,80	0,22	0,17	4,11	0,06	1,01	2,82	0,00	3,02	0,43	0,00	161,80
Shea 114	496 m	0,03	0,00	0,52	5,96	7,59	0,00	1,71	3,95	0,00	0,94	0,00	48,07	0,07	0,07	1,65	0,02	0,62	3,08	0,00	1,08	0,18	0,00	62,34
Shea 114	529 m	0,04	0,00	0,52	6,13	7,82	2,35	1,74	1,33	0,00	1,17	0,41	45,95	0,06	0,09	1,72	0,03	0,57	1,52	0,00	1,43	0,23	0,00	70,72
Shea 114	560 m	0,04	0,00	0,33	4,69	11,79	0,00	1,24	2,07	0,00	0,84	0,00	18,80	0,04	0,06	1,19	0,03	1,01	2,19	0,00	1,95	0,22	0,00	62,51
Shea 114	581 m	0,06	0,39	0,89	8,72	13,15	1,83	2,27	1,29	0,00	1,36	0,00	23,10	0,08	0,10	1,72	0,05	1,34	1,77	0,00	3,32	0,35	14,43	128,70
Shea 114	599 m	0,05	0,00	0,54	4,40	9,23	0,00	1,18	0,79	0,00	0,69	0,54	15,73	0,04	0,10	1,46	0,05	1,00	1,82	0,00	3,46	0,31	0,00	72,54
Shea 114	630 m	0,14	0,49	3,00	16,71	10,97	23,42	4,58	3,07	1,10	3,01	0,80	71,24	0,28	0,28	3,17	0,13	27,44	10,74	2,20	7,13	0,86	0,00	447,40
Shea 114-11	668 m	1,10	0,50	7,38	24,96	3,74	14,51	6,01	4,08	1,36	6,25	1,62	114,10	0,75	2,43	6,35	1,11	72,35	15,05	2,72	96,35	7,05	0,00	2131,00
Shea 114-11	677,8 m	0,11	1,13	1,38	12,98	9,99	23,40	3,88	1,57	0,47	2,64	0,46	63,07	0,15	0,43	1,54	0,12	68,84	35,40	0,71	11,79	0,82	6,82	209,50
Shea 114-11	701,45 m	2,65	3,43	13,19	179,40	14,13	212,34	46,43	4,45	0,55	43,43	1,52	461,10	1,48	7,21	31,94	3,15	127,70	83,75	5,50	205,00	19,67	18,45	1323,00
Shea 114-11	707,1 m	1,28	2,12	9,84	127,70	13,47	197,92	28,66	2,72	1,24	38,88	3,17	497,00	1,13	5,02	26,71	1,65	173,10	243,30	8,67	124,40	10,14	15,78	555,90
Shea 63B	719,1 m	0,49	0,52	5,22	22,96	11,51	44,86	5,80	1,08	0,49	6,11	0,48	96,28	0,64	1,72	16,50	0,64	86,71	103,00	1,25	55,78	3,66	0,00	335,20
Shea 118-1	709,5 m	0,12	1,18	0,99	11,57	4,97	15,77	3,36	0,53	0,16	2,08	0,00	83,27	0,11	0,35	2,77	0,14	30,24	24,65	0,34	12,31	0,81	0,00	135,20
Shea 118-4	696,5 m	0,13	1,17	1,10	7,44	0,00	9,76	2,06	0,36	0,42	1,53	0,00	52,61	0,12	0,29	3,55	0,14	28,63	20,56	0,45	11,21	0,86	0,00	138,10
Shea 114-9	698,3 m	0,16	3,88	0,94	18,11	8,58	44,71	4,27	0,00	2,92	4,95	0,00	71,28	0,11	1,10	1,39	0,24	521,80	45,17	1,88	22,46	1,38	0,00	63,83
Shea 114-9	705 m	0,05	0,34	0,35	7,02	5,55	20,31	1,85	0,00	0,14	1,41	1,93	49,28	0,04	0,20	2,10	0,06	11,06	12,55	0,00	4,72	0,36	0,00	60,93
Shea 114-4	634,5 m	0,08	0,00	1,26	5,88	4,78	5,02	1,58	1,29	0,19	1,25	0,49	24,67	0,13	0,13	1,98	0,07	6,08	2,51	0,28	3,35	0,50	0,00	212,40
Shea 114-4	682,1 m	0,09	0,00	1,48	43,92	6,08	11,05	12,61	7,73	0,21	6,48	0,46	120,10	0,17	0,28	7,87	0,08	12,32	10,27	0,30	4,53	0,58	0,00	131,20
Shea 114-8	/12,8 m	0,69	0,59	8,59	105,30	21,85	55,89	28,73	2,06	0,13	18,80	0,81	286,00	1,20	2,36	26,67	0,82	51,89	102,50	2,73	67,27	4,93	0,00	368,80
Shea 115-0	673 m	0,26	0,36	4,11	23,00	6,99	20,02	6,39	3,68	0,18	3,61	0,00	75,16	0,40	0,53	8,68	0,24	13,74	86,55	1,36	18,12	1,63	0,00	587,40
Shea 115-2	652,5 m	0,13	0,58	0,69	35,06	5,10	5,13	10,78	0,00	0,00	5,07	0,00	78,91	0,08	0,44	2,54	0,16	3,58	2,40	0,27	16,01	0,92	0,00	162,40
Shea 115-2	657,6 m	0,17	0,97	0,87	47,24	4,97	48,92	14,04	0,40	0,13	9,15	0,00	288,70	0,12	0,62	3,51	0,18	19,79	43,24	0,91	9,61	1,26	0,00	280,50
Snea 115-2	663,1 m	0,59	4,42	3,32	79,05	5,92	1/9,88	19,34	0,52	1,31	23,06	0,51	533,10	0,27	2,07	6,55	0,68	125,50	25,53	1,13	29,18	4,88	0,00	539,70
Snea 115-2	730,9 m	0,85	0,84	13,42	286,20	34,12	112,/1	84,56	6,19	1,08	42,92	1,36	1119,00	1,/1	2,89	44,46	0,95	203,50	311,10	4,82	05,98	5,89	0,00	1263,00
Snea 115-16	720,4 m	4,81	10,78	47,55	966,30	102,70	4/4,59	244,40	14,69	5,94	167,30	1,37	3217,00	4,75	14,23	144,20	5,32	0088,00	1004,00	8,93	342,50	32,48	114,70	2992,00
Snea 115-7	667,8 m	0,40	0,79	1,97	25,99	12,29	50,16	6,44	2,19	1,10	7,00	0,44	80,27	0,22	1,27	3,45	0,50	132,40	161,70	0,74	32,51	3,16	0,00	391,60
Shea 115-7	682,3 m	0,91	10,98	6,14	42,49	7,39	40,95	11,23	4,52	14,46	10,04	0,69	174,20	0,67	2,69	14,87	1,12	108,60	137,20	5,80	93,46	6,64	0,00	928,00
(grès)	660,8 m	0,03	0,00	0,48	11,49	7,84	4,79	3,07	20,22	0,00	2,29	0,53	73,58	0,06	0,14	2,20	0,03	1,11	8,40	0,26	1,88	0,20	0,00	54,53

Annexe 5-4 : Composition chimique des terres rares dans les échantillons de grès de 44 m à la discordance, analysés en ICPMS au SARM de Nancy.

- Composition chimique des éléments en trace dans les échantillons d'argilite, grès fins et intraclaste d'argile, analysés en ICPMS au SARM de Nancy.

| E | chantillon | |

 | |

 | | |
 | |
 | Cor
 | npos
 | ition

 | chim
 | ique
 | en p

 | pm | | |
 | | | | | | | | | |
|---|--|--
--
--
--|--
--
--
--|--|---|---|---
--
--
--
--
--
--
--
--
--
--
--

--
---|---|---
--|--|--|--|---
---|---|---|---|--|--|
| sondage | profondeur | type | As

 | Ва | Be

 | Bi | Cd | Ce
 | Со | Cr
 | Cs
 | Cu
 | Dy

 | Er
 | Eu
 | Ga

 | Gd | Ge | Hf | Но
 | In | La | Lu | Мо | Nb | | | | |
| Hyd 07-001 | 550 m | argilite | 1,4

 | 15 | 0,64

 | 0 | 0,2 | 89,5
 | 0,51 | 13,7
 | 0,41
 | 0
 | 2,03

 | 1,02
 | 1,37
 | 10,9

 | 4,54 | 1 0,8 | 8,23 | 0,36
 | 0 | 40,6 | 0,17 | 0 | 3,32 | | | | |
| Hyd 07-001 | 554 m | argilite | 0

 | 17,1 | 0,87

 | 0,13 | 0,79 | 59,7
 | 0,37 | 18,2
 | 0,4
 | 0
 | 3,04

 | 1,93
 | 1,12
 | 20,2

 | 3,75 | 5 0,75 | 31,6 | 0,61
 | 0 | 28,3 | 0,44 | 0 | 9,46 | | | | |
| Hyd 07-001 | 663 m | argilite | 1,43

 | 17,6 | 8,46

 | 0,25 | 0,3 | 119
 | 11,7 | 37,8
 | 0,18
 | 23,9
 | 3,49

 | 1,85
 | 0,96
 | 55,1

 | 3,82 | 2 7,37 | 12,5 | 0,64
 | 0 | 56,2 | 0,29 | 0 | 8,19 | | | | |
| Hyd 07-001 | 678,50 m | argilite | 3,11

 | 12,4 | 2,15

 | 0,18 | 0,16 | 64,2
 | 1,52 | 36,6
 | 0
 | 11,6
 | 2,38

 | 1,32
 | 0,53
 | 19,3

 | 2,0 | 7 2,04 | 7,3 | 0,47
 | 0 | 28,9 | 0,21 | 1,09 | 2,72 | | | | |
| Hyd 07-05 | 660,8 m | argilite | 3,93

 | 156 | 3,02

 | 0,29 | 0,33 | 268
 | 1,09 | 96,7
 | 0,38
 | 5,22
 | 6,18

 | 2,79
 | 4,35
 | 29,7

 | 16, | 3 0,93 | 12,2 | 0,97
 | 0 | 156 | 0,49 | 0,38 | 33,4 | | | | |
| Shea 111-7 | 668,50 m | argilite | 1,35

 | 51,6 | 0,95

 | 0 | 0,32 | 83,5
 | 0,67 | 21,8
 | 0,33
 | 0
 | 1,45

 | 0,66
 | 1,31
 | 16,9

 | 4,84 | 2 0,62 | 12,6 | 0,22
 | 0 | 38,1 | 0,14 | 0 | 12,5 | | | | |
| Shea 114-11 | 507 m | argilite | 1,29

 | 36,7 | 0,97

 | 0,86 | 0,44 | 92,2
 | 0,36 | 22,5
 | 0,19
 | 0
 | 1,66

 | 0,8
 | 1,49
 | 12,4

 | 6,6 | 0,78 | 15 2 | 0,25
 | 0 | 43 | 0,21 | 0 | 8,68 | | | | |
| Shea 114-11 | 555 m | argilite | 2,51

 | 159 | 3,05

 | 2 46 | 0,45 | 1424
 | 2,17 | 107
 | 1,19
 | 7,25
 | 5,55
0 74

 | 2,5
 | 4,00
 | 20,0

 | 10,0 | 1 0,92 | 21 0 | 1 20
 | 0 | 207 | 0,47 | 07 | 25,5 | | | | |
| SHEA 22 | 680 m | argilite | 2 62

 | 30.2 | 0.01

 | 3,40 | 0,74 | 1454
 | 0.36 | 15.9
 | 0,40
 | 33,3
< 1 D
 | 2 97

 | 4,51
 | 1 85
 | 12.8

 | 7 5/ | 1 0 82 | 12 / | 0.49
 | | 67.6 | 0,05 | 0,7
7 L D | 25,0 | | | | |
| Shea 50-4 | 704.80 m | argilite | 2,02

 | 40.9 | 1.7

 | 0 | 0.19 | 88.8
 | 2,88 | 17.8
 | 1.23
 | 0
 | 1.17

 | 0.57
 | 1.29
 | 26.1

 | 3.0 | 7 0.72 | 7.3 | 0.19
 | 0 | 41.7 | 0.11 | 0 | 10.4 | | | | |
| SHEA 51 | 672.50 m | argilite | 1.52

 | 25.7 | 1.4

 | < L.D. | < L.D. | 76.5
 | 0.9 | 15.5
 | 0.35
 | < L.D.
 | 0.99

 | 0.37
 | 1.07
 | 19.4

 | 3.01 | 1 0.76 | 3.63 | 0.14
 | < L.D | . 34.8 | 0.07 | < L.D. | 5.11 | | | | |
| Shea 52 | 390.60 m | argilite | 14.4

 | 341 | 4.55

 | 0.24 | 0.89 | 452
 | 2.7 | 202
 | 2.62
 | 8.06
 | 11.2

 | 6.16
 | 5.42
 | 60.2

 | 21.3 | 3 1.45 | 39.9 | 2.02
 | 0 | 211 | 1.15 | 0 | 55.6 | | | | |
| Shea 52 | 494,30 m | argilite | 3,94

 | 173 | 3,24

 | 0,13 | 0,72 | 323
 | 1,58 | 671
 | 1,26
 | 10,7
 | 8,17

 | 4,07
 | 4,53
 | 35,9

 | 19,4 | 1 1,2 | 29,7 | 1,36
 | 0 | 167 | 0,77 | 0 | 34,7 | | | | |
| Shea 62 | 675 m | argilite | 1,85

 | 42,1 | 1,4

 | 0 | 0,48 | 138
 | 2,03 | 32,8
 | 0,98
 | 0
 | 2,04

 | 1
 | 1,71
 | 18,5

 | 5,53 | 3 0,75 | 17,7 | 0,32
 | 0 | 61,6 | 0,23 | 0 | 15,1 | | | | |
| SHEA 11 | 683,30 m | grès fins | < L.D.

 | 18,9 | 0,82

 | < L.D. | 0,19 | 55,9
 | 0,34 | 17,3
 | 0,19
 | < L.D.
 | 1,36

 | 0,72
 | 0,78
 | 11,2

 | 2,73 | 3 0,69 | 7,17 | 0,24
 | < L.D | . 25,8 | 0,13 | < L.D. | 3,85 | | | | |
| SHEA 22 | 693 m | grès fins | 2,84

 | 124 | 2,67

 | 0,24 | 0,32 | 170
 | 1,54 | 131
 | 0,33
 | 5,15
 | 5,11

 | 2,8
 | 2,09
 | 29,6

 | 8,2 | 0,82 | 12,3 | 0,94
 | < L.D | . 85,3 | 0,49 | < L.D. | 27,3 | | | | |
| SHEA 51 | 670,50 m | grès fins | 2,53

 | 90,6 | 2,43

 | 0,11 | 0,33 | 206
 | 2,01 | 87
 | 1,05
 | 8,08
 | 3,94

 | 1,93
 | 2,58
 | 26,2

 | 8,99 | 9 0,82 | 13,3 | 0,65
 | < L.D | . 96,5 | 0,36 | 0,56 | 24,1 | | | | |
| Hyd 07-001 | 627,50 m | intraclaste | 6,92

 | 101 | 6,95

 | 0,92 | 0,32 | 1424
 | 5,44 | 179
 | 0,16
 | 61,1
 | 9,67

 | 2,31
 | 10
 | 60,2

 | 31,8 | 3 4,61 | 11,8 | 1,02
 | 0 | 798 | 0,4 | 2,33 | 8,1 | | | | |
| Hyd 07-001 | 663 m | intraclaste | 7,65

 | 130 | 6,63

 | 0,8 | 0,59 | 702
 | 4,85 | 119
 | 0,57
 | 13,7
 | 18

 | 9,87
 | 4,91
 | 48,8

 | 20 | 4,32 | 19,8 | 3,41
 | . 0 | 368 | 1,44 | 1,95 | 38,6 | | | | |
| Hyd 07-001 | 672 m | intraclaste | 3,08

 | 51,7 | 5,9

 | 0,75 | 0,35 | 373
 | 3,53 | 80,4
 | 0,21
 | 18,5
 | 20,1

 | 10,2
 | 3,28
 | 58,7

 | 15, | 5 5,36 | 12,2 | 3,83
 | 0 | 190 | 1,23 | 0,7 | 22,2 | | | | |
| Hyd 07-001 | 713,80 m | intraclaste | 3,5

 | 30,5 | 12,3

 | 0,38 | 1,26 | 467
 | 25,1 | 63,8
 | 0
 | 8,97
 | 94,6

 | 48,2
 | 4,89
 | 66,8

 | 42,9 | 9 12,5 | 50,7 | 18,9
 | 0 | 254 | 4,62 | 0 | 54,9 | | | | |
| Sne 13 | 6/8 m | intraclaste | 12,1

 | 235 | 3,46

 | 0,19 | 0,25 | /81
 | 1,13 | 29
 | 0,58
 | 9,69
 | 9,77

 | 3,39
 | 12
 | 37,3

 | 42,4 | 2 1,5 | 7,67 | 1,22
 | 0 | 408 | 0,41 | 0 | 31,6 | | | | |
| Shea 101 | 620, 40 m | intraclaste | 9,1

 | 169 | 2,5

 | 0,35 | 1,10 | 481
 | 1,49 | 56,1
 | 0,65
 | 14,9
 | 15,3

 | 1,02
 | 4,79
 | 22,7

 | 20,0 | 3 1,29 | 9 64 | 2,64
 | 0 | 75.0 | 0,99 | 1,80 | 27,9 | | | | |
| Shea 111-7 | 630 m | intraclaste | 2.83

 | 96.2 | 7 99

 | 0,20 | 0,20 | 703
 | 5.67 | 152
 | 0,5
 | 1/
 | 18 /

 | 9 77
 | 5.85
 | 64.2

 | 21 | 8 66 | 22.9 | 3 2 20
 | 0 | 13,5 | 1 12 | 0.54 | 10,5 | | | | |
| Shea 123 | 651.50 m | intraclaste | 2,38

 | 49.7 | 0.61

 | 0,52 | 0,58 | 126
 | 0.48 | 38.2
 | 0.27
 | 0
 | 2.04

 | 1.14
 | 1.41
 | 10.2

 | 5 | 0.65 | 7.7 | 0.36
 | 0 | 63 | 0.26 | 0.68 | 10 | | | | |
| Shea 18 | 661 m | intraclaste | 12.4

 | 217 | 2.12

 | 0.12 | 0.59 | 620
 | 1.28 | 63.1
 | 0.85
 | 6.48
 | 7.3

 | 3.75
 | 6.71
 | 23.9

 | 23. | 5 1.27 | 23.2 | 1.09
 | 0 | 346 | 0.96 | 1.16 | 48.1 | | | | |
| Shea 36 | 665,50 m | intraclaste | 7,39

 | 114 | 2,04

 | 0,13 | 0,37 | 409
 | 0,8 | 45,3
 | 0,83
 | 6,26
 | 11,2

 | 6,09
 | 4,42
 | 22,6

 | 14, | 5 1,05 | 15,1 | 2,13
 | 0 | 211 | 0,87 | 0 | 39,7 | | | | |
| Shea 52 | 218,60 m | intraclaste | 12,8

 | 309 | 4,62

 | 0,38 | 1,89 | 160
 | 4,17 | 163
 | 3,71
 | 10,5
 | 21

 | 14,6
 | 2,54
 | 67,4

 | 13 | 2,77 | 73,6 | 4,61
 | 0 | 75 | 2,87 | 4,21 | 79,9 | | | | |
| Shea 52 | 360, 20 m | intraclaste | 0

 | 57,2 | 1,35

 | 0,11 | 0,55 | 66,7
 | 1,83 | 79,2
 | 0,9
 | 0
 | 3,3

 | 1,99
 | 0,9
 | 30,3

 | 3,8 | 0,82 | 11,8 | 0,66
 | 0 | 33,3 | 0,36 | 0 | 11,4 | | | | |
| Shea 62 | 662 m | intraclaste | 3,21

 | 106 | 2

 | 0 | 0,33 | 349
 | 1,57 | 33
 | 0,84
 | 7,23
 | 4

 | 1,71
 | 3,93
 | 24

 | 11,4 | 1 0,77 | 12,2 | 0,58
 | 0 | 193 | 0,31 | 0 | 20 | | | | |
| Shea 62 | 675,5 m | intraclaste | 4,39

 | 162 | 4,01

 | 0,19 | 0,48 | 634
 | 1,54 | 46,1
 | 2,27
 | 7,76
 | 9,06

 | 4,59
 | 6,42
 | 35,7

 | 20,3 | 3 1,3 | 17,9 | 1,51
 | 0 | 311 | 0,87 | 0 | 54,1 | | | | |
| Shea 77 | 205,50 m | intraclaste | 1.8

 | 135 | 0,81

 | 0.14 | 1.19 | 67.3
 | 0 93 | 71.9
 | 0.91
 | •
 | 7.07

 | 5.83
 | 1.07
 | 20.7

 | 5,26 | 5 1,1 | 49.9 | 1.67
 | 0 | 34.8 | 1.42 | 0,82 | 24.8 | | | | |
| CI | 420 50 | |

 | 00.0 | 6-

 | 0.40 | 2,25 | 01,0
 | 0,55 | 10.0
 | 0,02
 |
 | 2.44

 | 0,00
 | 4.05
 |

 | | | 20.4 | 0.75
 | | 45.0 | 0.07 | | | | | | |
| Shea 77 | 428,50 m | intraclaste | 6,72

 | 88,8 | 0,5

 | 0,12 | 0,74 | 94,2
 | 0,39 | 40,8
 | 0,36
 | 0
 | 3,44

 | 2,63
 | 1,25
 | 14,1

 | 4,74 | 1 0,79 | 29,4 | 0,75
 | 0 | 45,8 | 0,67 | 1 | 14,7 | | | | |
| Shea 77 | 428,50 m
Echantillo | intraclaste
n | 6,72

 | 88,8 | 0,5

 | 0,12 | 0,74 | 94,2
 | 0,39 | 40,8
 | 0,36
Co
 | 0
mpo:
 | 3,44
sitior

 | 2,63
1 chii
 | 1,25
niqu
 | 14,1
e en

 | 4,74 | 1 0,79
n | 29,4 | 0,75
 | 0 | 45,8 | 0,67 | 1 | 14,7 | | | | |
| Shea 77 | 428,50 m
Echantillo
profondeu | intraclaste
n
r type | 6,72

 | 88,8 | 0,5

 | 0,12
Pb | 0,74 | 94,2
Rb
 | 0,39
0,39
Sc | 40,8
Sb
 | 0,36
CO
Sm
 | 0
mpo:
Sn
 | 3,44
sitior

 | 2,63
 | 1,25
niqu
 | 14,1
e en

 | 4,74 | 1 0,79
n
Tm | U 29,4 | 0,75
 | w o | 45,8
Y | 0,67
Yb | 1
Zn | 14,7
Zr | | | | |
| Shea 77
E
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,

 | 88,8
1 N
2 23 | 0,5
li
,3 1,
2 3

 | Pb
,8748 | 0,74
0,74
9,52
6.12 | 94,2
94,2
Rb
24
35.7
 | 0,39
0,39
Sc
3,12
4,5 | 40,8
5b
0
 | 0,36
Co
Sm
7,8
 | 0
mpo:
Sn
0,5
 | 3,44
sitior
SI
3 33
6 18

 | 2,63
r chii
r T
3 0,1
 | 1,25
niqu
a T
28 0,
05 0.
 | 14,1
b
43 (

 | 4,74
Th
5,01 | 1 0,79
n
Tm
0,15
0.33 | U
3,22 | V
18,4
34,3
 | 0
W
0.55 | 45,8
Υ
11,2
19,6 | 0,67
Yb
1,04
2,43 | 1
Zn
0
17.2 | 14,7
Zr
336
1251 | | | | |
| Shea 77
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,

 | 88,8
1 N
2 23
4 12
7 96 | 0,5
ii
,3 1,
2 3,
,3 9,

 | 0,12
0,12
Pb
,8748
,8429
,4077 | Pr
9,52
6,12
12,5 | 94,2
94,2
Rb
24
35,7
8,46
 | 0,39
0,39
Sc
3,12
4,5
11,6 | 40,8
40,8
0
0
0,35
 | 0,36
Co
Sm
7,8
5,01
8,13
 | 0
mpo:
5n
0,5
1 0,8
3 0
 | 3,44
sition
3 33
6 18
18

 | 2,63
r Chii
r T
3 0,
3 1,0
 | 1,25
niqu
a T
28 0,
05 0,
71 0,
 | 14,1
e en
b
43 (
52 :

