

**Commission économique pour l'Europe****Comité de l'énergie durable****Groupe d'experts de la classification des ressources****Septième session**

Genève, 26-29 avril 2016

Point 17 de l'ordre du jour provisoire

**Études de cas et expérimentation de la Classification-cadre
des Nations Unies pour l'énergie fossile et les réserves
et ressources minérales 2009****Observations concernant l'application de la Classification-
cadre des Nations Unies pour l'énergie fossile et les réserves
et ressources minérales 2009 aux projets relatifs à l'uranium
et aux ressources correspondantes au Paraguay****Document élaboré par M. Clyde Yancey (Uranium Energy
Corporation), M. Victor Fernández (Uranium Energy
Corporation), M. Harikrishnan Tulsidas (Agence internationale
de l'énergie atomique) et M. Luis López, Commission nationale
de l'énergie atomique (CNEA) de l'Argentine***Résumé*

Le présent document contient des observations concernant l'application, aux projets relatifs à l'uranium menés par la société Uranium Energy Corporation (UEC) au Paraguay, de la Classification-cadre des Nations Unies pour l'énergie fossile et les réserves et ressources minérales 2009 (CCNU-2009) et en particulier des Lignes directrices pour l'application de la CCNU-2009 à la gestion des ressources en uranium et en thorium. Sont examinés dans la présente étude de cas les projets de Yuty et de Coronel Oviedo. L'étude démontre que le modèle de maturité de projet de la CCNU-2009 est particulièrement utile pour des entreprises comme l'UEC qui sont actives en matière de prospection et d'exploitation minières. La CCNU-2009 contribue à rendre compte du degré de maturité exact du projet, en se fondant sur l'état du projet au moment considéré, ce qui est utile pour la gestion des ressources de l'entreprise. Au plan national, l'application de la CCNU-2009 permet de mieux cerner le volume de ressources fiables au Paraguay ainsi que la manière dont elles peuvent contribuer aux activités de l'industrie minière et à l'approvisionnement du marché international en combustibles nucléaires.



I. Introduction

1. Le présent rapport a été élaboré avec le concours technique de MM. Clyde Yancey et Victor Fernández d'Uranium Energy Corporation (UEC), de M. Harikrishnan Tulsidas de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et de M. Luis López de la Commission nationale de l'énergie atomique de l'Argentine (CNEA).
2. Il présente des observations concernant l'application, aux projets relatifs à l'uranium menés par l'UEC au Paraguay, de la Classification-cadre des Nations Unies pour l'énergie fossile et les réserves et ressources minérales 2009 (CCNU-2009) et notamment des Lignes directrices pour l'application de la CCNU-2009 à la gestion des ressources en uranium et en thorium [1].

II. Ressources en uranium et projets relatifs à l'uranium au Paraguay et application de la CCNU-2009

3. Au Paraguay, tous les gisements d'uranium connus sont situés dans l'est du pays, la plupart se trouvant dans des terrains gréseux sur la rive occidentale du bassin du Paraná. Le grès contenant de l'uranium est en général d'origine clastique-détritique et se trouve dans des milieux carbonatés continentaux et/ou des milieux fluviaux contenant de la pyrite ou, moins fréquemment, dans des milieux mixtes (maritimes et fluviaux). La plupart des grands gisements d'uranium piégé dans des grès datent d'une période comprise entre le paléozoïque et le mésozoïque. Au Paraguay, une des réserves est située au sud-est, près de la ville de Yuty, où les forages indiquent la présence de gisements uranifères allongés de type roll front. Il existe au moins une autre zone qui aurait de fortes chances de devenir une nouvelle région d'extraction de l'uranium, située à l'est et au nord de la ville de Coronel Oviedo, et où des prospections sont en cours (fig. 1). Il y a d'autres zones susceptibles de contenir de l'uranium à l'est du pays, dans le grès du Permien supérieur proche de la ville de Curuguaty et dans les séquences de grès silurien situées à l'est du village d'Eusebio Ayala. À ce jour, aucune extraction d'uranium n'a été faite au Paraguay.

Figure 1

Emplacement des gisements d'uranium connus dans l'est du Paraguay



Tableau 1

Ressources en uranium du Paraguay

Date des relevés : 24 août 2011 (Yuty) et 15 octobre 2012 (Coronel Oviedo) [2]

<i>Gisement</i>	<i>Type</i>	<i>Millions de tonnes de minerai</i>	<i>Pourcentage d'octaoxyde de triuranium (U₃O₈)</i>	<i>Livres-poids* d'U₃O₈</i>
Yuty (Uranium Energy Corp) NI 43-101 Ressources	Renfermé dans des grès	Ressources mesurées		
		2,054	0,062	2 801 000
		Ressources indiquées		
		5,783	0,048	6 113 000
		Ressources présumées		
		2,139	0,047	2 226 000
Coronel Oviedo (Uranium Energy Corp) NI 43-101 Cible de prospection	Renfermé dans des grès	Fourchette de la cible de prospection		
		26,3 à 48,9	0,040 à 0,052	23 100 000 à 56 000 000

* 1 tonne d'uranium (U) = 2 600 livres-poids d'U₃O₈.

Tableau 2

Ressources d'uranium au Paraguay figurant dans les systèmes de classification CCNU-2009 et AEN/AIEA

Date des relevés : 24 août 2011 (Yuty) et 15 octobre 2012 (Coronel Oviedo) [2]

<i>Projet</i>	<i>Classe CCNU-2009</i>	<i>Sous-classe CCNU-2009</i>	<i>Catégorie CCNU-2009</i>	<i>Ressources (tU)</i>	<i>Statut du Centre de production AEN/AIEA</i>	<i>Classification AEN/AIEA</i>	<i>Ressources (tU)</i>	<i>Total (tU)</i>
Yuty	Projet potentiellement commercialisable	Réalisation en attente	E2 F2.1 G1	1 080	Envisagé	RAR <\$130/kgU	3 430	4 290
			E2 F2.1 G2	2 350				
			E2 F2.1 G3	860		IR <\$130/kgU	860	
Coronel Oviedo	Projet de prospection		E3.2 F3.1 G4	8 900 à 21 500	---	PR	8 900 à 21 500	8 900 à 21 500

RAR = Ressources raisonnablement assurées.

IR = Ressources présumées.

PR = Ressources pronostiquées.

4. La prospection, l'exploitation et la production d'uranium sont menées sous l'égide du Vice-Ministère des mines et de l'énergie, qui relève du Ministère des travaux publics et des communications. À ce jour, aucun des deux organismes n'a publié de chiffre relatif aux ressources en uranium. Des ressources d'environ 4 290 tonnes d'uranium (tU) mesurées selon