 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4 | 1 0,79
n
Tm
0,15
0,33
0,27 | U
3,22
16,7
20,3 | V
18,4
34,3
535
 | 0
W
0
0,55
0,61 | 45,8
Y
11,2
19,6
20 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82 | 1
Zn
0
17,2
28,6 | 14,7
Zr
336
1251
388 | | | | |
| Shea 77
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,
26,

 | 88,8
1 N
2 23
4 12
7 96
6 32 | 0,5
1i
,3 1,
2 3,
,3 9,
,4 27

 | 0,12
Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12 | 81,0
94,2
Rb
24
35,7
8,46
4,51
 | 0,39
0,39
Sc
3,12
4,5
11,6
2,69 | 40,8
5b
0
0,35
0,46
 | 0,36
Co
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
 | 0
mpo:
5
0,5
0,5
0,5
0,5
 | 3,44
sitior
3 33
6 18
1 99,

 | 2,63
1 chi
3 0,
3 1,
7 0,
4 0,
 | 1,25 niqu a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0,
 | 14,1 e en 'b 43 52 59 39

 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4
15,6 | 1 0,79
n
Tm
0,15
0,33
0,27
0,19 | U
3,22
16,7
20,3
6,28 | V
18,4
34,3
535
48,8
 | 0
W
0,55
0,61
0,71 | Υ
11,2
19,6
20
15,7 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4 | 14,7
2r
336
1251
388
280 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-05 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
89,
39,
24,
52,
26,
13

 | 88,8
1 N
2 23
4 12
7 96
6 32
5 15 | 0,5
11
,3 1,
2 3,
,3 9,
,4 27
,8 32

 | 0,12
Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4 | 94,2
94,2
24
35,7
8,46
4,51
20,7
 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0 | 40,8
40,8
5b
0
0,35
0,46
0,38
 | 0,36
CO
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
25,1
 | 0
Sn
0,5
0,5
0,8
0,5
0,5
0,5
1 0,8
3 0
5 0,5
1 3,1
 | 3,44
sition
3 33
6 18
1 99,
8 86

 | 2,63
r Chii
r T
3 0,1
3 1,0
7 0,7
,4 0,
66 3,
 | 1,25 mique a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1,
 | 14,1 e en b 43 52 39 57

 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2 | 1 0,79
n
Tm
0,15
0,33
0,27
0,19
0,43 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
 | W
0,55
0,61
0,71
2 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3 | 14,7
2r
336
1251
388
280
414 | | | | |
| Shea 77
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-05
Shea 111-7 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
89,
24,
52,
26,
13
32,

 | 88,8
1 N
2 23
4 1/
7 96
6 32
5 15
9 6,5 | 0,5
11
,3 1,
,3 9,
,4 27
,8 32
;2 10

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46 | 94,2
94,2
24
35,7
8,46
4,51
20,7
28,2
 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57 | 40,8
Sb
0
0,35
0,46
0,38
0
 | 0,36
CO
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
25,1
6,24
 | 0
Sn
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
1,3,1
1,5
 | 3,44
sitior
3 33
6 18
1 99,
8 86
3 36

 | 2,63
n chii
r T
3 0,
3 1,0
7 0,7
,4 0,
6 3,
4 0,
 | 1,25
miqu
a T
28 0,
05 0,
71 0,
,4 0,
14 1,
99 0,
 | 14,1 e en 'b 43 52 59 39 57 44

 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2
13,4 | 1 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,1 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
 | W
0,55
0,61
0,71
2
0,65 | Υ
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08 | Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0 | 2r
336
1251
388
280
414
508 | | | | |
| Shea 77
E
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-05
Shea 111-7
Shea 114-11 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
507 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,

 | 88,8
1 N
2 23
,4 1
7 96
6 32
5 15
9 6,5
1 8,7
1 8,7 | 0,5
0,5
11
2 3,
,3 9,
,4 27
,8 32
52 10
77 8,

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61 | 94,2
94,2
24
35,7
8,46
4,51
20,7
28,2
15,7
 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57
4,26 | 40,8
Sb
0
0,35
0,46
0,38
0
0,44
 | 0,36
CO
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
25,1
6,24
7,1
 | 0
mpo:
0,5
0,5
0,8
0,5
0,5
1,3,1
1,5
1,0
0,5
1,0
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0
 | 3,44
sitior
3 33
6 18
1 99,
8 86
3 36
7 85
4 10
1 99,
8 86
3 36
7 85

 | 2,63
n chii
r T
3 0,1
3 1,1
7 0,1
4 0,1
6 3,1
4 0,1
9 0,1
9 0,1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 | 1,25 mique a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1, 99 0, 86 0,
 | 14,1 e en 'b 43 652 59 39 57 44 55

 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
146,2
13,4
17,9 | 1 0,79 n Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,14 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
 | W
0,55
0,61
0,71
2
0,65
0,67 | Υ
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08 | Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 | | | | |
| Shea 77
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-05
Shea 114-11
Shea 114-11
Shea 114-11 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
507 m
507 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12

 | 88,8 1 N ,2 23 ,4 1. ,7 96 ,6 32 5 15 .9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 | 11
0,5
1,3
1,
2,3,
3,3
9,
4,27
8,32
52,10
77
8,32
52,10
77
8,7
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17
6,17

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5 | Rb 24 35,7 8,46 4,51
20,7 28,2 15,7 56,1 35,7 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57
4,26
14,2 | 40,8
Sb
0
0,35
0,46
0,38
0
0,44
0,73
1,27
 | 0,36
Co
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
25,1
6,24
7,1
23,1
5,01
 | 0
Sn
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
1,0,5
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
 | 3,44
sitior
3 33
6 18
1 99,
8 86
3 36
7 85
1 111

 | 2,63
n chii
r T
3 0,
3 1,0
7 0,
7 0,
7 0,
7 0,
7 4 0,
6 3,
4 0,
9 0,
15 3,
 | 1,25 mique a T 28 0, 05 0, 71 0, 14 1, 99 0, 86 0, 14 1
 | 14,1 e en b 43 0 52 2 2 59 2 39 2 57 4 44 2 55 2 3 39 3 57 4 44 3 5 75 4 4 3 5

 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2
13,4
17,9
47,5 | Image: 0,79 Tm 0,15 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
 | W 0 0,55 0,61 0,71 2 0,65 0,67 1,97 2 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2 | Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,10 | 1
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1220 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-03 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
507 m
553 m
681 m
680 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12
43

 | 88,8 1 N ,2 23 ,4 1. ,7 96 6 32 5 15 9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 5 14 | 0,5
0,5
1,3
1,2
3,3
9,
4,27
,8
32
52
10
77
8,
6
17
6
73
2
2
3
2
3
3
3
3
3
4
3
3
3
3
3
4
3
3
3
3
3
4
3
3
3
3
3
3
3
3
3
3
3
3
3

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015
3,9827
3,9827 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134 |
94,2
94,2
24
35,7
8,46
4,51
20,7
28,2
15,7
56,1
25,1
16,4 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57
4,26
14,2
11,8 | Sb 0 0,35 0,46 0,38 0,44 0,73 1,37 (1,17)
 | 0,36
Co
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
25,1
6,24
7,1
23,1
50,5
11,6
 | 0
Sn
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
1,0,5
1,3,1
1,0
1,0
1,5,4
5,4
6,3,8
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
 | 3,44
sitior
3 33
6 18
1 99,
8 86
3 36
7 85
1 111
5 89
9 49

 | 2,63
n chii
r T
3 0,1
3 0,1
3 1,1
7 0,1
4 0,1
9 0,1
15 3,1
4 2,1
4 2,1
5 3,1
5 3
 | 1,25 1,25 miqu a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1, 99 0, 86 0, 14 1 31 2
 | 14,1 e en b 43 52 59 39 57 44 55 ,5 42 (0) 72
 | 4,74
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
 | Image: 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,6 0,6 0,33 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1 9,2 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
0,92 | W
0,55
0,61
0,71
2
0,65
0,67
1,97
8,46
 | Υ
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,2 | Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 | 1
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
60,8 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 | | | | |
| Shea 77
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-05
Shea 111-7
Shea 114-11
Shea 114-11
Shea 118
SHEA 22
Shea 50-4 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
70 A 80 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12
43
60,
31

 | 88,8 1 N ,2 23 ,4 1. ,7 96 32 5 5 15 9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 5 14 5 14 5 14 | 0,5 0,5 ,3 ,3 ,3 ,4 ,2 3,2 3,2 3,2 3,3 9, ,4 2,10 77 8,32 3,6 17 6 72 8, 6 8, 6

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015
3,9827
,3923
3,059 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
8,47 | Rb 24 35,7 8,46 4,51
20,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57
4,26
14,2
11,8
2,59
6,39 | Sb 0 0,35 0,46 0,38 0 0,44 0,73 1,37 < L.D
 | System 0,36 Sm 7,8 5,01 8,13 4,06 25,1 6,24 7,1 23,1 50,5 11,9 5,21
 | 0
Sn
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
0,5
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
1,0
 | 3,44
sition
3 33
6 188
1 99,
8 86
3 36
7 85
1 111
5 89
3 49
6 17

 | 2,63
n chi
r T
3 0,7
3 1,7
7 0,7
4 0,6
6 3,7
4 0,7
9 0,1
15 3,7
4 2,7
4 0,7
9 0,1
15 3,7
4 0,7
15 3,7
16 4 0,7
17 4 0,7
 | 1,25 niqu a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1, 99 0, 86 0, 14 1 31 52 52 0, 96 0
 | 14,1 e en 'b 43 6 52 59 39 57 44 55 2 0 73
 | 4,7 ¹
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
 | 4 0,79 n Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,11 0,14 0,14 0,14 0,38 0,6 0,62 0,22 0,09 0,09 0,09 0,00 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7 | W 0,55 0,61 0,71 2 0,65 0,67 1,97 8,46 0,54 0,54
 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5 39 | Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,67 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 | | | | |
| Shea 77
sondage
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-001
Hyd 07-05
Shea 114-11
Shea 114-11
Shea 114-11
Shea 114-11
Shea 50-4
SHEA 51 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
688,50 m
553 m
681 m
689 m
704,80 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
No
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12
43
60,
31,
30,

 | 88,8 1 N ,2 23 ,4 1. ,7 96 ,6 32 5 15 9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 5 12 6 27 6 27 | 0,5 0,5 ,3 ,3 ,3 ,3 ,4 ,2 ,3 ,4 ,2 ,2 ,3 ,4 ,7 ,6 ,6 ,7 ,6 ,7 ,6 ,7 ,4

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015
3,9827
,3923
3,059
4,3863 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
8,47
8,32 | Rb 24 35,7 8,46 4,51
20,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 19 | 0,33
0,39
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57
4,26
14,2
11,8
2,59
6,39
2,52 | Sb 0 0,35 0,46 0,35 0,46 0,38 0 1,37 < L.D
 | 0,36 0,36 Sm 7,8 5,01 8,13 4,06 25,1 6,24 7,1 23,1 50,5 11,5 5,51
 | 0 Sn 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 5,4 5,3,8 0,5 1,2 0,7
 | 3,44
sition
3 33
6 18
1 99,
8 86
3 36
7 85
1 111
5 89
3 49
6 17
2 19

 | 2,63
n chi
r
T
3
0,7
0,7
0,7
0,7
0,7
0,7
0,7
0,9
0,4
0,9
0,15
3,9
4
2,63
1,9
0,1
4
0,2
4
0,1
4
0,2
1,9
0,1
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
4
0,2
0,2
4
0,2
0,2
15
0,2
15
0,2
15
0,2
15
0,2
15
0,2
15
15
15
15
15
15
15
15
15
15
 | 1,25 1,25 mique a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1, 99 0, 86 0, 14 1 31 52 52 0, 96 0 46 0.
 | 14,1 e en 'b 'b <

 | 4,74
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
12,4
15,6
13,4
17,9
47,5
50,8
16,4
16,1
5,11 | 4 0,79 n Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,11 0,14 0,14 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,09 0,05 0,05 0.05 0.05 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
 | W 0 0,55 0,61 0,71 2 0,65 0,67 1,97 8,46 0,54 0,68 0,42 | Υ 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,399 3,49 | Vb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,4 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
507 m
507 m
681 m
689 m
704,80 m
672,50 m
3390.60 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
8,72
6,72
9,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72
1,72

 | 88,8 1 N ,2 23 ,4 1. ,7 96 ,6 32 5 15 9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 5 12 6 27 5 65 | 0,5 0,5 1,3 ,3 ,3 ,4 27 ,8 32 32 32 32 33 ,4 27 ,8 32 30 ,6 17 16 73 ,2 8 ,6 8 ,7 14 ,2 31

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015
3,9827
,3923
3,059
4,3863
1,2764 | Pr
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
8,47
8,32
49,3 | Rb 24 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 19 95,6
 | 0,39
0,39
Sc
3,12
4,5
11,6
2,69
0
4,57
4,26
14,2
11,8
2,59
6,39
2,52
21.7 | Sb 0 0,35 0,46 0,35 0,46 0,38 0 0,44 0,73 1,37 < L.D
 | 0,36
Co
Sm
7,8
5,01
8,13
4,06
25,1
6,24
7,1
23,1
50,5
11,5
5,51
32,6
32,6
 | 0 Sin 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 5,3,1 1,5 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1,2 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7
 | 3,44
3,44
sitior
3 33
6 18
1 99
8 86
3 36
7 85
1 111
5 89
3 49
6 17
2 19
6 107

 | 2,63
a chi
r T
3 0,2
3 1,0
7 0,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
7 0,7
7 0,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
7 0,2
7 0,2
7 0,2
7 0,7
7 0,
 | 1,25 1,25 miqu a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1, 99 0, 86 0, 14 1 31 52 52 0, 96 0 46 0, 19 2
 | 14,1 e en b 43 6 52 55 57 44 55 55 75 44 2 (73) ,3) 22) (173) ,3) 29) (14)
 | 4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
47,5
50,8
16,4
16,1
5,11
92
 | 4 0,79 n 7m 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,6 0,22 0,09 0,05 0,096 0,966 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116 | W 0 0,55 0,61 0,71 2 0,65 0,67 1,97 8,46 0,54 0,68 0,42 4,31
 | Υ 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58.8 | Vb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,4 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
20,6
27,3 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 1457 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 Shea 52 Shea 52 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
668,50 m
553 m
688 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
8,72
9,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12
43
60,
31,
30,
18
14

 | 88,8 2 23 .4 1. .7 96 .6 32 .5 1.5 .9 6,5 .1 8,7 .4 5.1 .7 96 .6 32 .5 1.5 .7 1.4 .5 1.4 .5 1.4 .5 1.2 .6 2.7 .5 6.5 .6 4.5 .6 2.7 .5 6.5 .6 2.7 .5 6.5 .6 2.7 .5 6.5 .6 2.7 .6 2.7 .6 .5 .6 .5 .6 .5 .6 .5 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 | 0,5 0,5 0,5 0,5 1 2 3,3 9,4 27 ,8 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 32 33 34 35 35 36 37 38 39 32 33 34 35 36 37 30 31 31 32 33 34 35 36 37 30 31

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015
3,9827
3,9827
3,9823
3,059
1,3863
1,2764
1,5535 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,32 49,3 36,5 | Rb 24 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 19 95,6
 69,6 | Sc 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,57 14,26 14,26 14,26 2,59 6,39 2,52 21,7 18,4 | Sb 0 0 0,35 0,46 0,35 0,46 0,473 1,37 < L.D
 | 0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
0,37
0,37
0,37
0,37
0,37
0,37
0,37
0,37
 | 0 Sn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,5 1,0 5,4 3,8 0,5 1,0 1,1,0 1,2 0,7 4,2 0,7 4,2 4,5
 | 3,44
3,44
sitior
3 33
6 18
1 99
8 86
3 36
7 85
1 111
5 89
8 49
6 17
2 19
6 107
7 120

 | 2,63
a chi
r T
3 0,2
3 1,0
7 0,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
6 3,7
4 0,2
9 0,1
15 3,7
4 2,2
4 0,2
5 0,7
6 3,7
7 0,7
7 0,7
1 0
 | 1,25 1,25 miquage a T 28 0, 05 0, 71 0, ,4 0, 14 1, 99 0, 86 0, 14 1 31 52 52 0, 96 0 446 0, 19 2 27 2,
 | Idia Idia 14,1 Idia 155 Idia 155 Idia 155 Idia 155 Idia 157 Idia 158 Idia 159 Idia 150 Idia 151 Idia 152 Idia 153 Idia 153 Idia<
 |
4,74
ppr
Th
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
16,1
16,1
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
17,5
16,6
16,6
17,5
16,6
16,6
17,5
16,6
16,6
17,5
16,6
16,6
17,5
16,6
16,6
17,5
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
17,9
17,5
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16, | 4 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,09 0,05 0,96 0,63 0,63 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
 | W 0 0,55 0,61 0,71 2 0,65 0,67 1,97 8,46 0,54 0,68 0,42 4,311 1,83 | 45,8
Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9 | Vb 1,04 2,43 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,4 6,87 4,55 | 1
2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 1457 963 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
553 m
688 m
689 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m
675 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72

 | 88,8 d N ,2 23 ,4 1. ,7 96 ,5 15 ,9 6,5 ,1 8,7 ,4 54 ,7 14 ,5 14 ,5 14 ,5 12 ,6 27 ,5 65 ,6 5 ,6 3 | 0,5 0,5 ,3 1 2 3,3 4 27 ,8 32 52 10 77 8, 6 7, 6 7 4, 2 39, 4 10, 77 8, 6 7, 4 15

 | Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
3,9827
,3923
3,059
1,3863
1,2764
1,5535
5,2734 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61,5 132,5 134 15,7 8,32 49,3 36,5 15,7 | 8,46 4,51 28,2 15,7 28,2
 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 19 95,6 69,6 23,7 | Sc 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,5 11,6 2,69 6,39 2,52 21,7 18,4 6,66 | Sb 0 0 0,35 0,46 0,46 0,44 0,73 1,37 < L.D
 | 0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
0,37
0,37
0,40
0,25,13
0,50,20
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,13
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15
0,25,15,15
0,25,15,15
0,25,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15,15
 | 0 0 mpo: Sn 0,5 1,0,8 0,5 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,2 1,0,2 1,0,2 1,0,2 1,1,2 1,1,2 1,1,2 1,1,2 1,1,2 1,1,2 1,1,2
 | 3,44 3,44 sition 3 33 6 18 1 99, 8 86 3 36 1 111 5 89, 6 17, 2 19, 6 100, 7 120, 6 36, 7 120, 6 36,

 | z,cs 2,63 n Chin r T 3 0,7 3 1,4 7 0,4 06 3,4 4 0,9 15 3,4 2,4 0,0 00 0,72 5,77 3,4 4 1,4
 | 1,25 1,25 1,25 mique a T 28 0, 05 0, 71 0, 4 1, 99 0, 86 0, 14 1, 99 0, 86 0, 131 552 0, 46 0, 19 2 27 2, 22 0,
 | 14,1 14,1 6 14 55 57 44 55 73 73 73 73 73 73 73 74 702 73 73 73 73 73 73 73 74 702 74 702

 | 4,74
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16, | 4 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,14 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,09 0,05 0,96 0,63 0,16 0,16 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3 | 0,75
0,75
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
 | W 0 0,55 0,61 0,71 2 0,65 0,67 1,97 8,46 0,54 0,54 0,68 0,42 4,311 1,83 0,88 | 45,8
Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
0,4
6,87
4,55
1,26 | 1
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5 | 14,7 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 1457 963 717 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-05 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
553 m
681 m
681 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m
675 m
683,30 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
grigilite
argilite
argilite
argilite
argilite
grigilite
argilite
argilite
grigilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite | 6,72
6,72
0,72
6,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72
0,72

 | 88,8 d N .2 23 .4 1 .7 96 .6 32 .5 15 .9 6,5 .1 8,7 .4 54 .7 14 .5 14 .5 14 .5 14 .5 15 .6 27 .5 65 .0 45 .3 68 .8 11 | 1.1 0,5 11 ,3 1 2 3,3 9 ,4 27 8 32 10 7,6 7,7 8,6 8 16 7,7 1,7 2,2 3,1 1,7 2,3 3,7 1,4 1,5 7,5

 | 0,12
Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
,1792
7,4015
3,9827
,3923
3,059
4,3863
1,2764
1,2535
5,2734
,6888 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 9,61 32,5 134 15,7 8,461 9,612 36,4 15,7 8,47 8,32 49,33 36,5 15,7 6,17 |
94,2
94,2
24
35,7
8,46
4,51
20,7
56,1
15,7
56,1
15,7
56,1
16,4
39,1
19
95,6
69,6
69,6
23,7
19,8 | Sc 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,57 4,56 14,26 14,22 11,8 2,599 6,39 2,522 21,77 18,44 6,666 1,711 | Sb 0 0 0,355 0,466 0,388 0,441 0,733 1,377 < L.D
 | 0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
0,36
 | 0 mpo: Sn 0,5 0,5 0,8 0,5 1,0 1,10 1,0 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,4 1,5 <
 | 3,44 3,44 3,44 sition Sition </td <td>z,cos 2,63 n chili r T 3 1,1,1 3 1,4 0 3,4 0 9,0,4 0 9,0,4 0 9,0,4 0 0,0,4 0 0,0,15 3,4 2,2,2 4 2,0,2 0 0,0,2 0 0,2,3 15 3,4 2,5,5,7 3,44 1,1,1,2 2,5,7 3,44 1,1,1,2</td> <td>J,25 1,25 1,25 1,25 1,28 0,05 0,71 0,4 0,99 0,99 0,44 1,14 1,25 0,46 0,114 1,25 0,99 0,99 0,99 0,144 1,131 52 0,046 0,19 22,7 2,22 0,388</td> <td>14,1 e en b 0 52 2 59 2 59 2 44 2 44 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 74 2 73 2 74 2 73 2 74 2 73 2 74
2 73 2 74 2 73 2 74 2 75 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 3 3 3</td> <td>4,74
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,</td> <td>4 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,14 0,38 0,22 0,09 0,05 0,96 0,63 0,16 0,16 0,11</td> <td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
1,93
14,5
11,9
10,3
3,54</td> <td>V
V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48</td> <td>0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,657
1,97
8,466
0,677
1,97
8,466
0,654
0,658
0,42
4,311
1,833
0,888
0,39</td> <td>Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,399 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22</td> <td>Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,64 6,87 1,26 0,8</td> <td>1
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
14,9</td> <td>14,7
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285</td>
 | z,cos 2,63 n chili r T 3 1,1,1 3 1,4 0 3,4 0 9,0,4 0 9,0,4 0 9,0,4 0 0,0,4 0 0,0,15 3,4 2,2,2 4 2,0,2 0 0,0,2 0 0,2,3 15 3,4 2,5,5,7 3,44 1,1,1,2 2,5,7 3,44 1,1,1,2
 | J,25 1,25 1,25 1,25 1,28 0,05 0,71 0,4 0,99 0,99 0,44 1,14 1,25 0,46 0,114 1,25 0,99 0,99 0,99 0,144 1,131 52 0,046 0,19 22,7 2,22 0,388
 | 14,1 e en b 0 52 2 59 2 59 2 44 2 44 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 74 2 73 2 74 2 73 2 74 2 73 2 74 2 73 2 74 2 73 2 74 2 75 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 3 3 3

 | 4,74
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16, | 4 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,14 0,38 0,22 0,09 0,05 0,96 0,63 0,16 0,16 0,11 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
1,93
14,5
11,9
10,3
3,54 | V
V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
 | 0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,657
1,97
8,466
0,677
1,97
8,466
0,654
0,658
0,42
4,311
1,833
0,888
0,39 | Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,399 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 | Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,79 1,12 2,8 4,19 1,49 0,63 0,64 6,87 1,26 0,8 | 1
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
14,9 | 14,7
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-03 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 50-4 SHEA 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 22 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
669 m
669 m
672,50 m
663 m
672,50 m
672,50 m
673 m
663 m
673 m
663 m
673 m
663 m
663 m
663 m
675 m
663 m
66 | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
gright
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argi | 6,72
6,72
8,72
6,72
8,72
6,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72
8,72

 | 88,8 d N 2 23 4 12 7 96 6.6 32 5 15 9 6,5 1 8,7 1 8,7 1 8,7 1 8,7 1 8,7 1 8,7 1 8,7 1 8,7 1 8,7 5 122 6 27 5 5 0 455 3 68 8 11 3 12 | 0.5 0,5 0,3 1 ,3 1 2 3 ,3 9 ,4 27 ,8 32 16 73 ,6 7 ,6 7 ,7 2 ,7 2 ,7 2 ,7 2 3 ,7 2 3 ,7 2 3 ,7 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 <tr<
td=""><td>0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12</td><td>Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,32 49,33 36,5 15,7 6,17 19,9</td><td>B B 94,2 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 16,4 995,6 69,6 23,7 19,8 14,7 14,7</td><td>0,39
0,39
0,39
0,39
0,312
4,55
11,66
2,69
0
4,57
4,26
14,22
11,8
2,59
2,52
2,52
2,57
21,77
18,44
6,666
1,711
13,5</td><td>40,8
5b
0
0,35
0,46
0,38
0
0,44
0,73
1,37
< L.D
0,52
0
< L.D
0,3
< L.D
0,35
0
0
0,44
0,38
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0</td><td>0,36
0,36
CO
Sm
7,88
5,00
25,13
4,00
25,13
5,05
5,22
5,55
32,(
10,52
11,5,22
10,52
11,5,22
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55</td><td>B B C 0 Sn Sn Sn 0 0,5 I Sn I 0 0 Sn Sn Sn I 0 0 Sn I I Sn I Sn I Sn I Sn I Sn I I Sn I <tdi< td=""><td>3,44 3,44 sition 1 5 3 6 18 199 8 6 1 98 8 6 1 111 5 8 6 17 2 19 6 17 21 12 13 49 3 49 6 17 12 13 14 15 15 16 17 12 19 6 10 17 12 111 15 16 17 12 17 10</td><td>z,co 2,63 n chili r T 3 1,1,1 3 1,4 0 0,4 0 0,4 0 0,4 9 0,2 15 3,4 4 2,7 0 0,72 5,77 3,4 1,1,7 0,74</td><td>J,25 1,25 niquum a T 28 0, 55 0, 71 0, 99 0, 866 0, 14 1, 999 0, 866 0, 131 - 552 0, 9966 0, 19 2 272 2, 388 0 388 0 388 0</td><td>14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 15 139 141 155 144 155 144 155 144 155 144 141</td><td>4,74
1 ppn
Th
16,6
12,4
15,6
16,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
16,5
11
92
59,1
21,8
10,9
33,4</td><td>1 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,22 0,09 0,05
 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,44</td><td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2</td><td>0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,65
0,67
0,65
0,67
1,97
8,46
0,68
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26</td><td>Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,63 0,63 1,26 0,8 3,06</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,7,3 23,4 43,5 14,9 26</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 587 717 285 511</td></tdi<></td></tr<>
 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,32 49,33 36,5 15,7 6,17 19,9 | B B 94,2 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 16,4 995,6 69,6 23,7 19,8 14,7 14,7 | 0,39
0,39
0,39
0,39
0,312
4,55
11,66
2,69
0
4,57
4,26
14,22
11,8
2,59
2,52
2,52
2,57
21,77
18,44
6,666
1,711
13,5 | 40,8
5b
0
0,35
0,46
0,38
0
0,44
0,73
1,37
< L.D
0,52
0
< L.D
0,3
< L.D
0,35
0
0
0,44
0,38
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0

 | 0,36
0,36
CO
Sm
7,88
5,00
25,13
4,00
25,13
5,05
5,22
5,55
32,(
10,52
11,5,22
10,52
11,5,22
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,52
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
10,55
 | B B C 0 Sn Sn Sn 0 0,5 I Sn I 0 0 Sn Sn Sn I 0 0 Sn I I Sn I Sn I Sn I Sn I Sn I I Sn I <tdi< td=""><td>3,44 3,44 sition 1 5 3 6 18 199 8 6 1 98 8 6 1 111 5 8 6 17 2 19 6 17 21 12 13 49 3 49 6 17 12 13 14 15 15 16 17 12 19 6 10 17 12 111 15 16 17 12 17 10</td><td>z,co 2,63 n chili r T 3 1,1,1 3 1,4 0 0,4 0 0,4 0 0,4 9 0,2 15 3,4 4 2,7 0 0,72 5,77 3,4 1,1,7 0,74</td><td>J,25 1,25 niquum a T 28 0, 55 0, 71 0, 99 0, 866 0, 14 1, 999 0, 866 0, 131 - 552 0, 9966 0, 19 2 272 2, 388 0 388 0 388 0</td><td>14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 15 139 141 155 144 155 144 155 144 155 144 141</td><td>4,74
1 ppn
Th
16,6
12,4
15,6
16,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
16,5
11
92
59,1
21,8
10,9
33,4</td><td>1 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,22 0,09 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,44</td><td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2</td><td>0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,65
0,67
0,65
0,67
1,97
8,46
0,68
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26</td><td>Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,63 0,63 1,26 0,8 3,06</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,7,3 23,4 43,5 14,9 26</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 587 717 285 511</td></tdi<>
 | 3,44 3,44 sition 1 5 3 6 18 199 8 6 1 98 8 6 1 111 5 8 6 17 2 19 6 17 21 12 13 49 3 49 6 17 12 13 14 15 15 16 17 12 19 6 10 17 12 111 15 16 17 12 17 10
 | z,co 2,63 n chili r T 3 1,1,1 3 1,4 0 0,4 0 0,4 0 0,4 9 0,2 15 3,4 4 2,7 0 0,72 5,77 3,4 1,1,7 0,74

 | J,25 1,25 niquum a T 28 0, 55 0, 71 0, 99 0, 866 0, 14 1, 999 0, 866 0, 131 - 552 0, 9966 0, 19 2 272 2, 388 0 388 0 388 0
 | 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 15 139 141 155 144 155 144 155 144 155 144 141
 | 4,74
1 ppn
Th
16,6
12,4
15,6
16,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
16,5
11
92
59,1
21,8
10,9
33,4
 | 1 0,79 Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,22 0,09 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,44 | 29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13 | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2 | 0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,65
0,67
0,65
0,67
1,97
8,46
0,68
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26
 | Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,63 0,63 1,26 0,8 3,06 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,7,3 23,4 43,5 14,9 26 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 587 717 285 511 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 11-7 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 Shea 52 Shea 52 Shea 62 Shea 62 SHEA 11 SHEA 11 SHEA 11 SHEA 11 SHEA 11 SHEA 11 SHEA 51 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
553 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
704,80 m
683 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m
675 m
683,30 m
633 m
633 m
670,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
gright
argilite
gright
argilite
argilite
argilite
argilite
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gright
gr | 6,72
6,72
N(c
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12
43
30,
31,
31,
31,
31,
31,
31,
31,
31

 | 88,8 8 d N 2 23 4 1 7 96 6 32 5 15 9 6,1 9 6,2 9 6,1 9 6,2 7 14 5 15 6 27 5 65 3 688 8 11 3 12 7 47 | 0.5 0,5 0,3 1 ,3 1 2 3 ,3 9 ,4 27 ,8 32 10 77 8 72 10 7 10 7 10 7 10 7 10 11 12 13 14 15 7 11 12 13 14 15 12 13 14 15 13 14 15 15 13 14 15 15 13 14 15<

 | 0,12
0,12
0,12
Pb
,8748
,8429
,4077
7,8613
2,7537
0,5383
3,059
1,3863
1,2764
1,5535
5,2734
4,6888
8,8827 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 9,61 32,5 134 15,7 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,47 8,32 49,3 36,5 15,7 19,9 22,4 | B B 24 35,7 35,7 8,46
 4,51 20,7 28,2 15,7 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 16,4 39,1 19 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 67,1 | 0,39
0,39
0,39
0,39
0,312
4,55
11,66
2,69
0
4,57
4,26
14,22
11,8
2,59
2,52
2,52
2,57
18,4
6,666
1,711
13,5
9,02 | 1-10 40,8 5b 0 0,35 0,46 0,38 0 0,44 0,73 1,37 <
 | 0,36
0,36
CO
Sm
7,88
5,00
25,13
4,00
25,13
6,22
7,11
23,13
5,05
5,22
32,(
10,52
11,5,22
10,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,5,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
12,55
 | 0 0 Snn 0,5 0,5 1,0,8 0,5 1,0,1 1,1,0 1,1,0 1,1,0 1,5,4 1,0,2 1,0,1 1,0,2
 | 3,44 3,44 3,44 Sitior 1 5 3 6 1 8 6 1 99 8 8 6 7 8 6 7 8 99 8 8 6 7 8 9 9 8 9 8 9

 | z,c3 z,c3 <thz,c3< th=""> <thz,c3< th=""> <!--</td--><td>J,25 1,25 1,22 1,23 1,23 1,23 28 0,055 0,71 0,055 0,14 1,14 1,1999 0,066 0,144 131 552 0,066 0,19 2 2,22 0,388 0 322 17 0,</td><td>14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 50 43 (1) 59 39 57 44 55 44 55 73</td><td>4,74
1 ppn
Th
16,6
12,4
15,6
146,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
15,5
16,4
16,5
11,9
17,5
50,8
16,4
16,5
16,4
16,5
10,4
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5</td><td>Image: constraint of the second sec</td><td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
9,92
55,7
4,84
116
27,2
6,48
42,2
33,8</td><td>0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,54
0,65
0,67
1,97
8,46
0,54
0,65
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26
1,62</td><td>Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,42 0,63 0,4 6,87 1,26 3,006 2,19</td><td>2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
20,6
27,3
23,4
43,5
14,9
26
36,9</td><td>2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
145
78
145
7963
717
285
511
557</td></thz,c3<></thz,c3<>
 | J,25 1,25 1,22 1,23 1,23 1,23 28 0,055 0,71 0,055 0,14 1,14 1,1999 0,066 0,144 131 552 0,066 0,19 2 2,22 0,388 0 322 17 0,
 | 14,11 14,11 14,11 14,11 14,11 50 43 (1) 59 39 57 44 55 44 55 73
 | 4,74
1
ppn
Th
16,6
12,4
15,6
146,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,1
15,5
16,4
16,5
11,9
17,5
50,8
16,4
16,5
16,4
16,5
10,4
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5 | Image: constraint of the second sec | 29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8 | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
9,92
55,7
4,84
116
27,2
6,48
42,2
33,8 | 0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,54
0,65
0,67
1,97
8,46
0,54
0,65
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26
1,62
 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,42 0,63 0,4 6,87 1,26 3,006 2,19 | 2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
20,6
27,3
23,4
43,5
14,9
26
36,9 | 2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
145
78
145
7963
717
285
511
557 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-015 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 52 Shea 52 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 52 SHEA 51 SHEA 52 SHEA 51 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
660,8 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
687,50 m
681 m
689 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m
675 m
683,30 m
683,30 m
693 m
670,50 m
627,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
ar | 6,72
6,72
N(c
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
12
43
30,
31,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310,
310

 | 88,8 8 d N 2 23 4 1 7 96 6 32 5 15 9 6,18 9 6,18 7 14 5 16 5 12 6 27 5 65 3 688 8 11 3 12 7 47 6 12 7 27 | 0.5 0.5 0.5 11 2 3 ,3 1 2 3 ,3 9 ,4 27 ,8 320 52 10 7 8 3,2 8 ,6 8 ,7 14 ,7 21 ,4 15 ,7 24 ,7 21 ,4 15 ,7 21 ,4 15 ,7 21 ,4 15 ,7 21 ,3 22 ,3 22 ,3 22 ,3 22 ,3 22 ,3 22 ,3 22 ,3 22 ,3 22

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,47 8,32 49,33 36,5 15,7 9,99 22,4 145 | Rb 24 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 56,1 15,7 56,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 19 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 67,1 6,64 20,7
19,8 14,7 67,1 6,64 20,7 19,8 14,7 6,7,1 6,64 20,7 | 0,39
0,39
0,39
0,39
0
1,12
0
0
0
0
0
4,57
14,26
14,2
11,8
4,269
0,0
4,57
14,2
11,8
4,269
14,2
11,8
4,269
14,2
11,8
4,269
14,2
11,8
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2 | Sb 00 0,35 0,46 0,33 0,44 0,33 0,44 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53 0,53
 | O,36 O,36 O,36 Smm S,01 S,8,13 4,000 25,31 6,22 7,1 23,5,31 50,5 50,5 52,5 32,6 27,5,5 32,6 10,7 10,7 11,2,5 12,7,5 12,7,1 14 78,6
 | 0 0 Snn 0,5 0,5 1,0,8 0,5 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,1 1,0,2
 |
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,99
3,33
6,18
1,99
8,86
1,19
9,88
8,86
1,19
9,98
3,36
1,111
5,899
3,36
4,99
6,17
7,120
6,36
8,122
1,99
6,35
8,49
6,17
7,120
6,36
8,122
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,111
1,5
8,99
3,44
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
1
 | z,63 z,7 z,7 z,63 z,7
 | a T 1,255 T 1,265 T 1,255 T 28 0,05 0,055 0,71 0,14 1,999 14 1,1999 14 1,1 31 T 522 0,0 19 22 27,2,2 2,0 388 0 322 T 17 0,0 97 T 20 T
 | 14,1 14,1 e b

 | 4,7/2
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
146,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,11
192
121,8
10,9
33,4
122,4
122,4
121,8
10,9
121,8
10,9
121,8
10,9
122,4
122,4
123,4
122,4
123,4
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
124,4
125,6
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124 | Image: constraint of the second sec | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
2,2
2,2
4,48
10,4
10,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
2,54
2,54
2,54
2,54
2,54
2,54
2,54
2,54 | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
802
 | 0
W
0
0,55
0,61
0,71
2
0,65
0,67
1,97
8,46
0,68
0,42
4,31
1,83
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88
0,88 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
22,7,4 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
0,4
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
2,19
2,51 | 2n
0
17,2
28,6
22,4
14,3
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
23,4
43,5
23,4
43,5
23,4
26
36,9
25,1
14,9
26 | 2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
1447
1457
963
717
285
511
557
456 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-05 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 52 Shea 51 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
668,50 m
688,50 m
553 m
681 m
689 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m
675 m
683,30 m
693 m
670,50 m
627,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
gristins
gristins
gristins
intraclast | 6,72
6,72
8,72
24,
52,
24,
52,
24,
339,
32,
34,
34,
34,
34,
34,
34,
34,
34

 | 88,8 N d N .2 23 .4 1. .7 96 .6 32 .5 15 .9 6,5 .1 8,7 .4 5 .7 96 .7 14 .5 12 .6 5 .7 5 .7 5 .7 5 .7 14 .7 14 .7 14 .7 14 .7 14 .7 14 .7 14 .7 14 .7 14 .7 15 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 .7 . | 0.5 0.5 0.5 11 2 3 1 2 3 3 4 27 8 320 7 8 320 7 8 7 8 7 8 7 8 7 9 9 9 9 9 9 9 10 32 11 38 3 12 33 34 35 32 33 34 35

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | Pr 9,52 6,12 12,55 7,12 36,4 9,61 32,55 134 8,46 9,61 32,55 134 8,47 8,32 49,33 36,55 15,77 6,177 19,99 22,24 145 78,99 22,44 | Rb 24 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 56,1 15,7 56,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 16,4 39,1 19 95,6 62,6,7 19,8 14,7 6,6,4 22,5 4,7 6,6,4 22,5 39,70 | 0,39
0,39
0,39
0,39
0,31
2,59
0
0
4,57
11,6
2,69
0
4,57
4,26
4,26
14,2
11,8
4,26
14,2
11,8
4,26
14,2
11,8
4,26
14,2
11,8
4,26
14,2
14,2
11,8
4,26
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2
14,2 | Sb 0 0 0 0 0 0 0,38 0 0,46 0,38 0 0,44 0,73 1,37 < L.D

 | O,36 O,36 O,36 Smm S,01 S,8,13 4,000 25,31 6,22 7,11,5 5,5,5 32,6 11,5 5,5,7 32,6 10,7 12,7,5 10,7 12,7,5 12,7 14 78,6 40,9 20,5
 | 0 0 0 5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 1,5,4 1,5,4 1,5,4 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 <t< td=""><td>3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,99
8,86
1,99
8,86
1,19
9,88
4,99
6,17
7,85
1,111
5,89
3,36
6,17
7,85
1,111
5,89
3,36
6,17
7,85
1,111
5,89
3,36
6,17
7,120
6,36
8,122
3,50
7,122
6,36
8,122
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,</td><td>z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,2 77 0,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,2 15 3,4 2,0,7 3,7 4,4 1,1 2,7 7,7 0,0 1,2 2,7 3,1 4,1,4 2,1 2,2</td><td>a T 1,255 T 1,265 T a T z8 0,05 0,55 0,71 0,4 0,14 1,4 1,1999 0,866 0,144 31 T 552 0,0966 0466 0,19 227 2,2388 0322 T 1,7 0,997 1,7 0,737 32,8 2</td><td>IA,1 14,1 14,1 b 57 43 55 57 44 55 ,5 44 55 ,3 ,4 96 ,3 ,4 ,1
,1</td><td>4,7/2
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
146,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,11
192
121,8
10,9
33,4
122,8
10,9
33,4
122,4
122,4
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
124,4
125,6
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
125,11
121,8
124,4
124,4
125,12
124,8
124,4
124,4
125,12
124,8
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4</td><td>Image: 10,79 n Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,12 0,09 0,05 0,96 0,63 0,11 0,44 0,3 0,35 1,41 1,20</td><td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
14,8
73
27, 9</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190</td><td>0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,466
0,68
0,642
4,31
1,83
0,88
0,88
0,88
0,39
2,266
1,62
1,64
2,955</td><td>Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,63 0,4 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,51 9,24</td><td>2n
0
177,2
28,66
22,24
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
26,9
25,1
23,5
36,9
25,1
23,5
36,9
25,1
23,5
24,4
23,6
24,5
24,4
24,5
24,5
24,5
24,5
24,5
24,5</td><td>2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 1457 963 717 2557 456 897 526</td></t<> | 3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,99
8,86
1,99
8,86
1,19
9,88
4,99
6,17
7,85
1,111
5,89
3,36
6,17
7,85
1,111
5,89
3,36
6,17
7,85
1,111
5,89
3,36
6,17
7,120
6,36
8,122
3,50
7,122
6,36
8,122
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,125
1,
 | z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,2 77 0,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,2 15 3,4 2,0,7 3,7 4,4 1,1 2,7 7,7 0,0 1,2 2,7 3,1 4,1,4 2,1 2,2

 | a T 1,255 T 1,265 T a T z8 0,05 0,55 0,71 0,4 0,14 1,4 1,1999 0,866 0,144 31 T 552 0,0966 0466 0,19 227 2,2388 0322 T 1,7 0,997 1,7 0,737 32,8 2
 | IA,1 14,1 14,1 b 57 43 55 57 44 55 ,5 44 55 ,3 ,4 96 ,3 ,4 ,1 ,1

 | 4,7/2
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
146,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,11
192
121,8
10,9
33,4
122,8
10,9
33,4
122,4
122,4
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
125,6
124,4
124,4
125,6
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
125,11
121,8
124,4
124,4
125,12
124,8
124,4
124,4
125,12
124,8
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4
124,4 | Image: 10,79 n Tm 0,15 0,33 0,27 0,19 0,43 0,1 0,14 0,38 0,12 0,09 0,05 0,96 0,63 0,11 0,44 0,3 0,35 1,41 1,20 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
14,8
73
27, 9 | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
 | 0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,466
0,68
0,642
4,31
1,83
0,88
0,88
0,88
0,39
2,266
1,62
1,64
2,955 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,63 0,4 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,51 9,24 | 2n
0
177,2
28,66
22,24
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
26,9
25,1
23,5
36,9
25,1
23,5
36,9
25,1
23,5
24,4
23,6
24,5
24,4
24,5
24,5
24,5
24,5
24,5
24,5 | 2r 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 1457 963 717 2557 456 897 526 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-05 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 52 Shea 52 Shea 52 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
660,8 m
668,50 m
668,50 m
507 m
507 m
507 m
683,50 m
681 m
689 m
704,80 m
672,50 m
693 m
675 m
683,30 m
693 m
677,50 m
627,50 m
627,50 m
713 80 m
713 80 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
ar | 6,72
6,72
8,72
24,
52,
24,
52,
24,
13
32,
32,
33,
32,
33,
32,
33,
32,
34,
34,
32,
34,
32,
34,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32

 | 88,8 8 d N 2 23 4 1.1 7 96 6 32 5 15 9 6.5 1 8,7 4 54 7 14 5 12 6 27 5 65 0 45 3 68 3 11 7 47 6 12 9 95 6 66 6 9 9 12 | ii 0.5 0.5 0.5 iii 2 j,3 1 2 3 j,3 9 j,3 9 j,3 1 j,3 9 j,3 1 j,3 2 j,6 17 j,6 17 j,6 17 j,6 17 j,7 2 j,7 14 j,5 7 j,9 19 j,3 2 i 3 j,3 2 i 3 j,5 7 j,3 2 i 3 j,3 1 j,3 1 j,3 1 j,3 1 j,3 1 j,4 1 j,3 1 j,4 1 j,5

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | Pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 9,61 32,5 134 8,46 9,61 32,5 134 8,47 8,32 49,3 36,5 15,7 6,17 19,9 22,4 145 78,9 42,3 | Rb 24 35,7 8,46 4,51
20,7 28,2 15,7 56,1 25,7 56,1 25,7 56,1 26,2 15,7 56,1 99,6 23,7 19 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 6,64 22,5 8,79 0,45 | Sc Sc 3,12 4,5 4,5 11,6 2,699 0 4,57 4,26 14,22 14,22 14,23 2,599 2,522 21,77 18,44 6,66 1,711 13,55 9,002 14,11 16,99 13,44 | Sb O 0 0 0 0 0 0,38 0 0,44 0,73 0,38 0 0,44 0,73 0,137 < <td>LD 0 <<td>0,52 0 0,52 0 0,38 <<td>0,038 0,032 0,52 0 0 <<td>0,52 0,33 0,032 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 1 0 0</td><td>0,36
0,36
Co
Smm
7,8
8,13
4,00
25,5
12,5,5
5,5,5
32,6,6
27,5
11,5
5,22
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,</td><td>0 0 0 0 Snn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1,0 1,1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3</td><td>3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,51
3,33
6,18
1,82
1,99
9,97
8,86
3,36
1,11
1,12
5,89
3,49
6,17
1,11
5,89
3,49
6,17
1,21
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,12</td><td>z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,3 44 2,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,7 44 2,0,7 3,3 47 0,00 3,3 44 2,7,7 3,3 507 3,3 2,2,7 44 2,7,7 3,3 2,2,9</td><td>J.J. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,4 0,4 0,44 1,4 1,4 99 0,666 0,144 11 31 52 0,966 0,960 0,960 0,983 0,338 0,338 1,17 0,73 3,088 0,833 1,17</td><td>14,1 14,3 6 52 59 39 57 44 55 73
73</td><td>4,74
ppn
Th
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
192
21,8
10,9
33,4
32,4
12,9
33,4
32,4
12,9
36,4
197</td><td>Image: 10,79 Tm J 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,090 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39</td><td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
40,2
35,8
8,13</td><td>V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,8
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
840</td><td>0 W 0 0,555 0,611 2 0,655 0,671 1,977 8,466 0,642 0,658 0,642 0,688 0,422 4,331 1,833 0,389 2,266 1,622 1,644 2,954 2,414</td><td>Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104
117
6,29</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,64 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,24 8,47 9,24</td><td>2n
0
177,2
28,66
22,4
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
23,5
12,9
26
36,9
25,1
23,5
12,9
26
21,7
27,9
27,3
23,4
23,5
24,4
24,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25</td><td>2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285
511
557
456
897
536</td></td></td></td> | LD 0 < <td>0,52 0 0,52 0 0,38 <<td>0,038 0,032 0,52 0 0 <<td>0,52 0,33 0,032 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 1 0 0</td><td>0,36
0,36
Co
Smm
7,8
8,13
4,00
25,5
12,5,5
5,5,5
32,6,6
27,5
11,5
5,22
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,</td><td>0 0 0 0 Snn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1,0 1,1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3
1,3</td><td>3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,51
3,33
6,18
1,82
1,99
9,97
8,86
3,36
1,11
1,12
5,89
3,49
6,17
1,11
5,89
3,49
6,17
1,21
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,12</td><td>z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,3 44 2,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,7 44 2,0,7 3,3 47 0,00 3,3 44 2,7,7 3,3 507 3,3 2,2,7 44 2,7,7 3,3 2,2,9</td><td>J.J. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,4 0,4 0,44 1,4 1,4 99 0,666 0,144 11 31 52 0,966 0,960 0,960 0,983 0,338 0,338 1,17 0,73 3,088 0,833 1,17</td><td>14,1 14,3 6 52 59 39 57 44 55 73</td><td>4,74
ppn
Th
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
192
21,8
10,9
33,4
32,4
12,9
33,4
32,4
12,9
36,4
197</td><td>Image: 10,79 Tm J 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,090 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39</td><td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
40,2
35,8
8,13</td><td>V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,8
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
840</td><td>0 W 0 0,555 0,611 2 0,655 0,671 1,977 8,466 0,642 0,658 0,642 0,688 0,422 4,331 1,833 0,389 2,266 1,622 1,644 2,954 2,414</td><td>Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104
117
6,29</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,64 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,24 8,47 9,24</td><td>2n
0
177,2
28,66
22,4
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
23,5
12,9
26
36,9
25,1
23,5
12,9
26
21,7
27,9
27,3
23,4
23,5
24,4
24,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25</td><td>2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285
511
557
456
897
536</td></td></td> | 0,52 0 0,52 0 0,38 < <td>0,038 0,032 0,52 0 0 <<td>0,52 0,33 0,032 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 1 0
0</td><td>0,36
0,36
Co
Smm
7,8
8,13
4,00
25,5
12,5,5
5,5,5
32,6,6
27,5
11,5
5,22
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,</td><td>0 0 0 0 Snn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1,0 1,1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3</td><td>3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,51
3,33
6,18
1,82
1,99
9,97
8,86
3,36
1,11
1,12
5,89
3,49
6,17
1,11
5,89
3,49
6,17
1,21
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,12</td><td>z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,3 44 2,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,7 44 2,0,7 3,3 47 0,00 3,3 44 2,7,7 3,3 507 3,3 2,2,7 44 2,7,7 3,3 2,2,9</td><td>J.J. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,4 0,4 0,44 1,4 1,4 99 0,666 0,144 11 31 52 0,966 0,960 0,960 0,983 0,338 0,338 1,17 0,73 3,088 0,833 1,17</td><td>14,1 14,3 6 52 59 39 57 44 55 73</td><td>4,74
ppn
Th
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
192
21,8
10,9
33,4
32,4
12,9
33,4
32,4
12,9
36,4
197</td><td>Image: 10,79 Tm J 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,090 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39</td><td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
40,2
35,8
8,13</td><td>V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,8
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
840</td><td>0 W 0 0,555 0,611 2 0,655 0,671 1,977 8,466 0,642 0,658 0,642 0,688 0,422 4,331 1,833 0,389 2,266 1,622 1,644 2,954 2,414</td><td>Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104
117
6,29</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,64 6,87 4,55 1,26
 0,8 3,06 2,19 2,24 8,47 9,24</td><td>2n
0
177,2
28,66
22,4
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
23,5
12,9
26
36,9
25,1
23,5
12,9
26
21,7
27,9
27,3
23,4
23,5
24,4
24,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25</td><td>2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285
511
557
456
897
536</td></td> | 0,038 0,032 0,52 0 0 < <td>0,52 0,33 0,032 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 1 0 0</td> <td>0,36
0,36
Co
Smm
7,8
8,13
4,00
25,5
12,5,5
5,5,5
32,6,6
27,5
11,5
5,22
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,</td> <td>0 0 0 0 Snn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1,0 1,1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3</td> <td>3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,51
3,33
6,18
1,82
1,99
9,97
8,86
3,36
1,11
1,12
5,89
3,49
6,17
1,11
5,89
3,49
6,17
1,21
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,12</td> <td>z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,3 44 2,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,7 44 2,0,7 3,3 47 0,00 3,3 44 2,7,7 3,3 507 3,3 2,2,7 44 2,7,7 3,3 2,2,9</td> <td>J.J. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,4 0,4 0,44 1,4 1,4 99 0,666 0,144 11 31 52 0,966 0,960 0,960 0,983 0,338 0,338 1,17 0,73 3,088 0,833 1,17</td> <td>14,1 14,3 6 52 59 39 57 44 55 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73 73
 73 73</td> <td>4,74
ppn
Th
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
192
21,8
10,9
33,4
32,4
12,9
33,4
32,4
12,9
36,4
197</td> <td>Image: 10,79 Tm J 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,090 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39</td> <td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
40,2
35,8
8,13</td> <td>V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,8
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
840</td> <td>0 W 0 0,555 0,611 2 0,655 0,671 1,977 8,466 0,642 0,658 0,642 0,688 0,422 4,331 1,833 0,389 2,266 1,622 1,644 2,954 2,414</td> <td>Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104
117
6,29</td> <td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,64 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,24 8,47 9,24</td> <td>2n
0
177,2
28,66
22,4
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
23,5
12,9
26
36,9
25,1
23,5
12,9
26
21,7
27,9
27,3
23,4
23,5
24,4
24,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25</td> <td>2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285
511
557
456
897
536</td> | 0,52 0,33 0,032 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 0 0 0,52 0 0,52 1 0 0

 | 0,36
0,36
Co
Smm
7,8
8,13
4,00
25,5
12,5,5
5,5,5
32,6,6
27,5
11,5
5,22
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,
 | 0 0 0 0 Snn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1,0 1,1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3
 | 3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,51
3,33
6,18
1,82
1,99
9,97
8,86
3,36
1,11
1,12
5,89
3,49
6,17
1,11
5,89
3,49
6,17
1,21
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
6,107
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,122
7,12 | z,63 z,63 n chin r T 3 0,0,0 33 1,1,7 0,0 0,4 0,0 66 3,3,4 2,2,3 44 2,0,0 0,0,0 15 3,4 2,2,7 44 2,0,7 3,3 47 0,00 3,3 44 2,7,7 3,3 507 3,3 2,2,7 44 2,7,7 3,3 2,2,9
 | J.J. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,4 0,4 0,44 1,4 1,4 99 0,666 0,144 11 31 52 0,966 0,960 0,960 0,983 0,338 0,338 1,17 0,73 3,088 0,833 1,17 | 14,1 14,3 6 52 59 39 57 44 55 73 | 4,74
ppn
Th
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
192
21,8
10,9
33,4
32,4
12,9
33,4
32,4
12,9
36,4
197 | Image: 10,79 Tm J 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,090 0,05 0,966 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
40,2
35,8
8,13 | V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,7
13,1
13,2
48,8
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
840
 | 0 W 0 0,555 0,611 2 0,655 0,671 1,977 8,466 0,642 0,658 0,642 0,688 0,422 4,331 1,833 0,389 2,266 1,622 1,644 2,954 2,414 | Y
11,2
19,6
20
15,7
25,5
6,08
7,08
23,2
42,1
14,3
5,39
3,49
58,8
40,9
9,08
7,22
27,4
18,7
24,1
104
117
6,29 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 0,63 0,64 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,24 8,47 9,24 | 2n
0
177,2
28,66
22,4
14,3
0
0
0
19,5
22,4
69,8
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
20,6
27,3
23,4
43,5
22,6
23,5
12,9
26
36,9
25,1
23,5
12,9
26
21,7
27,9
27,3
23,4
23,5
24,4
24,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
23,5
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25,1
25 | 2r
336
1251
388
280
414
508
627
594
1218
587
278
144
1457
963
717
285
511
557
456
897
536 |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-02 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 52 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 21 SHEA 51 SHEA 22 SHEA 21 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 22 SHEA 51 SHEA 70-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 She 13 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
507 m
553 m
681 m
688 m
688 m
672,50 m
330,60 m
672,50 m
683,30 m
673 m
672,50 m
673,50 m
673,50 m
673,50 m
673,50 m
672,50 m
627,50 m
627,50 m
627,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
13
39,
14
52,
26,
13
32,
26,
13
32,
26,
13
32,
38,
12
26,
38,
31,
32,
38,
31,
30,
31,
31,
30,
31,
32,
38,
31,
32,
38,
31,
31,
30,
31,
31,
31,
31,
31,
31,
31,
31

 | 88,8 d N d. 1 d. 7 g6 32 5 15 9 6.5 1 8.7 1 8.7 5 14 5 14 5 14 5 14 5 14 5 14 5 15 6 27 7 14 5 14 5 15 6 27 7 14 5 14 5 14 5 14 5 15 6 12 9 95 6 66 9 12 9 5 | Image: Non-Section 1 Image: Non-Section 1 ii j,3 1 j,3 1 j,3 1 j,3 9 j,3 9 j,3 9 j,3 8 j,3 8 j,3 8 j,4 j,3 9 j,6 17 j,6 17 j,7 j,4 j,7 j,3 j,3 j,3 j,3 j,3 j,3 j,3

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | 7,12
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
132,5
134
15,7
8,47
8,32
49,3
36,5
15,7
6,17
19,9
22,4
145
78,9
42,3
49,5
22,4
145
78,9 | Rb 24 35,7 8,46 20,7 28,2 15,7 56,1 20,7 16,4 39,1 19 95,6
 69,6 23,7 19,8 19,7 95,6 69,6 23,7 19,8 6,6,4 22,5 8,79 0,455 8,79 0,453 | Sc Sc 3,12 4,5 4,5 11,66 2,69 0 4,57 4,56 14,26 14,22 11,8 2,592 2,17 18,44 6,639 2,522 21,77 18,44 6,666 1,711 13,55 9,022 14,11 16,99 13,4 14,69 13,4 14,15 | Sb 0
 | 0,36
0,36
Co
Smm
7,88,13
4,00
25,5,02
8,13
4,00
25,5,02
12,5,5
5,5,22
10,55
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5
12,5,5,5
12,5,5,5
12,5,
 | 0 0 Sn 0,5 0,5 1 0,5 1 0,5 1 0,5 1
 | 3,44
3,44
3,44
3,44
1,5
3,33
6,18
1,8
1,8
1,9
9,3
4,1
1,9
1,9
1,9
1,9
1,9
1,9
1,9
1

 | z,63 z,63 z ,63 r T T 3 0,7 0,7 3 1,1,7 7 0,2,3 1,1,7 0,4 9 0,15 3,4 2,2,3 4 2,7 0 0,0 8 0,0 0 0,0 4 2,5,7 3,4 1,2,7 0,0 0,4 2,7 0,5 7 3,3 2,4 2,5,77 3,3 2,4 1,2,7 1,2,7 0,657 3,3 3 2,6,9 6,757 9 1,3 2,6,9
 | J.J. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,99 0,4 0,4 1,4 1,799 0,44 1,31 52 0,12 2,72 0,32 73 3,08 3,33 1,73 3,73
 | 14,1 14,1 14,1 52 59 59 39 57 44 55 73

 | 4,7-7
ppn
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
13,4
17,9
13,4
16,1
5,11
92
50,8
16,4
16,1
5,11
92
13,4
16,1
5,11
92
13,4
16,4
16,5
10,9
10,9
13,4
14,2
13,4
14,7
14,7
15,6
13,4
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
16,6
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
17,9
17,5
10,8
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7 | Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,33 0,17 0,19 0,43 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,05 0,063 0,16 0,11 0,34 0,35 1,41 1,39 6,05 0,43 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
11,8
8,13
14,8
73
40,2
35,8
87,1
16,8 | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
8,48
803
190
412
840
195
195
195
195
195
195
195
195
 | 0
W
0,555
0,61
2
0,655
0,67
1,97
8,464
0,688
0,422
4,311
1,833
0,888
0,399
2,266
1,624
1,624
1,624
2,955
2,444
21,153 | Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 9,08 7,22 27,4 18,7 104 117 629 341 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
8,47
33,55
2,75 | I Zn 0 17,22 28,66 22,44 19,55 22,46 69,88 22,66 20,66 27,73 23,44 43,55 14,99 26,69 25,51 12,99 17,73 20,6 22,51 23,5 12,99 17,73 | 14,7 Zr 336 12511 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 144 587 278 144 587 278 144 5963 963 717 285 511 557 456 897 536 1522 304 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-03 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 22 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
507 m
553 m
681 m
681 m
672,50 m
672,50 m
673,50 m
673,50 m
673,50 m
673,50 m
673,50 m
673,50 m
672 m
713,80 m
678 m
678 m
678 m
620,40 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72
6,72
8,72
9,24,
52,
26,6
13
32,
26,6
13
32,
38,
12
43
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
32,
38,
32,
32,
38,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32

 | 88,8 d N d. 1 d. 7 d. 1 | 0.5 0.5 0.5 0.5 0.3 1 2 3,3 9 52 16 77 8,8 32 32 36 77 8,6 77 8,6 7,7 16 7,7 2,3 2,3 3,3 4 13 3,3 14 4,1 13 3,3 14 4,6 22 3,3 14 4,6 29 20,6 32 34 4,6 29 20,6 32,5 4,6 2,3 2,4 3,3 4,4 <td>0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12</td> <td>pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,32 49,33 36,5 15,7 6,17 19,9 22,4 144 15,7 6,17 19,9 22,4 145 78,9 42,3 49,9 5,9 52,6 52,6</td> <td>Rb 24 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 25,1 16,4 39,1 19 95,6 63,6 22,5 14,7 67,1 9,6 22,5 8,79 0,45 44,3 27,3</td> <td>Sc 3,12 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,57 4,57 4,57 4,57 4,26 14,2 14,2 2,59 6,39 2,52 21,7 18,4 6,666 1,71 13,5 13,4 14,1 16,9 13,4 10,7 9,78</td> <td>Sb 0 0 0 0 0 0 0,355 0,365 0,38 0 0,373 1,377 < L.D</td> 0 0,529 0 0,529 0 0,529 0 0,529 0,488 2,15

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | pr 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,32 49,33 36,5 15,7 6,17 19,9 22,4 144 15,7 6,17 19,9 22,4 145 78,9 42,3 49,9 5,9 52,6 52,6 | Rb 24 35,7 8,46 4,51 20,7 28,2 15,7 25,1 16,4 39,1 19 95,6 63,6 22,5 14,7 67,1 9,6 22,5 8,79 0,45 44,3 27,3
 | Sc 3,12 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,57 4,57 4,57 4,57 4,26 14,2 14,2 2,59 6,39 2,52 21,7 18,4 6,666 1,71 13,5 13,4 14,1 16,9 13,4 10,7 9,78 | Sb 0 0 0 0 0 0 0,355 0,365 0,38 0 0,373 1,377 < L.D
 | J. J. J. 0.36 Sm 7,8 5,00 8,13 5,00 8,13 5,00 8,13 5,00 8,13 5,00 8,13 5,00 8,13 5,00 8,13 5,00 9,00 6,22 7,1 2,5,5 32,0 2,5,27 32,1 10,9 10,9 12,5,27 32,1 10,9 26,5,21 14,7 78,6 40,9 26,2,62 26,2 28,4,40,9 26,6,0 32,8 60 32,8 60
 | 0 0 Sn 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0,8 0,5 1,0,1 1,1,0 1,1,0 1,5,4 1,0,0 1,5,4 1,0,0 1,5,4 1,2,2 0,7,5 1,2,2 0,7,5 1,2,2 1,3,1 1,2,2 1,1,2 1,3,1 1,3,2 1,1,2 1,1,2 1,1,2 1,1,3 1,3,1 1,3,1 1,3,1 1,3,1 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 <tr< td=""><td>3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,54
3,34
1,84
1,99
8,86
3,36
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11</td><td>z,63 z,63 z,63 0,7 3 0,7 3 1,1,7 0,7,4 0,0 0,7,4 0,0 15 3,4 4 0,0 15 3,4 4 0,7 7 0,7 4 1,2,7 7 0,7 4 1,2,7 7 3,2,7 3 2,2,7 3 2,2,9 6,7 3,3 2,9
2,6,3 3 2,2,9 9 2,9,9 3 2,2,9 9 3,2,9</td><td>a T 1,25 1,25 1,28 0, a T 1,28 0, 0,55 0, 0,71 0,,4 0,14 1, 999 0, 86 0, 14 1, 31 : 522 0, 996 0 46 0, 227 2, 222 0, 388 0 32 : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : <td>IA,1 14,1 14,1 2 5 39 57 44 55 55 55 44 3 2 0 73 3 29 02 43 3 44 3 29 02 13 3 4 3 4 3 4 1 3 4 3 4 3 4 11 12 33 45 45 494</td><td>4,7/2 ppn Th 5,01 16,6 12,4 15,6 146,2 13,4 17,9 47,5 50,8 16,6 16,6 16,7 17,9 47,5 50,8 16,4 16,1 51,11 92 59,1 21,8 10,9 33,4 32,2 412,9 566,4 37,4 197 13,2 58,8</td><td>Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,15 0,13 0,14 0,38 0,14 0,38 0,66 0,09 0,01 0,43 0,35 1,41 1,39 6,052 0,433</td><td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4</td><td>V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
9,92
55,7
4,84
116
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
412
840
19,5
42,1</td><td>0
0,555
0,611
2
0,655
0,677
1,977
8,466
0,544
0,648
0,424
4,311
1,833
0,888
0,349
2,265
1,664
2,955
2,444
2,955
2,444
2,153
1,088</td><td>Y 11,2 19,6 20 15,7 20,6 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 104 117 629 34,1 36,66</td><td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,00
2,51
9,24
8,47
33,55
2,75
6,21</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 23,4 43,5 14,9 26 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 32,5</td><td>14,7 Zr 336 12511 388 280 414 508 627 594 141 508 627 597 587 278 144 587 278 144 563 717 285 511 557 536 897 536 1522 304 1655</td></td></tr<> |
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,54
3,34
1,84
1,99
8,86
3,36
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
1,11
 | z,63 z,63 z,63 0,7 3 0,7 3 1,1,7 0,7,4 0,0 0,7,4 0,0 15 3,4 4 0,0 15 3,4 4 0,7 7 0,7 4 1,2,7 7 0,7 4 1,2,7 7 3,2,7 3 2,2,7 3 2,2,9 6,7 3,3 2,9 2,6,3 3 2,2,9 9 2,9,9 3 2,2,9 9 3,2,9
 | a T 1,25 1,25 1,28 0, a T 1,28 0, 0,55 0, 0,71 0,,4 0,14 1, 999 0, 86 0, 14 1, 31 : 522 0, 996 0 46 0, 227 2, 222 0, 388 0 32 : : : : : : : : : : : : :
 : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : <td>IA,1 14,1 14,1 2 5 39 57 44 55 55 55 44 3 2 0 73 3 29 02 43 3 44 3 29 02 13 3 4 3 4 3 4 1 3 4 3 4 3 4 11 12 33 45 45 494</td> <td>4,7/2 ppn Th 5,01 16,6 12,4 15,6 146,2 13,4 17,9 47,5 50,8 16,6 16,6 16,7 17,9 47,5 50,8 16,4 16,1 51,11 92 59,1 21,8 10,9 33,4 32,2 412,9 566,4 37,4 197 13,2 58,8</td> <td>Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,15 0,13 0,14 0,38 0,14 0,38 0,66 0,09 0,01 0,43 0,35 1,41 1,39 6,052 0,433</td> <td>U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4</td> <td>V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
9,92
55,7
4,84
116
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
412
840
19,5
42,1</td> <td>0
0,555
0,611
2
0,655
0,677
1,977
8,466
0,544
0,648
0,424
4,311
1,833
0,888
0,349
2,265
1,664
2,955
2,444
2,955
2,444
2,153
1,088</td> <td>Y 11,2 19,6 20 15,7 20,6 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 104 117 629 34,1 36,66</td> <td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,00
2,51
9,24
8,47
33,55
2,75
6,21</td> <td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 23,4 43,5 14,9 26 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 32,5</td> <td>14,7 Zr 336 12511 388 280 414 508 627 594 141 508 627 597 587 278 144 587 278 144 563 717 285 511 557 536 897 536 1522 304 1655</td>
 | IA,1 14,1 14,1 2 5 39 57 44 55 55 55 44 3 2 0 73 3 29 02 43 3 44 3 29 02 13 3 4 3 4 3 4 1 3 4 3 4 3 4 11 12 33 45 45 494
 | 4,7/2 ppn Th 5,01 16,6 12,4 15,6 146,2 13,4 17,9 47,5 50,8 16,6 16,6 16,7 17,9 47,5 50,8 16,4 16,1 51,11 92 59,1 21,8 10,9 33,4 32,2 412,9 566,4 37,4 197 13,2 58,8 | Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,15 0,13 0,14 0,38 0,14 0,38 0,66 0,09 0,01 0,43 0,35 1,41 1,39 6,052 0,433 | U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
 | V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
9,92
55,7
4,84
116
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
412
840
19,5
42,1 | 0
0,555
0,611
2
0,655
0,677
1,977
8,466
0,544
0,648
0,424
4,311
1,833
0,888
0,349
2,265
1,664
2,955
2,444
2,955
2,444
2,153
1,088 | Y 11,2 19,6 20 15,7 20,6 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 104 117 629 34,1 36,66 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
4,19
1,49
0,63
0,4
4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,00
2,51
9,24
8,47
33,55
2,75
6,21 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 22,6 23,4 43,5 14,9 26 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 32,5 | 14,7 Zr 336 12511 388 280 414 508 627 594 141 508 627 597 587 278 144 587 278 144 563 717 285 511 557 536 897 536 1522 304 1655 | | |
 | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 22 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 22 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 She 130 Shea 101 Shea 101 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
673 m
673 m
673 m
675 m
663 m
672,50 m
663 m
672 m
713,80 m
672 m
672 m
713,80 m
672 m
672 m
713,80 m
672 m
672 m
672 m
713,80 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
713,80 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
673 m
673 m
673 m
673 m
673 m
673 m
673 m
672 m
673 m
674 m
774 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72
6,72
8,72
9,72
13
39,
24,
52,
26,
13
39,
12
38,
12
43
38,
12
43
38,
12
43
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
31,
30,
57,
60,
31,
30,
57,
60,
13,
13,
32,
43,
38,
12,
26,
13,
32,
43,
38,
12,
26,
13,
32,
43,
34,
52,
52,
60,
13,
31,
32,
43,
34,
52,
52,
52,
52,
52,
52,
52,
52,
52,
52

 | 88,8 d N d 1 7 96 6.6 32 5 15 9 6,5 1 1,8 4 54 5 12 6 27 5 65 0 45 3 68 3 11 7 7 4 52 5 65 0 45 3 68 11 3 7 47 6 12 7 152 6 66 9 12 7 15 6 62 9 12 7 15 | Image: constraint of the system 0,5 0,5 0,3 1 2 3,3 3,3 9 4,27 7,8 32 16 7,7 8,6 6 7,7 1,3 2,3 1,3 1,3 1,4 1,5 7,7 1,3 2,3 1,3 2,4 1,3 2,3 1,3 3,3 1,3
2,3 3,3 4,6 2,2 3,3 4,6 2,2 3,3 4,6 2,2 3,3 4,3 4,3

 | 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 0,12 8,8748 8,429 7,8613 2,7537 7,8613 2,7537 7,8613 3,059 3,863 1,2764 5,2734 9,8827 3,2342 3,7791 2,6321 7,7612 2,6321 9,9701 0,491 | pr 9,52 6,12 6,12 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,47 8,46 5,617 19,9 22,4 49,3 36,5 15,7 7,8,9 42,3 36,5 15,7 9,99 22,4 49,3 49,9 85,9 9,52,6 16,1 | Rb 24 35,7 8,466 4,511 20,7 28,22 15,7 56,11 16,4 39,11 16,64 22,52 8,79 0,45 8,79 0,45 27,33 27,33 29,9 | Sc 3,12 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,57 4,57 14,26 14,2 14,2 2,59 6,39 2,52 21,7 18,4 6,666 1,711 13,5 9,002 14,4 16,9 13,4 14,57 10,7 9,78 5,75 | Sb 0

 | O.36 Co 36 5,07 8,13 5,07 8,13 5,07 8,13 5,07 8,13 5,07 8,13 5,07 6,22 7,11 5,527 32,67 14,75,57 12,27,9 14,75,67 72,6,7 28,40,9 600 32,8,8 8,22
 | 0 0 sn 0,5 0,8 0,5 1,0,0 1,0,1 1,0 1,0 1,0 1,1,0 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,1,1
 | 3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,8
1,8
1,8
1,8
1,8
1,8
1,8
1,8
 | z,cas z,cas </td <td>j,j,j,lip 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,14 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 1,27 0,05 1,4 1,1 1,25 0,06 0,096 0,096 0,096 0,19 2,27 2,22 0,032 117 0,332 117 0,332 117 0,332 123 133 14 1,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 <td>14,1 14,1 2 1 5 39 2 5 2 2 1 55 4 2 1 7 4 2 1 7 4 2 1 7 2 1 3 2 7 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2
 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 3 2 1 3 3 2 1 3 3 2 1 1 3 3 4 1</td><td>4,7/2 ppn Th 5,01 16,6 12,4 15,6 146,2 13,4 17,9 47,75 50,8 16,1 5,11 992 59,1 21,8 10,9 33,4 32,4 42,9 56,4 37,4 197 43,2 58,8 26,4</td><td>Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,17 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,96 0,63 0,16 0,30 0,11 0,44 0,33 0,34 0,35 0,11 0,44 0,33 0,36 0,11 0,44 0,33 0,55 0,43 0,96 0,25</td><td>29,4
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4</td><td>V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
48,7
13,2
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
412
840,1
190
412
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5</td><td>0
W
0,555
0,61
0,71
2
0,657
1,97
1,97
8,466
0,687
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98</td><td>¥5,8 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 57,72 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 13,5</td><td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 3,02 0,73 3,02 1,12 2,8 4,19 1,449 0,63 0,4 6,87 4,555 1,26 0,8 3,06 2,19 2,241 8,47 33,5 2,755 6,211 1,93</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 20,6 27,3 23,4 43,5 26,3 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26,5 <</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 280 414 508 527 594 1218 587 278 511 557 456 511 557 456 1522 304 1655 397</td></td>
 | j,j,j,lip 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,14 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 1,27 0,05 1,4 1,1 1,25 0,06 0,096 0,096 0,096 0,19 2,27 2,22 0,032 117 0,332 117 0,332 117 0,332 123 133 14 1,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 12,3 <td>14,1 14,1 2 1 5 39 2 5 2 2 1 55 4 2 1 7 4 2 1 7 4 2 1 7 2 1 3 2 7 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 3 2 1 3 3 2 1 3 3 2 1 1 3 3 4 1</td> <td>4,7/2 ppn Th 5,01 16,6 12,4 15,6 146,2 13,4 17,9 47,75 50,8 16,1 5,11 992 59,1 21,8 10,9 33,4 32,4 42,9 56,4 37,4 197 43,2 58,8 26,4</td> <td>Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,17 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,96 0,63 0,16 0,30 0,11 0,44 0,33 0,34 0,35 0,11 0,44 0,33 0,36 0,11 0,44 0,33 0,55 0,43 0,96 0,25</td> <td>29,4
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4</td>
<td>V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
48,7
13,2
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
412
840,1
190
412
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5</td> <td>0
W
0,555
0,61
0,71
2
0,657
1,97
1,97
8,466
0,687
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98</td> <td>¥5,8 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 57,72 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 13,5</td> <td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 3,02 0,73 3,02 1,12 2,8 4,19 1,449 0,63 0,4 6,87 4,555 1,26 0,8 3,06 2,19 2,241 8,47 33,5 2,755 6,211 1,93</td> <td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 20,6 27,3 23,4 43,5 26,3 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26,5 <</td> <td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 280 414 508 527 594 1218 587 278 511 557 456 511 557 456 1522 304 1655 397</td> | 14,1 14,1 2 1 5 39 2 5 2 2 1 55 4 2 1 7 4 2 1 7 4 2 1 7 2 1 3 2 7 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 3 2 1 3 3 2 1 3 3 2 1 1 3 3 4 1

 | 4,7/2 ppn Th 5,01 16,6 12,4 15,6 146,2 13,4 17,9 47,75 50,8 16,1 5,11 992 59,1 21,8 10,9 33,4 32,4 42,9 56,4 37,4 197 43,2 58,8 26,4 | Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,17 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,96 0,63 0,16 0,30 0,11 0,44 0,33 0,34 0,35 0,11 0,44 0,33 0,36 0,11 0,44 0,33 0,55 0,43 0,96 0,25 | 29,4
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4
19,4 |
V
18,4
34,3
535
27
13,1
13,2
48,7
13,2
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
190
412
840,1
190
412
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5
19,5 | 0
W
0,555
0,61
0,71
2
0,657
1,97
1,97
8,466
0,687
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98 | ¥5,8 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 57,72 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 13,5 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 3,02 0,73 3,02 1,12 2,8 4,19 1,449 0,63 0,4 6,87 4,555 1,26 0,8 3,06 2,19 2,241 8,47 33,5 2,755 6,211 1,93 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 20,6 27,3 23,4 43,5 26,3 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26,5 < | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 280 414 508 527 594 1218 587 278 511 557 456 511 557 456 1522 304 1655 397 | | | |
 |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-05 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 50-4 SHEA 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 22 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 Shea 101 Shea 111-7 Shea 111-7 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
67,50 m
672,50 m
683,30 m
672,50 m
663 m
663 m
663 m
663 m
672 m
713,80 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
673 m
673 m
663 m
674 m
677 m
678 m
677 m
677 m
678 m
677 m
677 m
678 m
677 m
677 m
677 m
677 m
677 m
677 m
675 m
677 m
670 m
670 m
677 m
670 m
677 m
670 m
677 m
670 m
670 m
677 m
670 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72 6,72 244,0 39,9 244,1 52,2 26,13 32,2 26,13 32,2 26,13 32,2 26,13 32,2 26,13 32,2 26,13 32,2 26,13 32,2 26,13 32,3

 | 88,8 d N 2 23 4 1 7 96 5 15 9 6,5 1 1,8 4 54 7 14 5 12 6 27 5 65 0 45 3 68 13 11 7 7 6 66 9 95 6 66 9 12 7 15 6 62 9 15 6 62 6 62 | 1.1 0.5 0.3 0.5 1.3 1 2 3 3 9 4 2.7 8 322 10.6 7.7 8.6 6 7.7 8.7 7.2 2.31 7.7 2.4 7.3 2.7 9 1.9 9.3 2.2 9.3 2.2 9.4 2.33 1.4 4.15 5.7 7.9 9 1.9 9.2 2.0 6.6 3.2 9 2.0 7.6 3.3 4 3.3 4
3.3 4 3.3 4 3.3 4 3.3 4 3.3 4 3.3 4 3.3 4 3.3 4 3.3

 | 0,12
Pb
8,8748
8,8429
4,4077
7,8613
2,7537
7,8613
2,7537
7,8613
2,7537
7,8613
3,2754
3,922
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3,059
3, | Pr 9,52 6,12 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 1134 15,7 8,42 49,33 36,5 15,7 19,9 22,4 49,3 36,5 15,7 19,9 22,4 49,9 85,9 52,6 16,11 83,82 | Rb 24 35,7 36,7 26,7 35,7 26,7 26,7 26,7 26,7 26,7 26,1 16,4 39,1 19 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 6,64 22,5 8,79 0,45 44,3 27,3 29,9 7 | Sc Sc 3,12 3,12 4,55 3,12 11,6 2,69 0 4,56 14,26 14,2 11,6 2,52 21,7 18,4 6,639 2,52 21,71 13,5 9,02 14,1 16,9 13,4 14,5 10,7 9,78 5,75 18 18 | Sb 0

 | O.36 Co 0.36 Sm 7,8 5,00 8,113 4,00 25,; 6,22 7,11,15 50,5 50,5 50,5 50,5 51,27,5 32,6,4 40,9 26,2 28,4 40,9 26,2 28,4 600 32,8,4 8,228,4 42,1
 | 0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 1,0,5 1,1,5 1,0,1 1,1,0 1,1,0 1,1,0 1,1,0 1,1,0 1,1,2 0,7 3,3,2 0,7,5 1,2,2 0,7,7 3,4,2 1,3,3 1,3,3 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,
 | 3,44 sition 3,34 sition 3,34 sition 1 5 3 3 3 3 3 4 1 9 9 100 2 4 1000 2 4 1000 2 4 1000 2 4 1000 2 4 1000 2 4 1000 4 1000 4 1000 4 1000 4 1000 4 1000 6 6 6 6 6 7
 | z,63 z,63 1 Chin 2,63 3 1 T 3 1,1,2 3 1,4 0,0,3 1,4 0,4 0,0,4 0 0,1 15 3,4 2,4 0,0 15 3,4 2,72 5,77 3 2,4 1 2,77 0,72 5,73 3 2,2,99 6,73 3,2,2,99 6,73 2,2,33 2,99 5,53 389 5,53

 | j.j. 1,25 1,25 28 0, 505 0, 71 0, 4 0, 44 0, 44 1, 99 0, 144 1, 995 0, 446 0, 149 2 27 2, 20 0, 946 0, 19 2 27 2, 20 3, 97 3, 908 3, 923 12 17 0, 933 12 87 3, 933 14 87 3, 933 14 87 3, 933 14 94 3,
 | 14,1 e en b 43 43 0 59 2 39 2 44 1 55 2 44 2 73 2 73 2 73 2 74 29 0 73 2 1 73 2 1 73 2 1 73 2 1 73 2 1 73 2 1 73 2 1 73 2 1 2 74 1 1 1 73 2 1 1 1 73 3 2 1 1 1 73 3 3 2 1 1 1 73 3 3 4 1 1 1 <
 |
4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,5
13,4
12,5
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,4
12,5
12,4
12,4
12,5
12,4
12,5
12,8
12,8
12,8
12,8
12,9
13,4
12,9
13,4
12,9
13,4
12,9
13,4
13,7
13,2
25,8
88,8
82,6,4
10,4
10,4
10,4
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
1 | Image: 10,79 Tm Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,03 0,96 0,63 0,11 0,34 0,35 1,41 1,39 6,05 0,43 0,96 0,43 0,35 1,41 1,39 6,05 0,43 0,96 0,255 1,16 | 29,4
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
19,4
38,3
1,93
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,5,4
8,13
14,8
73
40,2
35,8
87,1
16,8
87,1
16,8
23,2
10,8
87,1
16,9
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7 | 0,75
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
9,92
9,92
9,92
9,92
9,92
9,92
9,
 | 0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,67
1,97
8,46
0,68
0,64
1,97
1,97
8,46
0,64
1,97
1,97
1,97
1,97
2,25
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,55
1,62
1,55
1,62
1,55
1,62
1,55
1,62
1,62
1,55
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,53
1,62
1,53
1,62
1,53
1,62
1,53
1,62
1,53
1,62
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,63
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,53
1,54
1,54
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55
1,55 | ¥5,8 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,349 58,8 40,9 9,08 57,722 27,4 18,7 227,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 13,5 102 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,22
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
4,55
1,26
6,87
4,55
1,26
6,87
4,55
2,75
6,21
9,24
8,47
33,5
2,75
6,21
7,36 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,4 43,5 26,6 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 14,9 26 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 14,6 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 627 594 1218 587 278 587 278 587 278 511 557 456 897 536 1522 304 1655 397 12722 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 Shea 52 Shea 52 Shea 52 Shea 52 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 Shea 1107 Shea 117 Shea 117 Shea 117 Shea 117 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
553 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
704,80 m
672 m
704,80 m
672 m
675 m
663 m
663 m
663 m
675 m
663 m
675 m
663 m
675 m
663 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
672 m
673 m
703 m
70 | intraclaste
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72 6,72 244,0 39,9 244,1 52,2 26,71 339,2 32,2 26,72 26,73 31,32 32,2 38,32 31,32 36,72 37,32 38,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,32 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33 37,33

 | 88,8 d N 2 23 4 1 7 96 5 15 9 6,1 5 16 7 14 5 15 6 27 14 54 7 14 5 15 6 27 5 65 0 45 3 68 3 11 7 47 6 66 9 12 9 95 7 15 4 11 6 22 6 68 5 17 | 0.5 0.5 0.5 0.5 0.3 1 2 3.3 9 9,4 22 8.8 32 6 7 6 7 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 3 7 7 7 7 7 7 7 7 7 13 14 10 10 10 10 10 <

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | 7,74
9,52
6,12
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
6,17
134
49,3
36,5
15,7
6,17
19,9
22,4
145
78,99
22,4
145
78,99
52,6
16,11
83,8
49,9
85,9
52,6
16,11
83,8
83,8
83,8
814 | Rb 24 35,7 35,7 26,2 35,7 26,2 15,7 26,1 16,4 39,1 19 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 6,64 22,5 8,79 0,455 44,3 27,3 29,9 7 33,1 | Sc 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,5 11,6 2,69 0 4,52 11,6 2,52 2,52 2,1,7 18,4 6,630 9,02 14,1 16,9 9,78 5,75 18 4,49 | Sb 0 0,35 0,466 0,38 0 0,37 0,38 0 0,38 0 0,38 0 0,464 0,373 1,377 < L.D

 | O.36 Co 0.36 Sm 7,8 5,00 8,13 4,00 25,1 6,24 7,11 23,5 5,55 32,6 27,5 10,9 4,55 12,2 24,55 12,2 8,12 28,4 60 32,4 60 32,4 7,62
 | 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 1,00
 | 3,44 sition 3,34 sition 3,34 sition 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,34 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,350 3,350 3,350 3,350 3,350 3,350 3,
 | 2/63 2,63 1 2,63 1 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 9 15 3 4 2,7 3 4 2,7 3 4 2,7 3 4 2,7 3 2,7 3 2,7 3 2,7 3 2,7 3 2,7 3 2,7 3 2,7 3 2,7 3 </td <td>j.j. 1,25 1,25 1,25 28 0, 05 0, 71 0, 44 0, 44 1, 99 0, 44 1, 99 0, 44 1, 52 0, 96 0, 44 1, 52 0, 96 0, 46 0, 19 2 27 2, 20, 38 0 332 117 0, 97 </td> <td>14,1 e en b 43 43 0 59 : 39 : 55 : 44 : 55 : 44 : 55 : 73 : 3 : 73 : 3 : 73 : 3 :
 73 : 3 : 73 : 3 : 402 0 53 : 3 : 3 : 3 : 3 : 3 : 11 : 2 : 94 : 94 : 94 : 94 : 94 : 94 :</td> <td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,4
16,4
17,9
13,4
17,5
50,8
16,4
16,1
5,11
92
33,4
12,8
10,9
33,4
12,8
10,9
33,4
12,8
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9</td> <td>4 0,79 n Tm 7,0,15 0,33 0,33 0,27 0,19 0,43 0,14 0,34 0,14 0,38 0,6 0,22 0,09 0,63 0,96 0,63 0,96 0,63 0,44 0,33 0,34 0,44 0,33 0,44 0,34 0,44 0,35 0,44 0,43 0,44 0,25 1,41 1,39 6,05 0,43 0,25 1,16 0,22</td> <td>29,4
3,22
16,7
23,22
16,7
23,2
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
11,5
23,2
11,5
23,2
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
16,8
16,8
16,8
16,8
16,8
16,8
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9</td> <td>0,75
18,4
34,3
34,3
3535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
4,84
116
146
27,2
4,84
116
146
27,2
33,8
803
190
19,5
42,1
12,6
109
11,6</td> <td>0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,65
0,67
1,97
8,46
0,68
0,54
0,68
0,42
4,31
1,83
0,39
2,266
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,64
2,955
0,61
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,63
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,6</td> <td>¥ 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,8,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 24,1 102 34,1 86,6 13,5 102 9,64</td> <td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,42 0,63 0,4 6,87 1,26 0,8 3,06 2,19 2,51 9,24 8,47 3,35 2,75 6,21 1,93 1,93 1,93</td> <td>Zn 0 17,2 228,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26 0,6 17,3 20,6 32,5 26 0,6 17,3 20,6 32,5 26 0</td> <td>Zr 336 1251 388 280 414 508 504 1218 587 584 1280 1218 587 584 1218 587 584 144 1457 963 717 285 511 557 456 897 536 1522 304 1655 397 1272 346</td>
 | j.j. 1,25 1,25 1,25 28 0, 05 0, 71 0, 44 0, 44 1, 99 0, 44 1, 99 0, 44 1, 52 0, 96 0, 44 1, 52 0, 96 0, 46 0, 19 2 27 2, 20, 38 0 332 117 0, 97
 | 14,1 e en b 43 43 0 59 : 39 : 55 : 44 : 55 : 44 : 55 : 73 : 3 : 73 : 3 : 73 : 3 : 73 : 3 : 73 : 3 : 402 0 53 : 3 : 3 : 3 : 3 : 3 : 11 : 2 : 94 : 94 : 94 : 94 : 94 : 94 :
 |
4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,4
16,4
17,9
13,4
17,5
50,8
16,4
16,1
5,11
92
33,4
12,8
10,9
33,4
12,8
10,9
33,4
12,8
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9 | 4 0,79 n Tm 7,0,15 0,33 0,33 0,27 0,19 0,43 0,14 0,34 0,14 0,38 0,6 0,22 0,09 0,63 0,96 0,63 0,96 0,63 0,44 0,33 0,34 0,44 0,33 0,44 0,34 0,44 0,35 0,44 0,43 0,44 0,25 1,41 1,39 6,05 0,43 0,25 1,16 0,22 | 29,4
3,22
16,7
23,22
16,7
23,2
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
11,5
23,2
11,5
23,2
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
8,13
14,8
16,8
16,8
16,8
16,8
16,8
16,8
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9
16,9 | 0,75
18,4
34,3
34,3
3535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
4,84
116
146
27,2
4,84
116
146
27,2
33,8
803
190
19,5
42,1
12,6
109
11,6
 | 0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,65
0,67
1,97
8,46
0,68
0,54
0,68
0,42
4,31
1,83
0,39
2,266
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,64
2,955
0,61
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,63
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,63
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,63
1,6 | ¥ 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,8,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 24,1 102 34,1 86,6 13,5 102 9,64 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 1,12 2,8 4,19 1,42 0,63 0,4 6,87 1,26 0,8 3,06 2,19 2,51 9,24 8,47 3,35 2,75 6,21 1,93 1,93 1,93 | Zn 0 17,2 228,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26 0,6 17,3 20,6 32,5 26 0,6 17,3 20,6 32,5 26 0 | Zr 336 1251 388 280 414 508 504 1218 587 584 1280 1218 587 584 1218 587 584 144 1457 963 717 285 511 557 456 897 536 1522 304 1655 397 1272 346 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-02 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 52 Shea 52 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 Shea 52 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 Shea 10- SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 Shea 101 Shea 117 Shea 117 Shea 18 | 428,50 m profondeu 550 m 554 m 663 m 678,50 m 660,8 m 668,50 m 668,50 m 553 m 668,70 m 553 m 681 m 689 m 672,50 m 675 m 683,30 m 670,50 m 683 m 670,50 m 670,50 m 672 m 713,80 m 678 m 620,40 m 674 m 630 m 651,50 m | intraclaste
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72
6,72
6,72
24,
39,
24,
52,
26,
13
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
38,
32,
32,
38,
32,
38,
32,
32,
38,
32,
32,
38,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32,
32

 | 88,8 d N d. 1 7 96 32 5 5 15 9 6,5 14 5 5 6 6 22 6 32 7 14 5 12 5 6 6 27 5 6 6 66 9 912 7 15 4 11 6 22 7 15 4 12 7 15 8 17 9 18 | 0.5 0.5 0.5 0.5 0.3 1 2 3.3 9 9.4 22 16 77 8.8 22 16 7 16 7 17 16 17 16 17 16 17 16 17 17 10 11 12 13 14 15 13 14 13 14 12 12 13 14 14 12 12 13 14 15 14 15 15

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | pr 9,52 6,12 6,12 7,12 36,4 8,46 9,61 9,52 134 15,7 134 15,7 8,32 49,3 36,5 15,7 6,17 6,17 8,32 49,3 36,5 15,7 6,17 78,99 22,4 145 78,99 52,6 16,11 16,13 83,88 14 64,9 | Rb 24 35,7 35,7 26,2
15,7 28,2 15,7 28,2 15,7 28,2 15,7 28,2 15,7 28,2 15,7 26,61 29,9 95,6 69,6 23,7 19,8 95,6 69,6 23,7 19,8 9,6,6 9,7 33,1 66,1 | Sc 3,12 4,5 11,6 2,69 0 4,57 4,57 4,57 14,2 11,6 2,69 0 4,57 14,2 11,8 6,666 1,71 13,4 6,666 1,71 13,4 16,6 5,75 18 4,49 16,6 | Sb 0 0,35 0,36 0,37 0,38 0 0,37 0,38 0 0,46 0,38 0 0,43 0,38 0 0,44 0,73 1,37 < L.D
 | Open Open 0.36 Co 0.36 Sm 7,88 5,00 25,1 6,22 7,1 5,05 50,5 5,55 32,6 22,5,1 10,9,9 23,3 50,2 27,1 10,9,2 1,2,2 14 78,6 40,55 22,5 14 78,6 600 32,8 8,222 24,2,1 7,66 36,5
 | 0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 0,3,1 1,00 1,00 1,15 1,15 1,15 1,15 1,15 1,15 1,16 1,17 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,19 1,27 1,34 1,18 1,18 1,19 1,19 1,27 1,27 1,27 1,27 1,27
 | 3,44 sition 3,44 sition 3,34 sition 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,33 3,34 1,99 8 8,07 5,89 3,44 6,100 7,122 9,192 4,100 2,466 4,783 3,250 9,144 1,111 9,484 6,455 1,111 1,268

 | z,63 z,63 z,63 3, 1, 1, 3 x T T x 3 1, 1, 4 x 7 0, 7 y 4 0, 2, 4 y 15 3, 3, 4 y 15 3, 4 y 15 3, 4 y 1 2, 7 y 3 2, 1 y 1 2, 1 y 3 2, 1 y 3 2, 2 y 3 3 y 3 3 y 3 3 y 3 3 y 3 3 3
 | j.j. 1,255 1,252 1,252 1,253 288 0,05 0,71 0,74 0,14 1,14 1,14 1,1 52 0,96 0,966 0,966 0,966 0,966 10 22,7 2,222 0,383 00 3,22 177 3,32 177 3,333 333 12,227 2,338 0,332 177 3,333 0,333 0,333 12,227 3,333 12,237 3,393 12,238 3,333 3,333 3,333 3,333 3,333 3,333 3,3333
 | 14,1 e en b 2 43 (59 2 39 2 57 4 44 2 (1) 2 (1) 3 (2) (1) (3) 2 (4) (2) (3) 2 (3) 2 (4) (2) (3) 2 (1) (3) (2) (1) (2) (1) (3) (2) (1) (3) (2) (2) (1) (1) (2) (2) (3) (4) (4) (2) (2) (2) (2) (2) (3) (4) (4) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) <tr<
td=""><td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,5
11
92
59,1
121,8
33,4
32,4
42,9
36,4
10,9
33,4
32,4
10,9
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7</td><td>4 0,79 n Tm 7,0,15 0,33 0,33 0,14 0,19 0,14 0,14 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,096 0,63 0,11 0,44 0,33 1,11 0,44 0,33 0,35 1,41 1,39 6,05 0,43 0,966 0,255 1,16 0,2 0,68</td><td>29,4
3,22
16,7
23,22
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
11,9
10,3
3,54
14,5
11,9
10,3
3,54
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
3,54
8,13
14,8
73
3,54
8,13
14,8
73
16,8
12,3
16,8
12,3
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7</td><td>0,75
18,4
34,3
34,3
3535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
42,2
13,8
803
1905
42,2
12,6
48,0
19,5
42,2
10,7
102
102
102
102
102
102
102
102</td><td>0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,67
1,97
8,46
0,67
1,97
8,46
0,67
1,97
2,26
1,97
2,26
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,08
0,93
2,264
2,14
2,55
2,44
2,55
5,55
0,61
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,9</td><td>¥ 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,22 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 13,52 9,64 30,3</td><td>0,67
Yb
1,04
2,43
3,02
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,49
0,63
7,45
5,27
6,21
1,93
2,51
9,24
8,47
9,24
8,47
9,24
8,47
9,24
8,47
9,24
1,93
2,51
9,24
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
1,93
2,75
1,93
2,93
2,93
2,93
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94</td><td>Zn 0 17,2 228,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 20,6 26,3 36,9 25,1 23,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 0 20,2</td><td>Zr 336 1251 388 280 414 508 534 1218 587 594 1218 587 736 963 717 285 511 557 456 897 536 1522 304 1655 397 2346 818</td></tr<>
 | 4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,5
11
92
59,1
121,8
33,4
32,4
42,9
36,4
10,9
33,4
32,4
10,9
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7
10,7 | 4 0,79 n Tm 7,0,15 0,33 0,33 0,14 0,19 0,14 0,14 0,14 0,14 0,38 0,6 0,22 0,096 0,63 0,11 0,44 0,33 1,11 0,44 0,33 0,35 1,41 1,39 6,05 0,43 0,966 0,255 1,16 0,2 0,68 | 29,4
3,22
16,7
23,22
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
11,9
10,3
3,54
14,5
11,9
10,3
3,54
14,5
11,9
10,3
3,54
8,13
14,8
73
3,54
8,13
14,8
73
3,54
8,13
14,8
73
16,8
12,3
16,8
12,3
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
 | 0,75
18,4
34,3
34,3
3535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
42,2
13,8
803
1905
42,2
12,6
48,0
19,5
42,2
10,7
102
102
102
102
102
102
102
102 | 0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,67
1,97
8,46
0,67
1,97
8,46
0,67
1,97
2,26
1,97
2,26
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
1,63
1,08
0,93
2,264
2,14
2,55
2,44
2,55
5,55
0,61
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,9 | ¥ 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,08 7,22 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 13,52 9,64 30,3 | 0,67
Yb
1,04
2,43
3,02
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,49
0,63
7,45
5,27
6,21
1,93
2,51
9,24
8,47
9,24
8,47
9,24
8,47
9,24
8,47
9,24
1,93
2,51
9,24
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
6,21
1,93
2,75
1,93
2,75
1,93
2,93
2,93
2,93
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94
2,94 | Zn 0 17,2 228,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 20,6 26,3 36,9 25,1 23,5 12,9 17,3 20,6 32,5 26 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 32,5 26,6 0 20,2 | Zr 336 1251 388 280 414 508 534 1218 587 594 1218 587 736 963 717 285 511 557 456 897 536 1522 304 1655 397 2346 818 | | | |
 |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-05 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 52 Shea 52 Shea 52 Shea 52 SHEA 51 SHEA 52 SHEA 51 SHEA 52 Shea 52 SHEA 51 SHEA 52 SHEA 51 SHEA 51 SHEA 51 Shea 107 SHEA 51 SHEA | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
660,8 m
668,50 m
668,50 m
689 m
704,80 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
675 m
677 m
675 m
675 m
675 m
677 m
677 m
675 m
677 m
678 m
678 m
678 m
670 m
670 m
670 m
670 m
670 m
671 m
670 m
670 m
670 m
670 m
670 m
671 m
670 m
671 m
671 m
670 m
671 m
771 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72
6,72
6,72
6,72
7,7
6,72
7,7
7,7
7,7
7,7
7,7
7,7
7,7
7,7
7,7

 | 88,8 d N d.2 23 7 96 32 5 5 15 9 6,12 7 14 5 15 7 14 5 15 6 6,627 5 65 0 45 4 14 7 47 6 12 9 95 6 66 6 22 7 15 4 11 6 22 7 15 4 12 6 66 6 5 9 12 7 15 14 12 6 13 6 14 15 17 9 18 3 9 | 1.1 0.5 0.5 0.5 0.3 1 2 3 3 9 3.3 9 3.4 27 3.8 32 2 16 7.7 84 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.7 24 7.3 22 9 9 9 9 9 20 26 32 25 35 4

 | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | 7,74
9,52
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
8,32
49,3
36,5
15,7
6,17
78,9
49,3
36,5
15,7
6,17
9,9
9,22,4
145
78,9
22,4
145
78,9
8,59
52,6
16,1
83,8
83,9
85,9
52,6
16,1
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
145
78,9
15,7
15,7
17
78,9
15,7
78,9
15,7
15,7
15,7
15,7
13,7
15,7
15,7
15,7
15,7
15,7
15,7
15,7
15 | Rb 24 35,7 8,466 4,511 20,7 28,2 15,7 26,5,1 16,4 39,1 95,6 69,6 23,7 19 95,6 69,6 23,7 19,7 95,6 95,6 69,6 23,7 19,9 95,6 60,6 23,7 10,45 44,3 27,3 27,3 27,3 27,3 23,11 66,1 60,9 7 33,11 66,1 60,9 | Sc 3,12 4,55 11,6 2,69 0 4,57 4,57 4,57 4,57 11,6 14,25 6,39 2,52 21,7 18,4 6,666 1,71 13,5 9,02 14,11 13,5 9,02 14,11 16,9 13,4 4,4,9 16,6 12 2 | Sb 0 0,35 0,36 0,37 0,38 0 0,37 0,38 0 0,37 0,38 0 0,466 0,38 0 0,473 1,37 < L.D

 | Open Open 0.36 Co 0.36 Sm 7,88 5,001 8,11 8,12 6,22 5,05 11,5 5,27 50,5 5,22 10,9 5,21 11,5 5,22 11,2 5,5 22,5 12,2 10,9 26,2 12,2 14 78,6 600 32,8 8,222 442,2 7,66 36,5,5 28,2 28,2 28,2
 | 0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 1,00 1,00 1,15 1,15 1,15 1,15 1,2 <
 | 3,44 sition 3,44 sition 3,44 sition 3,44 sition 3,33 6 18 1 99 8 86 3 36 7 85 8 86 3 36 7 89 3 49 6 17 2 19 6 100 7 120 6 100 2 46 3 50 7 523 9 190 4 700 2 46 3 205 9 1400 2 46 3 255 9 48 1 268 5 7
 | z,cai z,zai z,zai </td <td>j.j. 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,27 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 1,14 1,1 1,25 0,08 0,096 0,096 0,19 2,27 2,27 2,38 0 3,20 1,1 2,73 3,308 0,832 2,73 3,308 3,312 1,31 2,73 3,32 3,32 3,333 3,333 3,333 3,333 3,333 3,341 2,4 3,79 3,44 3,74 3,74</td> <td>14,1 e en b 43 6 52 39 3 5 59 39 3 5 57 44 5 5 57 44 3 6 73 2 0 7 73 2 0 7 3 73 2 0 1 1 5 73 1 3 2 1 1 1 73 1 3 2 1
1 1 1 1 1 1 1</td> <td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2
13,4
17,9
47,5
50,8
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,5
10,9
20,3
33,4
32,4
42,9
56,4
10,9
33,4
42,9
56,4
10,9
33,4
42,9
56,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,</td> <td>4 0,79 n Tm 7,0,15 0,33 0,33 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,27 0,19 0,14 0,14 0,26 0,22 0,096 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39 0,43 0,96 0,25 0,43 0,96 0,25 1,16 0,2 0,68 0,88</td> <td>29,4
3,22
16,7
23,2
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
11</td> <td>V
18,4
34,3
34,3
3535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
6,48
803
190
19,5
42,1
12,6
480
19,5
42,1
12,2
480
19,5
42,2
13,2
480
19,5
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2</td> <td>0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,54
0,68
0,42
4,31
1,83
0,38
0,38
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
2,24
4,31
1,62
2,24
1,62
2,24
4,31
1,62
2,25
5,55
5,55
5,55
5,55
5,55
5,55
5</td> <td>Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 2,2,2 42,1 14,3 5,33 3,49 58,8 40,9 9,08 7,24,1 104 117 24,1 104 117 24,1 104 117 24,1 104 117 34,1 86,6 13,5 90,64 30,3 63,31 63,31 63,31</td> <td>0,67
Yb
1,04
2,43
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
3,06
3,06
3,06
3,05
2,75
6,21
1,93
3,3,5
2,75
6,21
1,93
7,36
5,536
5,72</td> <td>Zn 0 17,2 22,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,4 69,8 22,6 20,6 27,3 23,4 43,5 14,9 26 36,9 25,1 23,5 26,6 32,5 26 14,9 20,6 32,5 26 12,9 17,3 20,6 32,5 26 0 20,2 16,7 16,7</td> <td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 594 1218 587 594 1218 587 717 963 717 285 511 557 456 897 536 304 1655 397 1272 346 818 641 818 641</td>
 | j.j. 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,27 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 1,14 1,1 1,25 0,08 0,096 0,096 0,19 2,27 2,27 2,38 0 3,20 1,1 2,73 3,308 0,832 2,73 3,308 3,312 1,31 2,73 3,32 3,32 3,333 3,333 3,333 3,333 3,333 3,341 2,4 3,79 3,44 3,74 3,74
 | 14,1 e en b 43 6 52 39 3 5 59 39 3 5 57 44 5 5 57 44 3 6 73 2 0 7 73 2 0 7 3 73 2 0 1 1 5 73 1 3 2 1 1 1 73 1 3 2 1
 |
4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
46,2
13,4
17,9
47,5
50,8
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,4
16,5
10,9
20,3
33,4
32,4
42,9
56,4
10,9
33,4
42,9
56,4
10,9
33,4
42,9
56,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
25,4
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10, | 4 0,79 n Tm 7,0,15 0,33 0,33 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,14 0,27 0,19 0,14 0,14 0,26 0,22 0,096 0,63 0,16 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39 0,43 0,96 0,25 0,43 0,96 0,25 1,16 0,2 0,68 0,88 | 29,4
3,22
16,7
23,2
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
11 |
V
18,4
34,3
34,3
3535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
4,84
116
146
27,2
6,48
803
190
412
6,48
803
190
19,5
42,1
12,6
480
19,5
42,1
12,2
480
19,5
42,2
13,2
480
19,5
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2
40,2 | 0
0,555
0,61
0,71
2
0,655
0,67
1,97
8,46
0,54
0,68
0,42
4,31
1,83
0,38
0,38
0,42
4,31
1,83
0,88
0,39
2,26
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
2,24
4,31
1,62
2,24
1,62
2,24
4,31
1,62
2,25
5,55
5,55
5,55
5,55
5,55
5,55
5 | Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 2,2,2 42,1 14,3 5,33 3,49 58,8 40,9 9,08 7,24,1 104 117 24,1 104 117 24,1 104 117 24,1 104 117 34,1 86,6 13,5 90,64 30,3 63,31 63,31 63,31 | 0,67
Yb
1,04
2,43
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
3,06
3,06
3,06
3,05
2,75
6,21
1,93
3,3,5
2,75
6,21
1,93
7,36
5,536
5,72 | Zn 0 17,2 22,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,4 69,8 22,6 20,6 27,3 23,4 43,5 14,9 26 36,9 25,1 23,5 26,6 32,5 26 14,9 20,6 32,5 26 12,9 17,3 20,6 32,5 26 0 20,2 16,7 16,7 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 594 1218 587 594 1218 587 717 963 717 285 511 557 456 897 536 304 1655 397 1272 346 818 641 818 641 | | | |
 |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 22 SHEA 51 SHEA 22 SHEA 11 SHEA 22 SHEA 11 Shea 101 Shea 111-7 Shea 111-7 Shea 111 Shea 111 Shea 117 Shea 117 Shea 117 Shea 117 Shea 1101 Shea 1117 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
553 m
681 m
668,50 m
704,80 m
672,50 m
390,60 m
494,30 m
672,50 m
683,30 m
673 m
672 m
713,80 m
662, 40 m
674 m
620,40 m
674 m
651,50 m
665,50 m
218,60 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intr | 6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
1,7
1,7
1,7
1,7
1,7
1,7
1,7
1,7

 | 88,8 d N d 22 d 1 d 5 5 15 9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 5 15 6 27 6 27 6 27 6 27 7 47 7 14 5 15 6 27 7 47 6 12 9 95 6 66 7 15 4 11 6 22 9 92 7 17 6 28 7 14 14 12 6 22 9 12 7 17 7 18 9 | 1.1 0.5 0.5 0.5 11 2 3 12 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 2 1 1 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 1 3 2 5 4 2 5 4 2 9 2 2 5 4 2 9 2 2 5 4 2 1 1 9 6 2 2 5 3 5 4 2 2 9 4 2 <td< td=""><td>0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12</td><td>7,74
9,75
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
8,32
33,5
134
15,7
8,32
33,5
15,7
6,17
19,9
9,52
6,17
19,9
22,4
145
78,9
22,4
145
78,9
9,52
6,12
15,7
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
7,12
13,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
15,7
14,1
14,5
15,7
12,5
15,7
14,1
14,5
15,7
15,7
12,5
14,1
14,5
14,1
14,5
15,7
14,1
14,5
14,1
14,5
14,5
14,1
14,5
15,7
14,1
14,5
14,5
14,1
14,5
14,5
14,1
14,5
14,1
14,5
14,5</td><td>Rb 24 35,7 8,466 4,511 20,7 28,2 15,7 26,61 25,11 16,4 39,19 95,66 69,66 23,7 19,8 14,7 6,614 22,5 8,79 0,455 44,33 27,33 29,9 7 33,11 66,11 60,9 109</td><td>Sc 3,12 4,55 11,6 2,69 0 4,57 4,57 4,57 4,57 14,6 2,59 6,39 2,52 21,7 18,4 6,66 1,71 13,55 9,02 14,11 16,9 13,5 9,75 18 4,49 16,6 12 29</td><td>Sb 0 0 0,35 0,36 0,37 0,38 0 0,38 0 0,38 0 0,37 1,37 0 0,46 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0,48 2,15 0,333 1,02 0,422 1,044 0,633</td><td>Open Open 0.36 Co 0.36 Sm 7,88 5,00 8,13 4,00 25,5 5,55 32,6 5,22 11,5 5,22 12,5,5 5,55 12,5,7 10,93 2,4,55 40,93 26,2,4 600 32,4 8,22,4 40,93 26,2,4 28,4,4 600 32,4 8,22,2 13,4,2 26,2,4 28,2,4 12,1,3 13,4,2 13,4,2</td><td>0 0 0 sn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,1,2 0,7
0</td><td>3,44
sitior
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,99
8,86
3,36
1,99
8,86
3,36
1,199
8,86
3,36
1,111
1,111
5,89
3,49
6,17
7,85
8,96
6,17
7,85
8,96
6,17
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,52
9,107
7,120
6,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
7,99
7,94
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75</td><td>z,cai z,cai z,zai z,zai<!--</td--><td>a) 1 1,25 1 28 0,05 0,71 0,74 0,14 1,99 14 1,99 0,14 1,199 0,14 1,1 331 3 552 0,066 0,966 0 46 0,1 331 3 322 7 73 3,08 3,32 3 373 3,41 2,73 3,79 3,79 0,74 3,79 0,74 3,72 1,11</td><td>14,1 e en b 43 43 6 52 39 39 57 4 2 59 39 39 39 57 4 2 6 73 2 0 7 73 2 0 7 73 2 0 1 002 0 53 2 10 53 2 1 53 4 1 1 1 11 1 1 1 1 20 0 2 1 1 1 11 1 1 1 1 1 20 2 2 2 2 2 2 33 4 4 4 4 4 4 4 33 2 3 3 2 3 4 44</td><td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
16,6
16,7
15,6
16,6
16,7
17,9
17,9
17,9
17,9
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,1
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,</td><td>Image: constraint of the second
sec</td><td>29,4
3,22
16,7
23,22
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
11,5
11,9
10,3
3,54
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
1</td><td>0,75
10,75
13,1
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
14,8
11,2
12,6
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5</td><td>0
0,555
0,61
0,67
1,97
8,46
0,54
0,667
1,97
8,46
0,54
0,637
1,97
2,25
2,44
2,31
1,62
1,62
1,62
2,44
2,95
2,44
2,95
2,44
2,95
2,244
2,1,53
1,08
0,91
2,25
0,62
2,279
1,85
1,1,5
5
0,62
2,279
1,85
1,55
5
0,62
2,279
1,85
1,55
5
0,61
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,9</td><td>Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 42,1 14,3 5,39 3,49 9,08 7,22 27,4 104 117 24,1 104 117 86,6 13,5 102 9,64 36,31 63,1 122</td><td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
7,4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
0,8
3,06
0,8
3,06
5,72
1,5
5,36
5,72
1,7,5</td><td>Zn 0 17,22 28,66 22,4 14,3 0 19,55 22,4 69,8 22,66 20,66 27,33 23,4 43,55 14,99 25,51 22,66 32,55 26,6 32,55 26,6 32,55 26,6 0 20,62 32,55 26,60 20,22 16,77 42,11</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 594 1218 587 278 144 963 717 285 511 456 897 536 1557 456 897 304 1655 307 1272 304 1655 397 1272 304 641 2699</td></td></td<> | 0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | 7,74
9,75
6,12
12,5
7,12
36,4
8,46
9,61
32,5
134
15,7
8,32
33,5
134
15,7
8,32
33,5
15,7
6,17
19,9
9,52
6,17
19,9
22,4
145
78,9
22,4
145
78,9
9,52
6,12
15,7
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
78,9
12,5
134
145
7,12
13,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
134
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
15,7
12,5
13,4
14,5
15,7
12,5
15,7
14,1
14,5
15,7
12,5
15,7
14,1
14,5
15,7
15,7
12,5
14,1
14,5
14,1
14,5
15,7
14,1
14,5
14,1
14,5
14,5
14,1
14,5
15,7
14,1
14,5
14,5
14,1
14,5
14,5
14,1
14,5
14,1
14,5
14,5 | Rb 24 35,7 8,466 4,511 20,7 28,2 15,7 26,61 25,11 16,4 39,19 95,66 69,66 23,7
 19,8 14,7 6,614 22,5 8,79 0,455 44,33 27,33 29,9 7 33,11 66,11 60,9 109 | Sc 3,12 4,55 11,6 2,69 0 4,57 4,57 4,57 4,57 14,6 2,59 6,39 2,52 21,7 18,4 6,66 1,71 13,55 9,02 14,11 16,9 13,5 9,75 18 4,49 16,6 12 29 | Sb 0 0 0,35 0,36 0,37 0,38 0 0,38 0 0,38 0 0,37 1,37 0 0,46 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0 0,52 0,48 2,15 0,333 1,02 0,422 1,044 0,633
 | Open Open 0.36 Co 0.36 Sm 7,88 5,00 8,13 4,00 25,5 5,55 32,6 5,22 11,5 5,22 12,5,5 5,55 12,5,7 10,93 2,4,55 40,93 26,2,4 600 32,4 8,22,4 40,93 26,2,4 28,4,4 600 32,4 8,22,2 13,4,2 26,2,4 28,2,4 12,1,3 13,4,2 13,4,2
 | 0 0 0 sn 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 1,1,2 0,7 0
 |
3,44
sitior
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,99
8,86
3,36
1,99
8,86
3,36
1,199
8,86
3,36
1,111
1,111
5,89
3,49
6,17
7,85
8,96
6,17
7,85
8,96
6,17
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,120
6,107
7,52
9,107
7,120
6,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
9,107
7,52
7,99
7,94
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
7,75
 | z,cai z,zai z,zai </td <td>a) 1 1,25 1 28 0,05 0,71 0,74 0,14 1,99 14 1,99 0,14 1,199 0,14 1,1 331 3 552 0,066 0,966 0 46 0,1 331 3 322 7 73 3,08 3,32 3 373 3,41 2,73 3,79 3,79 0,74 3,79 0,74 3,72 1,11</td> <td>14,1 e en b 43 43 6 52 39 39 57 4 2 59 39 39 39 57 4 2 6 73 2 0 7 73 2 0 7 73 2 0 1 002 0 53 2 10 53 2 1 53 4 1 1 1 11 1 1 1 1 20 0 2 1 1 1 11 1 1 1 1 1 20 2 2 2 2 2 2 33 4 4 4 4 4 4 4 33 2 3 3 2 3 4 44</td> <td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
16,6
16,7
15,6
16,6
16,7
17,9
17,9
17,9
17,9
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,1
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,</td> <td>Image: constraint of the second sec</td> <td>29,4
3,22
16,7
23,22
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
11,5
11,9
10,3
3,54
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
1</td>
<td>0,75
10,75
13,1
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
14,8
11,2
12,6
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5</td> <td>0
0,555
0,61
0,67
1,97
8,46
0,54
0,667
1,97
8,46
0,54
0,637
1,97
2,25
2,44
2,31
1,62
1,62
1,62
2,44
2,95
2,44
2,95
2,44
2,95
2,244
2,1,53
1,08
0,91
2,25
0,62
2,279
1,85
1,1,5
5
0,62
2,279
1,85
1,55
5
0,62
2,279
1,85
1,55
5
0,61
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,9</td> <td>Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 42,1 14,3 5,39 3,49 9,08 7,22 27,4 104 117 24,1 104 117 86,6 13,5 102 9,64 36,31 63,1 122</td> <td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
7,4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
0,8
3,06
0,8
3,06
5,72
1,5
5,36
5,72
1,7,5</td> <td>Zn 0 17,22 28,66 22,4 14,3 0 19,55 22,4 69,8 22,66 20,66 27,33 23,4 43,55 14,99 25,51 22,66 32,55 26,6 32,55 26,6 32,55 26,6 0 20,62 32,55 26,60 20,22 16,77 42,11</td> <td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 594 1218 587 278 144 963 717 285 511 456 897 536 1557 456 897 304 1655 307 1272 304 1655 397 1272 304 641 2699</td> | a) 1 1,25 1 28 0,05 0,71 0,74 0,14 1,99 14 1,99 0,14 1,199 0,14 1,1 331 3 552 0,066 0,966 0 46 0,1 331 3 322 7 73 3,08 3,32 3 373 3,41 2,73 3,79 3,79 0,74 3,79 0,74 3,72 1,11

 | 14,1 e en b 43 43 6 52 39 39 57 4 2 59 39 39 39 57 4 2 6 73 2 0 7 73 2 0 7 73 2 0 1 002 0 53 2 10 53 2 1 53 4 1 1 1 11 1 1 1 1 20 0 2 1 1 1 11 1 1 1 1 1 20 2 2 2 2 2 2 33 4 4 4 4 4 4 4 33 2 3 3 2 3 4 44
 | 4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
16,6
16,7
15,6
16,6
16,7
17,9
17,9
17,9
17,9
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,1
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16,7
16, | Image: constraint of the second sec | 29,4
3,22
16,7
23,22
20,3
6,28
11,5
23,2
23,2
4,48
38,3
1,93
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,07
16,3
11,5
11,9
10,3
3,54
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
14,5
1 |
0,75
10,75
13,1
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
13,2
14,8
11,2
12,6
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5 | 0
0,555
0,61
0,67
1,97
8,46
0,54
0,667
1,97
8,46
0,54
0,637
1,97
2,25
2,44
2,31
1,62
1,62
1,62
2,44
2,95
2,44
2,95
2,44
2,95
2,244
2,1,53
1,08
0,91
2,25
0,62
2,279
1,85
1,1,5
5
0,62
2,279
1,85
1,55
5
0,62
2,279
1,85
1,55
5
0,61
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,9 | Y 11,2 19,6 20 15,7 25,5 6,08 7,08 42,1 14,3 5,39 3,49 9,08 7,22 27,4 104 117 24,1 104 117 86,6 13,5 102 9,64 36,31 63,1 122 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,82
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
7,4,55
1,26
0,8
3,06
6,87
4,55
1,26
0,8
3,06
0,8
3,06
0,8
3,06
5,72
1,5
5,36
5,72
1,7,5 | Zn 0 17,22 28,66 22,4 14,3 0 19,55 22,4 69,8 22,66 20,66 27,33 23,4 43,55 14,99 25,51 22,66 32,55 26,6 32,55 26,6 32,55 26,6 0 20,62 32,55 26,60 20,22 16,77 42,11 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 594 1218 587 278 144 963 717 285 511 456 897 536 1557 456 897 304 1655 307 1272 304 1655 397 1272 304 641 2699 | | | |
 |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-03 Shea 111-7 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 22 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 Shea 101 Shea 111-7 Shea 111-7 Shea 111-7 Shea 111-7 Shea 112-7 Shea 111-7 Shea 111-7 Shea 112-7 Shea 112-7 Shea 112-7 Shea 112-7 Shea 123 Shea 36 Shea 36 < | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
678,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
6681 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
672 m
713,80 m
672 m
674 m
661 m
665,50 m
665,50 m
661 m
665,50 m
665,50 m
665,50 m
661 m
665,50 m
661 m
665,50 m
665,5 | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72 6,72 6,72 6,72 13 32,24,4 52,25,24 26,71 33,32,24 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 27,73 30,03 31,1,30 30,01 31,13 30,01 31,13 30,01 31,13 30,01 31,13 31,13 31,13 31,13 30,01 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,1

 | 88,8 d N 2 23 4 1 7 96 5 15 9 6,5 1 8,7 4 5 4 5 5 15 5 12 6 27 5 3 8 11 3 12 7 47 9 9 6 66 9 12 7 16 27 15 6 66 9 12 7 15 6 62 6 68 5 17 6 12 7 15 8 9,41 1 1 5 73 | 1.1 0.5 0.5 3 1 2 3 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 3 3 9 1 5 10 7 7 8 3.2 16 73 2 3 14 15 7 7 2 3 12 31 4 15 5 7 1 38 7 1 38 7 1 38 7 1
1 7 3 2 3 3 14 6 22 5 9 15 3 5 3 44 2 9 64 5 5 44 2 9 44

 | 0,12 1,2764 1,5555 2,734 0,6888 0,8908 8,277 3,2342 2,6734 0,6828 0,9701 0,4901 3,77512 7,2038 5,8569 2,2546 4,2186 6,5501 2,2546 | pr 9,52 9,74 9,52 6,12 12,5 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 134 15,7 8,47 8,36,5 15,7 6,17 19,9 42,3 36,5 15,7 6,17 19,9 52,6 16,11 83,8 14 145 78,9 52,6 16,1 83,8 14 17,8 9 52,6 16,1 13,8 14 17,8 9 52,6 16,1 13,8 14 17,8 9 52,6 16,1 13,8 14 17,8 9 46,4 17,8 2e c | Rb 24 35,7 8,466 4,511 20,7 28,22 15,7 26,9 75,1 16,4 39,11 16,4 39,11 16,4 39,11 16,4 39,11 16,4 39,11 66,6 23,7 19,8 14,7 6,6,1 22,5 8,79 0,455 8,79 7 33,12 29,9 7 33,12 166,11 66,9 1009 24,11 66,12 109 24,11 60,19 1009 24,11 | Sc Sc 3,12 3,12 4,55 11,6 2,69 0 4,57 4,56 14,2 14,2 2,59 6,39 6,39 2,52 21,7 18,4 6,666 1,71 13,5 9,02 14,1 16,9 13,4 16,69 10,7 9,78 5,75 18 4,49 16,66 12 29 5,47 12 29 5,47 | Sb 0

 | J.J. 0.36 Co 3mm 7,88 5,001 8,11 25,1 6,225,1 6,225,1 6,225,1 6,225,1 5,001 31,15 5,22,2,3 32,6 40,9 26,2,1 12,2,1 14,78,6 60 32,4 42,3,2 42,3,4 44,99 28,2 42,3,2 36,5 28,4 41,3,4 44,99 22,2
 | 0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 1,0 1,0 1,1,1 1,1,2 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,7 1,2 0,2 0,3,1 1,3 1,3 1,2 0,4,1 1,3 1,2 0,2 0,3,2 0,3,2 0,3,2 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,2,3 1,3,3 1,3,3 1,3,3 1,4
 | 3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
3,44
1,24
3,44
1,24
3,34
4,25
4,25
4,26
4,26
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,106
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,27
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4,47
4
 | z,cai z,cai </td <td>a T 1,255 1,255 1,256 0, 1,257 0, a T 1,258 0, 055 0, 055 0, 051 0, 014 1, 999 0, 866 0, 131 2 552 0, 996 0 460 0, 1272 2, 222 0, 331 2 733 3, 933 12 733 3, 933 12 933 12 937 3, 9388 0, 93744 2, 3375 1, 11 2, 937 1, 111 2, 937 3,</td> <td>14,1 e en b 6 52 7 53 7 43 0 55 7 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 74 73 73
 2 74 73 73 2 74 73 73 2 74 73 75 2 74 74 75 2 73 1 74 74 75 2 74 74 75 7</td> <td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,1
192
17,5
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9</td> <td>4 0,79 Tm 0,15 0,15 0,33 0,15 0,13 0,17 0,19 0,43 0,6 0,14 0,38 0,63 0,22 0,09 0,05 0,63 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39 6,053 0,43 0,225 1,116 0,22 0,68 0,255 1,116 0,245 0,245</td> <td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
11,5
23,2
11,5
23,2
11,5
23,2
10,7
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,48
8,13
14,5
11,5
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,</td>
<td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
10,2
9,92
55,7
4,84
116
146
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
412
800
412
800
19,5
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
1,</td> <td>0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,65
1,97
8,46
0,68
0,68
0,68
0,68
0,68
0,68
0,68
0,642
4,31
1,83
0,88
0,88
0,88
0,42
4,31
1,97
2,26
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
2,95
2,44
21,4
1,58
0,63
1,08
0,39
2,26
1,62
1,52
0,62
1,55
0,63
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98</td> <td>¥ 11,2 19,6 20 15,7 20 15,7 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 57,72 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 104 117 629,0 34,1 104 117 629,0 36,6 102 9,64 30,3 63,1 142 20,2</td> <td>0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 3,02 0,73 4,19 1,42 2,8 4,19 1,63 0,63 0,63 0,63 2,51 2,56 3,3,06 2,75 6,211 1,93 7,36 1,55 5,36 5,72 17,5 2,18</td> <td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,7,3 23,4 14,9 26 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 0 23,5 26 32,5 26 32,5 26 14,6 0 20,2 16,7 42,1 29,1 16,7 42,1 29,2</td> <td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 280 414 508 280 1218 587 584 144 1457 963 511 557 456 1555 304 1555 397 1272 346 641 2699 476 524</td> | a T 1,255 1,255 1,256 0, 1,257 0, a T 1,258 0, 055 0, 055 0, 051 0, 014 1, 999 0, 866 0, 131 2 552 0, 996 0 460 0, 1272 2, 222 0, 331 2 733 3, 933 12 733 3, 933 12 933 12 937 3, 9388 0, 93744 2, 3375 1, 11 2, 937 1, 111 2, 937 3,
 | 14,1 e en b 6 52 7 53 7 43 0 55 7 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 74 73 73 2 74 73 73 2 74 73 73 2 74 73 75 2 74 74 75 2 73 1 74 74 75 2 74 74 75 7

 | 4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
13,4
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,1
17,9
17,5
50,8
16,4
16,1
15,1
192
17,5
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9
10,9 | 4 0,79 Tm 0,15 0,15 0,33 0,15 0,13 0,17 0,19 0,43 0,6 0,14 0,38 0,63 0,22 0,09 0,05 0,63 0,11 0,44 0,35 1,41 1,39 6,053 0,43 0,225 1,116 0,22 0,68 0,255 1,116 0,245 0,245 | 29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
11,5
23,2
11,5
23,2
11,5
23,2
10,7
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
4,48
8,13
14,5
11,5
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
4,07
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,3
3,54
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10,5
10, |
0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
10,2
9,92
55,7
4,84
116
146
146
27,2
6,48
42,2
33,8
803
412
800
412
800
19,5
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
12,6
1, | 0
W
0
0,555
0,61
0,71
2
0,65
1,97
8,46
0,68
0,68
0,68
0,68
0,68
0,68
0,68
0,642
4,31
1,83
0,88
0,88
0,88
0,42
4,31
1,97
2,26
1,62
1,62
1,62
1,62
1,62
2,95
2,44
21,4
1,58
0,63
1,08
0,39
2,26
1,62
1,52
0,62
1,55
0,63
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98 | ¥ 11,2 19,6 20 15,7 20 15,7 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 57,72 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 104 117 629,0 34,1 104 117 629,0 36,6 102 9,64 30,3 63,1 142 20,2 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 3,02 0,73 4,19 1,42 2,8 4,19 1,63 0,63 0,63 0,63 2,51 2,56 3,3,06 2,75 6,211 1,93 7,36 1,55 5,36 5,72 17,5 2,18 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 22,7,3 23,4 14,9 26 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 0 23,5 26 32,5 26 32,5 26 14,6 0 20,2 16,7 42,1 29,1 16,7 42,1 29,2 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 280 414 508 280 1218 587 584 144 1457 963 511 557 456 1555 304 1555 397 1272 346 641 2699 476 524 | | | |
 |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-011 Shea 111-71 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 101 SHEA 11 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 Shea 101 Shea 111-7 Shea 36 Shea 36 Shea 36 Shea | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
673 m
673 m
673 m
673 m
673 m
673 m
674 m
673 m
674 m
672 m
713,80 m
672 m
674 m
665,50 m
6651,50 m
6655,50 m
218,60 m
360, 20 m
675 5 m
675 5 m
704,80 m
704,80 m
704,80 m
704,80 m
704,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
703,80 m
675 m
713,80 m
675 m
620,40 m
620,40 m
651,50 m
218,60 m
360,20 m
675 5 m
705 7 m
70 | intraclaste
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
6,72
13
39,9
24,4
39,9
24,7
39,9
24,7
39,9
24,7
39,9
24,7
39,9
39,9
24,7
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
39,9
30,9
30,9
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
31,1
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30,0
30

 | 88,8 d N d 1 7 96 6.6 32 5 15 9 6,5 1 8,7 4 54 7 14 5 12 6 27 5 52 7 14 5 12 6 65 7 14 3 19 9 95 6 66 9 12 7 14 3 11 7 12 9 18 6 66 5 17 9 18 14 12 5 73 1 9,2 5 73 1 9,2 | 10.5 0.5 0.5 0.5 1 2,3 9 ,4 27 10,5 10,5 11 12 13 14 15 17 16 17 16 17 16 17 16 17 16 17 16 17 11 12 13 14 15 17 14 15 17 11 19 11 11 12 13 14 12 14 14 14 14 14 14

 | 0,12
Pb
8,8748
8,8429
7,8613
2,7537
7,8613
2,7537
7,8613
3,059
1,3923
1,1792
7,4015
3,9827
7,3923
1,1792
7,4015
3,9827
7,3923
3,059
1,3633
1,2764
1,5535
5,2734
3,863
8,8272
3,2345
6,6888
8,8272
3,2345
6,6888
8,8272
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345
3,2345 | pr 9,52 6,12 6,12 7,12 36,4 12,5 7,12 36,4 8,46 132,5 134 15,7 8,47 8,32 49,33 36,5 15,7 19,9 22,4 49,9 42,3 49,9 52,6 16,11 83,88 14 64,99 52,66 16,11 83,88 14 7,07 38,88 7,07 38,8 | Rb 24 35,7 36,7 28,2 20,7 28,2 15,7 56,1 25,1 16,4 39,1 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 67,1 6,64 22,5 19,8 14,7 67,1 6,64 22,5 19,8 14,7 67,1 6,64 22,5 3,7,3 22,9 7 33,11 66,9 109 24,11 73,7 79,6 109 24,11 73,7 79,6 109 24,11 73,7 79,6 | Sc Sc 3,12 3,12 4,55 3,12 11,6 2,69 0 4,57 11,2 14,26 11,6 2,52 21,7 18,44 6,636 1,71 13,55 9,022 11,4,5 10,77 13,4 14,55 10,77 9,788 5,755 18 4,499 16,66 12 29 5,47 7,566 12 29 5,47 7,566 | Sb 0

 | J.J. 0.36 CO Smm 7,8,8 5,00 8,11 4,00 25,5 6,22 5,00 5,01 23,1 5,0,5 32,4 5,5 32,4 10,7 26,2 12,2 12,2 32,4 40,9 26,2 42,2 13,4 4,99 22,4 42,2 13,4
 | 0 0 Sn 0,5 0,5 0,5 0,5 1,0 3,1 1,0 3,1 1,0 3,1 1,0 1,0 1,0 1,0 1,1 1,2 1,2 1,2 1,3 1
 | 3,44
sitior
1 Sr
3,44
sitior
1 Sr
3,44
1 Sr
3,44
1 Sr
3,44
1 Sr
3,44
1 Sr
3,44
1 Sr
3,34
1 Sr
3,34
1 Sr
3,34
1 Sr
3,33
1 Sr
1 S
 | 2,63 2,63 1 2,63 1 7 3 1,7 0,9 0,4 0,9 15 3,4 2,63 4 0,4 0,9 15 3,4 2,7 3,4 2,7 3,4 2,7 3,2 9 6,7 3,3 2,7 3,2 9 6,7 3,3 2,4 1,2,7 7,3 3,2 9 6,7 9,7 3,3 2,4 1,1 2,7 3,3 2,9 5,1 0,0 3,3 4,3 3,3

 | j.j. 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,71 0,4 0,14 1,4 1,4 1,4 1,1 52 0,96 0 46 0,19 22 2,22 0,96 0 32 17 0,97 3,388 0,032 17 0,0332 17 0,0332 1,2 0,0333 1,2 0,04 3,7 1,11 2,2 1,2 999 0,73 1,11 2,999 1,71
 | 14,1 e en b 43 c 55 39 2 55 4 2 6 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 73 2 74 2 73 2 74 2 75 4 73 2 74 2 75 4 74 2 75 4 74 2 75 4 74 2 75 4 76 2 71 3 3 73 4 3
 | 4,74 ppr Th 16,6 12,4 15,6 34,74 15,6 36,8 16,4 15,6 36,7 37,7 50,8 16,1 5,11 92 59,1 21,8 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,4 32,5 38,8 26,4 104 16,5 38,2 39,6 39,6 39,6 39,6 39,6 39,6
 | Image: 10,79 Tm 0,15 0,33 0,15 0,33 0,17 0,19 0,43 0,14 0,38 0,14 0,38 0,6 0,14 0,38 0,66 0,09 0,05 0,96 0,63 0,11 0,44 0,33 0,36 0,11 0,44 0,33 0,36 0,11 0,43 0,35 1,41 1,39 6,05 0,25 1,16 0,25 1,16 0,22 0,88 2,45 0,31 0,22 0,32 0,31 0,32 0,32 0,33 0,34 | 29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
14,5
13,5
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
10,5
11,5
11 | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
102
102
102
102
102
102
102 |
0
W
0
0,555
0,611
0,711
2
0,657
1,977
8,446
0,548
0,667
1,977
1,977
8,446
0,548
0,642
4,311
1,833
0,848
2,256
1,622
1,622
1,624
2,955
2,244
21,44
1,533
1,088
0,991
2,255
0,633
0,834
0,833
0,843
0,843
0,845
0,991
1,555
0,833
0,843
0,845
0,845
0,991
1,555
0,833
0,843
0,845
0,845
0,991
1,555
0,845
0,995
1,555
0,845
0,942
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,977
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,975
1,97 | ¥ 11,2 19,6 20 15,7 20 15,7 23,2 42,1 14,3 5,39 3,49 58,8 40,9 9,08 57,72 27,4 18,7 24,1 104 117 629 34,1 86,6 102 9,64 30,31 142 20,2 | 0,67 Yb 1,04 2,43 1,82 1,29 3,02 0,79 3,02 1,12 2,8 4,19 1,44 0,63 0,64 6,87 4,55 1,26 0,8 3,06 2,19 2,51 9,244 8,477 33,55 2,755 5,366 1,56 5,722 1,755 2,18 1,831 1,832 1,755 2,18 1,831 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,4 43,5 26,3 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 32,5 26 14,9 26,9 12,9 17,3 20,6 0 22,5 26,5 26,6 32,5 26 14,6 0 20,2 16,7 42,1 29,1 13,8 32,2 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 280 414 508 527 594 1218 587 278 511 557 456 511 557 364 1655 397 1272 346 818 641 2699 476 534 | | | | |
| Shea 77 sondage Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-01 Hyd 07-01 Hyd 07-05 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 114-11 Shea 50-4 SHEA 22 Shea 50-4 SHEA 51 Shea 52 Shea 62 SHEA 11 SHEA 51 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Hyd 07-001 Shea 101 Shea 101 Shea 111-7 Shea 123 Shea 136 Shea 36 Shea 36 Shea 36 Shea 52 | 428,50 m
Echantillo
profondeu
550 m
554 m
663 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668,50 m
668 m
672,50 m
672,50 m
672,50 m
683,30 m
673 m
663 m
672,50 m
663 m
672,50 m
663 m
672,50 m
663 m
674 m
677,50 m
665 m
651,50 m
665,50 m
665,50 m
208,50 m
662 m
360, 20 m
662 m
360, 20 m
665,50 m | intraclaste
n
r type
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
argilite
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast
intraclast | 6,72 6,72 6,72 244,0 39,9,2 244,1 52,2 26,71 31,1 32,2 26,72 26,73 32,2 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,72 26,73 31,13 30,31,13 30,31,13 30,31,13 30,31,13 31,13 31,13 30,31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 31,13 <t< td=""><td>88,8 d N 2 23 4 1 7 96 5 15 9 6,5 11 8,7 4 54 7 14 5 12 6 27 5 65 0 45 3 68 9 95 6 66 9 12 7 41 3 10 7 47 6 62 9 95 6 66 9 12 7 14 11 3 26 6 5 17 9 18 3 9,41 5 73 8 13 9,38 13 9,38 13 1</td><td>0.5 0.5 0.5 0.3 11 2 3.3 9 4.4 27,8 32 16 77 14 2.2 3.3 9 14 2.2 3.3 1.4 2.2 3.3 1.4 2.2 3.3 1.4 2.5 3.3 1.4 9 2.2 3.3 1.4 9 2.6 2.7 1.1 3.3 1.4 1.3 1.4 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 <t< td=""><td>0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12</td><td>pr 9,52 6,12 6,12 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 7,12 36,4 8,46 15,7 134 15,7 8,47 8,42 49,3 36,5 15,7 15,7 6,17 19,9 22,4 443 42,3 49,9 85,9 52,6 16,11 83,8 14 64,9 46,4 17,8 7,07 38,8 69 6,85 5,68</td><td>Rb 24 35,7 36,7 26,7 35,7 26,7 35,7 26,1 16,4 39,1 16,4 39,7 56,1 25,7 16,4 39,1 95,6
69,6 23,7 19,8 14,7 6,1 6,6,1 60,9 7 33,1 66,1 60,9 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 79,6 24,1 79,6 24,1 79,6</td><td>Sc 3,12 4,55 11,66 2,69 0 4,55 14,26 14,26 14,27 14,26 14,27 14,27 14,27 14,2 14,2 14,2 14,2 2,52 21,7 18,4 6,639 9,02 14,1 16,9 9,02 14,1 16,5 9,78 13,4 14,5 10,7 9,78 14,5 10,7 9,78 14,5 12 29 5,47 7,566 17,6 15,1</td><td>Sb 0</td><td>J.J. J.J. 0.36 Sm 7,83 5,00 8,13 4,00 25,5,5 32,1 5,0,9 11,5,5 32,2,5 32,2,1 10,9,7 26,2,2 7,8,8 32,4 27,5,5 32,4 27,5,5 32,4 27,5,2 32,4 28,2 4,55 32,4 26,5,2 32,4 32,4 40,9 26,2 32,4 4,99 22,5,7 13,4 4,99 22,5,7 4,99 22,5 4,99 22,5</td><td>0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 1,0 1 1,5 1,6 1,5 1,6 1,5 1,6 1,5 1,6 1,7 3,4 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 1,8 1,8 1,2,7 2,2,3 1,2,2 2,2,3 1,1,7 3,44 1,7 3,44 3,46 3,46</td><td>3,44 sition 3,44 sition 3,34 sition 1 5 3 3 3 3 3 3 3 4 9 6 7 5 9 100 6 7 5 9 1000 4 7 5 9 1000 6 3 6 7 5 9 1000 4 102 6 6 3 2 6 6 1000 2 6 6 6 5</td><td>Z,63 1 Z,63 1 T T 3 1,7 3 1,4 0,0,3 1,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,72 5,73 7,4 1,2,74 0,0,74 2,2,73 2,4 1,2,74 0,73 2,74 0,73 2,99 6,73 3,3 2,99 3,33 2,4 0,33 1,337 1,37 1,37</td><td>j.j. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,5 0,5 0,71 0,4 0,71 0,44 1,4 1,4 1,4 1,4 1,25 0,04 0,04 0,14 1,1 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2</td><td>14,1 e en b 43 6 52 39 2 55 4 z 0 2 0 2 0 z 0 2 3 3 3 3 1 <th1< th=""> 1 1 <th1< td=""><td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,2
13,4
15,6
16,6
16,2
13,4
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,6
16,7
16,6
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,</td><td>1 0,79 n Tm 7m 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,19 0,14 0,38 0,6 0,20 0,99 0,63 0,96 0,33 0,11 0,34 0,35 0,11 0,34 0,35 0,14 0,33 0,11 0,44 0,3 0,44 0,3 0,35 0,43 0,96 0,25 1,116 0,22 0,25 1,116 0,24 0,71 1,06
0,71</td><td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
10,4
38,3
1,93
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,73
14,8
87,1
16,8
87,1
16,8
13,5
14,8
13,5
14,8
13,5
14,8
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
113,2
102
102
102
102
102
102
102
10</td><td>0
W
0
0,555
0,611
0,711
2
0,657
1,97
8,466
0,642
4,311
1,93
0,848
2,266
1,622
1,624
1,624
1,624
1,624
1,624
2,955
2,444
21,44
2,955
0,612
0,617
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,02
1,97
1,98
1,02
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98</td><td>¥ 11,2 19,6 20 15,7 20,2 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,349 5,349 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 22,7,4 18,7 24,1 102 9,04 30,3 63,1 102 9,64 30,3 63,1 142 20,2 16,1 42,1 142 47,8</td><td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
4,55
1,26
6,87
4,55
1,26
6,87
4,55
2,79
2,51
6,21
9,24
8,47
33,5
2,75
6,21
9,24
1,93
3,5
2,75
6,21
1,73
6,572
1,7,5
5,36
5,722
1,7,5
2,18
1,83
5,122</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,4 43,5 24,6 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 14,6 0 20,6 32,5 26,7 42,1 13,8 32,2 14,41 13,8 32,2</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 278 594 1218 587 278 593 144 1457 963 717 963 557 456 511 557 304 1655 397 1272 346 884 2699 476 534 696 1842</td></th1<></th1<></td></t<></td></t<> | 88,8 d N 2 23 4 1 7 96 5 15 9 6,5 11 8,7 4 54 7 14 5 12 6 27 5 65 0 45 3 68 9 95 6 66 9 12 7 41 3 10 7 47 6 62 9 95 6 66 9 12 7 14 11 3 26 6 5 17 9 18 3 9,41 5 73 8 13 9,38 13 9,38 13 1 | 0.5 0.5 0.5 0.3 11 2 3.3 9 4.4 27,8 32 16 77 14 2.2 3.3 9 14 2.2 3.3 1.4 2.2 3.3 1.4 2.2 3.3 1.4 2.5 3.3 1.4 9 2.2 3.3 1.4 9 2.6 2.7 1.1 3.3 1.4 1.3
 1.4 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 <t< td=""><td>0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12</td><td>pr 9,52 6,12 6,12 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 7,12 36,4 8,46 15,7 134 15,7 8,47 8,42 49,3 36,5 15,7 15,7 6,17 19,9 22,4 443 42,3 49,9 85,9 52,6 16,11 83,8 14 64,9 46,4 17,8 7,07 38,8 69 6,85 5,68</td><td>Rb 24 35,7 36,7 26,7 35,7 26,7 35,7 26,1 16,4 39,1 16,4 39,7 56,1 25,7 16,4 39,1 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 6,1 6,6,1 60,9 7 33,1 66,1 60,9 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 79,6 24,1 79,6 24,1 79,6</td><td>Sc 3,12 4,55 11,66 2,69 0 4,55 14,26 14,26 14,27 14,26 14,27 14,27 14,27 14,2 14,2 14,2 14,2 2,52 21,7 18,4 6,639 9,02 14,1 16,9 9,02 14,1 16,5 9,78 13,4 14,5 10,7 9,78 14,5 10,7 9,78 14,5 12 29 5,47 7,566 17,6 15,1</td><td>Sb 0</td><td>J.J. J.J. 0.36 Sm 7,83 5,00 8,13 4,00 25,5,5 32,1 5,0,9 11,5,5 32,2,5 32,2,1 10,9,7 26,2,2 7,8,8 32,4 27,5,5 32,4 27,5,5 32,4 27,5,2 32,4 28,2 4,55 32,4 26,5,2 32,4 32,4 40,9 26,2 32,4 4,99 22,5,7 13,4 4,99 22,5,7 4,99 22,5 4,99 22,5</td><td>0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 1,0 1 1,5 1,6 1,5 1,6 1,5 1,6 1,5 1,6 1,7 3,4 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 1,8 1,8 1,2,7 2,2,3 1,2,2 2,2,3 1,1,7 3,44 1,7 3,44 3,46 3,46</td><td>3,44 sition 3,44 sition 3,34 sition 1 5 3 3 3 3 3 3 3 4 9 6 7 5 9 100 6 7 5 9 1000 4 7 5 9 1000 6 3 6 7 5 9 1000 4 102 6 6 3 2 6 6 1000 2 6 6 6 5</td><td>Z,63 1 Z,63 1 T T 3 1,7 3 1,4 0,0,3 1,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,72 5,73 7,4 1,2,74 0,0,74 2,2,73 2,4 1,2,74 0,73 2,74 0,73 2,99 6,73 3,3 2,99 3,33 2,4 0,33 1,337 1,37 1,37</td><td>j.j. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,5 0,5 0,71 0,4 0,71 0,44 1,4 1,4 1,4 1,4 1,25 0,04 0,04 0,14 1,1 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2</td><td>14,1 e en b 43 6 52 39 2 55 4 z 0 2 0 2 0 z 0 2 3 3 3 3 1
 1 1 1 1 1 <th1< th=""> 1 1 <th1< td=""><td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,2
13,4
15,6
16,6
16,2
13,4
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,6
16,7
16,6
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,</td><td>1 0,79 n Tm 7m 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,19 0,14 0,38 0,6 0,20 0,99 0,63 0,96 0,33 0,11 0,34 0,35 0,11 0,34 0,35 0,14 0,33 0,11 0,44 0,3 0,44 0,3 0,35 0,43 0,96 0,25 1,116 0,22 0,25 1,116 0,24 0,71 1,06
0,71</td><td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
10,4
38,3
1,93
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,73
14,8
87,1
16,8
87,1
16,8
13,5
14,8
13,5
14,8
13,5
14,8
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
113,2
102
102
102
102
102
102
102
10</td><td>0
W
0
0,555
0,611
0,711
2
0,657
1,97
8,466
0,642
4,311
1,93
0,848
2,266
1,622
1,624
1,624
1,624
1,624
1,624
2,955
2,444
21,44
2,955
0,612
0,617
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,02
1,97
1,98
1,02
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98</td><td>¥ 11,2 19,6 20 15,7 20,2 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,349 5,349 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 22,7,4 18,7 24,1 102 9,04 30,3 63,1 102 9,64 30,3 63,1 142 20,2 16,1 42,1 142 47,8</td><td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
4,55
1,26
6,87
4,55
1,26
6,87
4,55
2,79
2,51
6,21
9,24
8,47
33,5
2,75
6,21
9,24
1,93
3,5
2,75
6,21
1,73
6,572
1,7,5
5,36
5,722
1,7,5
2,18
1,83
5,122</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,4 43,5 24,6 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 14,6 0 20,6 32,5 26,7 42,1 13,8 32,2 14,41 13,8 32,2</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 278 594 1218 587 278 593 144 1457 963 717 963 557 456 511 557 304 1655 397 1272 346 884 2699 476 534 696 1842</td></th1<></th1<></td></t<> |
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12
0,12 | pr 9,52 6,12 6,12 7,12 36,4 8,46 9,61 32,5 7,12 36,4 8,46 15,7 134 15,7 8,47 8,42 49,3 36,5 15,7 15,7 6,17 19,9 22,4 443 42,3 49,9 85,9 52,6 16,11 83,8 14 64,9 46,4 17,8 7,07 38,8 69 6,85 5,68 | Rb 24 35,7 36,7 26,7 35,7 26,7 35,7 26,1 16,4 39,1 16,4 39,7 56,1 25,7 16,4 39,1 95,6 69,6 23,7 19,8 14,7 6,1 6,6,1 60,9 7 33,1 66,1 60,9 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 73,7 79,6 24,1 79,6 24,1 79,6 24,1 79,6 | Sc 3,12 4,55 11,66 2,69 0 4,55 14,26 14,26 14,27 14,26 14,27 14,27 14,27 14,2 14,2 14,2 14,2 2,52 21,7 18,4 6,639 9,02 14,1 16,9 9,02 14,1 16,5 9,78 13,4 14,5 10,7 9,78 14,5 10,7 9,78 14,5 12 29 5,47 7,566 17,6 15,1 | Sb 0
 | J.J. J.J. 0.36 Sm 7,83 5,00 8,13 4,00 25,5,5 32,1 5,0,9 11,5,5 32,2,5 32,2,1 10,9,7 26,2,2 7,8,8 32,4 27,5,5 32,4 27,5,5 32,4 27,5,2 32,4 28,2 4,55 32,4 26,5,2 32,4 32,4 40,9 26,2 32,4 4,99 22,5,7 13,4 4,99 22,5,7 4,99 22,5 4,99 22,5

 | 0 0 0 Sn 0,5 0,8 0,5 0,8 0,5 1,0 1 1,5 1,6 1,5 1,6 1,5 1,6 1,5 1,6 1,7 3,4 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 3,44 1,8 1,8 1,8 1,2,7 2,2,3 1,2,2 2,2,3 1,1,7 3,44 1,7 3,44 3,46 3,46
 | 3,44 sition 3,44 sition 3,34 sition 1 5 3 3 3 3 3 3 3 4 9 6 7 5 9 100 6 7 5 9 1000 4 7 5 9 1000 6 3 6 7 5 9 1000 4 102 6 6 3 2 6 6 1000 2 6 6 6 5
 | Z,63 1 Z,63 1 T T 3 1,7 3 1,4 0,0,3 1,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,72 5,73 7,4 1,2,74 0,0,74 2,2,73 2,4 1,2,74 0,73 2,74 0,73 2,99 6,73 3,3 2,99 3,33 2,4 0,33 1,337 1,37 1,37

 | j.j. 1,25 1,25 1,25 1,25 0,05 0,5 0,5 0,71 0,4 0,71 0,44 1,4 1,4 1,4 1,4 1,25 0,04 0,04 0,14 1,1 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2 3,3 1,2
 | 14,1 e en b 43 6 52 39 2 55 4 z 0 2 0 2 0 z 0 2 3 3 3 3 1 <th1< th=""> 1 1 <th1< td=""><td>4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,2
13,4
15,6
16,6
16,2
13,4
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,6
16,7
16,6
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,</td><td>1 0,79 n Tm 7m 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,19 0,14 0,38 0,6 0,20 0,99 0,63 0,96 0,33 0,11 0,34 0,35 0,11 0,34 0,35 0,14 0,33 0,11 0,44 0,3 0,44 0,3 0,35 0,43 0,96 0,25 1,116 0,22 0,25 1,116 0,24 0,71 1,06
0,71</td><td>29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
10,4
38,3
1,93
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,73
14,8
87,1
16,8
87,1
16,8
13,5
14,8
13,5
14,8
13,5
14,8
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,</td><td>0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
113,2
102
102
102
102
102
102
102
10</td><td>0
W
0
0,555
0,611
0,711
2
0,657
1,97
8,466
0,642
4,311
1,93
0,848
2,266
1,622
1,624
1,624
1,624
1,624
1,624
2,955
2,444
21,44
2,955
0,612
0,617
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,02
1,97
1,98
1,02
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98</td><td>¥ 11,2 19,6 20 15,7 20,2 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,349 5,349 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 22,7,4 18,7 24,1 102 9,04 30,3 63,1 102 9,64 30,3 63,1 142 20,2 16,1 42,1 142 47,8</td><td>0,67
Yb
1,04
2,43
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
4,55
1,26
6,87
4,55
1,26
6,87
4,55
2,79
2,51
6,21
9,24
8,47
33,5
2,75
6,21
9,24
1,93
3,5
2,75
6,21
1,73
6,572
1,7,5
5,36
5,722
1,7,5
2,18
1,83
5,122</td><td>I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,4 43,5 24,6 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 14,6 0 20,6 32,5 26,7 42,1 13,8 32,2 14,41 13,8 32,2</td><td>14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 278 594 1218 587 278 593 144 1457 963 717 963 557 456 511 557 304 1655 397 1272 346 884 2699 476 534 696 1842</td></th1<></th1<> |
4,74
ppr
Th
5,01
16,6
12,4
15,6
16,6
12,4
15,6
16,6
16,2
13,4
15,6
16,6
16,2
13,4
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,6
16,7
16,6
16,7
16,6
16,6
16,7
16,6
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,1
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16,2
16, | 1 0,79 n Tm 7m 0,15 0,33 0,33 0,19 0,43 0,14 0,38 0,6 0,22 0,19 0,14 0,38 0,6 0,20 0,99 0,63 0,96 0,33 0,11 0,34 0,35 0,11 0,34 0,35 0,14 0,33 0,11 0,44 0,3 0,44 0,3 0,35 0,43 0,96 0,25 1,116 0,22 0,25 1,116 0,24 0,71 1,06 0,71 | 29,4
U
3,22
16,7
20,3
6,28
11,5
23,2
4,48
10,4
38,3
1,93
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
3,54
8,73
14,8
87,1
16,8
87,1
16,8
13,5
14,8
13,5
14,8
13,5
14,8
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
14,5
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
10,3
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11,9
11, | 0,75
V
18,4
34,3
535
48,8
27
13,1
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
48,7
102
9,92
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
55,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
48,7
102
9,92
13,2
48,8
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
13,2
148,7
102
9,92
113,2
102
102
102
102
102
102
102
10
 | 0
W
0
0,555
0,611
0,711
2
0,657
1,97
8,466
0,642
4,311
1,93
0,848
2,266
1,622
1,624
1,624
1,624
1,624
1,624
2,955
2,444
21,44
2,955
0,612
0,617
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,97
1,98
1,02
1,97
1,98
1,02
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98
1,98 | ¥ 11,2 19,6 20 15,7 20,2 15,7 25,5 6,08 23,2 42,1 14,3 5,39 5,349 5,349 58,8 40,9 9,08 7,22 27,4 18,7 22,7,4 18,7 24,1 102 9,04 30,3 63,1 102 9,64 30,3 63,1 142 20,2 16,1 42,1 142 47,8 | 0,67
Yb
1,04
2,43
1,29
3,02
0,79
1,12
2,8
4,19
1,49
0,63
4,19
1,49
0,63
4,55
1,26
6,87
4,55
1,26
6,87
4,55
2,79
2,51
6,21
9,24
8,47
33,5
2,75
6,21
9,24
1,93
3,5
2,75
6,21
1,73
6,572
1,7,5
5,36
5,722
1,7,5
2,18
1,83
5,122 | I Zn 0 17,2 28,6 22,4 14,3 0 19,5 22,4 69,8 22,6 27,3 23,4 43,5 24,6 36,9 25,1 12,9 17,3 20,6 32,5 26 14,6 0 20,6 32,5 26,7 42,1 13,8 32,2 14,41 13,8 32,2 | 14,7 Zr 336 1251 388 280 414 508 278 594 1218 587 278 593 144 1457 963 717 963 557 456 511 557 304 1655 397 1272 346 884 2699 476 534 696 1842 | | | | |

Annexe 5-5 : Composition chimique des terres rares dans les échantillons d'argilite, grès fins et intraclaste

d'argile, analysés en ICPMS au SARM de Nancy.



Annexe 5-6 : Rapport entre les éléments chimiques constitutifs des minéraux présents dans les grès. Ici sont présentés 2 axes pour chaque type de grès. A et B : grès moyens, C et D : échantillons d'argilite et grès fins.

Composition structurale calculée pour les minéraux argileux

- Composition structurale des illites du sondage Shea 114-11 calculée à partir des analyses chimiques ponctuelles à la microsonde (P&M Curie Parie). Extrait de Beaufort (2008).

Illi	te				calcu	lé su	r une	base	20		
Echantillon	profondeur	Na	Mg	AI	Si	К	Са	Ti	Mn	Fe3+	int Ch
Shea 114-11	668	0,04	0,24	5,15	6,49	1,53	0,02	0,02	0,01	0,15	1,61
Shea 114-11	722,5	0,07	0,5	4,92	6,56	1,53	0,01	0	0,1	0,1	1,71
Shea 114-11	744	0,05	0,32	5,01	6,53	1,67	0,01	0,02	0	0,12	1,73
Shea 114-11	761,3	0,05	0,47	5,17	6,32	1,69	0,02	0,02	0,01	0,13	1,78
Shea 114-11	791	0,05	0,42	5,16	6,44	1,69	0,03	0	0	0,4	1,79
Shea 114-11	801,45	0,04	0,34	5,11	6,55	1,64	0,04	0	0	0,02	1,75
Shea 114-11	855,5	0,01	0,19	5,3	6,46	1,71	0,04	0	0	0,02	1,79
Shea 114-11	879,1	0,06	0,37	4,87	6,56	1,64	0,03	0,01	0	0,2	1,77
Shea 114-11	894,35	0,01	0,49	4,84	6,7	1,5	0,02	0,01	0	0,04	1,55
Shea 114-11	909,65	0,01	0,49	4,84	6,7	1,5	0,02	0,01	0	0,4	1,55
Shea 114-11	929,1	0,02	0,48	4,93	6,61	1,58	0,02	0,01	0	0,05	1,63

 Composition structurale des sudoites du sondage Shea 114-11 calculée à partir des analyses chimiques ponctuelles à la microsonde (P&M Curie Parie). Extrait de Beaufort (2008).

Sudo	oite					calo	ulé s	ur un	e bas	se 28			
Echantillon	profondeur	Na	Mg	AI	Si	К	Са	Ti	Mn	Fe3+	Xfe	int Ch	Oct
Shea 114-11	722,00	0,04	4,24	6,76	6,65	0,06	0,02	0,00	0,00	0,16	0,04		9,82
Shea 114-11	744,00	0,04	4,14	6,63	6,71	0,15	0,01	0,00	0,00	0,25	0,06		9,74
Shea 114-11	757,00	0,03	4,00	6,71	6,75	0,18	0,04	0,01	0,00	0,19	0,04		9,65
Shea 114-11	773,00	0,04	4,80	6,92	6,13	0,11	0,03	0,01	0,00	0,29	0,06		10,15
Shea 114-11	791,00	0,05	3,93	6,59	6,63	0,38	0,04	0,00	0,00	0,43	0,09		9,60
Shea 114-11	801,00	0,02	3,47	6,92	6,85	0,34	0,06	0,00	0,01	0,14	0,04		9,38
Shea 114-11	818,00	0,04	3,73	7,50	6,33	0,25	0,02	0,00	0,00	0,13	0,03		9,69
Shea 114-11	855,00	0,00	3,73	6,95	6,67	0,29	0,03	0,01	0,00	0,21	0,05		9,57
Shea 114-11	866,00	0,02	4,19	6,92	6,43	0,09	0,02	0,01	0,00	0,32	0,07		9,87
Shea 114-11	879,00	0,02	4,75	6,84	6,11	0,02	0,02	0,01	0,00	0,46	0,09		10,19
Shea 114-11	894,00	0,02	4,08	7,53	6,25	0,06	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01		9,90
Shea 114-11	909,00	0,20	3,89	7,04	6,57	0,25	0,06	0,01	0,00	0,07	0,02		9,58

 Composition structurale des illites du sondage Shea 114-11 calculée à partir des analyses chimiques ponctuelles à la microsonde (P&M Curie Parie). Extrait de Beaufort (2008).

Chlo	rite					calo	ulé s	ur un	e bas	se 28			
Echantillon	profondeur	Na	Mg	AI	Si	К	Са	Ti	Mn	Fe2+	Xfe	int Ch	Oct
Shea 114-11	722	0,04	6,99	5,22	5,99	0	0,01	0	0,01	1,16	0,14		11,37
Shea 114-11	744	0,03	6,09	5,66	6,24	0,03	0,01	0	0,01	0,89	0,12		10,88
Shea 114-11	757A	0,06	7,27	5,53	5,54	0,01	0,01	0	0,01	1,3	0,15		11,65
Shea 114-11	757B	0,08	3,87	5,67	5,3	0,03	0,01	0,01	0,06	4,89	0,56		11,8
Shea 114-11	761A	0,05	7,41	5,09	5,9	0	0,01	0,01	à	1,11	0,13		11,52
Shea 114-11	761B	0,09	3,48	5,69	5,38	0,01	0,02	0,01	0,16	4,98	0,59		11,7
Shea 114-11	773A	0,05	6,93	5,75	5,75	0,05	0,01	0,01	0	0,85	0,1		11,28
Shea 114-11	773B	0,06	5,49	5,4	5,46	0,01	0,02	0,01	0,04	3,38	0,38		11,78
Shea 114-11	779A	0,05	5,59	5,75	5,1	0,01	0,01	0,01	0,11	3,42	0,38		11,98
Shea 114-11	779B	0,06	6,96	5,58	5,74	0,06	0,03	0,01	0	1,08	0,14		11,38
Shea 114-11	813A	0,07	4,62	5,35	5,26	0,01	0,02	0,01	0	4,77	0,51		12
Shea 114-11	813B	0,06	7,1	5,23	5,76	0,03	0,09	0,02	0	1,35	0,16		11,47
Shea 114-11	818	0,07	6,17	5,94	5,69	0,02	0,03	0	0	1,46	0,19		11,26
Shea 114-11	866	0,03	3,06	5,33	5,29	0,02	0,01	0,02	0	6,3	0,67		12
Shea 114-11	879A	0,02	6,37	4,79	5,61	0,01	0,02	0,01	0	3,18	0,33		11,96
Shea 114-11	879B	0,07	7,19	5,08	5,99	0,05	0,04	0,01	0	1,09	0,13		11,36
Shea 114-11	894	0,09	5,25	5,92	6,27	0,37	0,01	0,01	0	1,08	0,17		10,53

 Composition composition chimique à partir des analyses ponctuelles à la microsonde (P&M Curie Parie) et formule structurale des smectites du sondage Shea 114-11 calculées. Extrait de Beaufort (2008).

Fahantillan						mic	roana	lyse Si	licat	es Kiann	a (micr	osond	e Pari	s Univ	P & N	/I Curie	2)					
Echantilion			comp	osition	chimic	que en	% d'o	xyde				For	mule s	trucu	trale c	alculé	e sur u	n base	e de 22	2 oxyge	ènes	
Base 22 Fe3+	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO	FeO	Fe2O3	Si	Al	Mg	Fe2+	Ti	Mn	Са	Na	К	Fe3+	Int Ch	Oct
Shea 114-11 701 m Smect 1	0,13	9,07	31,61	39,04	1,46	0,39	0,13	0	0	20,2	5	4,77	1,73	0	0,01	0	0,05	0,03	0,24	1,95	0,38	5,45
Shea 114-11 701 m Smect 2	0,22	9,06	32,12	38,44	1,14	0,26	0,1	0	0	20,73	4,92	4,84	1,73	0	0,01	0	0,04	0,06	0,19	2	0,31	5,5
Shea 114-11 701 m Smect 3	0,17	9,91	33,57	38,43	1,53	0,29	0,06	0,06	0	17,77	4,9	5,04	1,88	0	0,01	0,01	0,04	0,04	0,25	1,7	0,37	5,54
Shea 114-11 701 m Smect 4	0,13	8,82	32,24	38,88	1,84	0,23	0	0,11	0	19,74	4,98	4,87	1,68	0	0	0,01	0,03	0,03	0,3	1,9	0,4	5,44
Shea 114-11 701 m Smect 5	0,22	9,18	32,33	38,71	1,63	0,35	0,2	0,03	0	19,29	4,95	4,88	1,75	0	0,02	0	0,05	0,05	0,27	1,86	0,42	5,46
Shea 114-11 707 m Smect 1	0,21	8,46	32,93	40,32	1,58	0,21	0,05	0,05	0	18	5,12	4,93	1,6	0	0	0,01	0,03	0,05	0,26	1,72	0,36	5,37
Shea 114-11 707 m Smect 2	0,14	9,32	32,39	39,7	1,61	0,23	0,01	0,09	0	18,35	5,06	4,86	1,77	0	0	0,01	0,03	0,04	0,26	1,76	0,36	5,45
Shea 114-11 707 m Smect 3	0,12	9,51	31,92	38,1	1,44	0,16	0	0,07	0	20,76	4,89	4,83	1,82	0	0	0,01	0,02	0,03	0,24	2	0,31	5,54
Shea 114-11 707 m Smect 4	0,16	7,55	31,45	41,99	2,8	0,25	0	0,11	0	17,44	5,35	4,72	1,43	0	0	0,01	0,04	0,04	0,45	1,67	0,56	5,18
Shea 114-11 707 m Smect 5	0,09	7,3	31,02	40,4	2,27	0,2	0,07	0,09	0	20,63	5,18	4,68	1,39	0	0,01	0,01	0,03	0,02	0,37	1,99	0,45	5,26
Moyenne	0,16	8,82	32,16	39,4	1,73	0,26	0,06	0,06	0	19,29	5,03	4,84	1,68	0	0,01	0,01	0,04	0,04	0,28	1,85	0,39	5,42

Annexe 5-7 : Formule structurale des minéraux argileux illite, sudoite, chlorite et smectite.

Annexe 6 – Modélisation

<u>Variogramme</u>

- Variogrammes directionnels permettant de construire le modèle du socle. La figure A représente la dispersion des données dans un point du variogramme vertical représentant la distance (Z et Z+h). B). La figure C représente les variogrammes multidirectionnels.



Annexe 6-1 : Exemples de variogramme utilisés dans les modéliations des différents éléments chimiques et minéraux argileux. Ici le variogramme des valeurs inférieures à 1% Al₂O₃.
<u>Krigeage</u>

- Histogramme de distribution des données expérimentales et calcul du rapport Si/AI :

A) données expérimentales et la courbe de distribution de l'élément. B) Courbe de distribution expérimentale (bleu) et calculée (rouge). C) Histogramme de la distribution des valeurs calculées par krigeage à partir du variogramme. D) Tendance de la courbe de distribution entre données théoriques.



Annexe 6-2 : Histogrammes et courbes de distribution entre les valeurs expérimentales et calculées du rapport SiO₂/Al₂O₃ dans le socle.



Distribution verticale des éléments chimiques

Annexe 6-3 : Distribution verticale des éléments chimiques en log de 10 à partir du logiciel Gocad.



Annexe 6-4 : Distribution verticale des éléments chimiques en log de 10 à partir du logiciel Gocad.



Annexe 6-5 : Distribution verticale des éléments chimiques dans les sondages Hydrogéologiques (Hyd 07-01, Hyd 07-03, Hyd 07-04, Hyd 07-05, P08-01 et P08-02) à partir du logiciel Gocad.





Annexe 6-6 : Vue 3D de la distribution des éléments Al₂O₃ et U entre le gisement 58 et Anne (58B en Amont et Anne aval).



Annexe 6-7 : Modélisation de la répartition de la kaolinite pour des teneurs supérieures à 60 % en argile, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-8 : Modélisation de la répartition de l'illite pour des teneurs supérieures à 60 % en argile, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-9 : Modélisation de la répartition de sudoite pour des teneurs supérieures à 60 % en argile, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-9 : Modélisation de la répartition de l'ensemble kaolinite/illite/sudoite pour des teneurs supérieures à 60 % en argile, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-10 : Modélisation de la répartition de dravite pour des teneurs supérieures à 1 % de la roche, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-11 : Modélisation de la répartition de l'Al $_2O_3$ pour des teneurs inférieures à 1 % de la roche, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-12 : Modélisation de la répartition de l' Al_2O_3 pour des teneurs comprises entre 4 et 6 % de la roche, déterminée par calcul normatif.



Annexe 6-13 : Modélisation de la répartition de l' Al_2O_3 pour des teneurs supérieures à 7 % de la roche, déterminée par calcul normatif.

Annexe 7 - Comparaison autres gisements

Variation verticale des éléments du gisements de Maybelle River

- Variation verticale des éléments Al₂O₃, TiO₂, Zr, La, Y et U dans les sondages MR 102 et MR 104.



Annexe 7-1 : Distribution verticale des éléments chimiques de 2 sondages du gisement de Maybelle River.

Variation verticale des éléments dans le prospect stérile d'Alexandra

- Variation verticale des éléments Al₂O₃, TiO₂, Zr, Y et La dans les sondages ALX 01 et ALX 03.



Annexe 7-2 : Distribution verticale des éléments chimiques de 2 sondages du prospect d'Alexandra.

Variation verticale des éléments dans la zone Shea sud

- Variation verticale des éléments Al₂O₃, TiO₂, Zr, Y et La dans les sondages Shea 108.



- Variation verticale des éléments Al₂O₃, TiO₂, Zr, Y et La dans les sondages Shea 22.



Annexe 7-1 : Distribution verticale des éléments chimiques sur différents sondages du Shea Creek Sud.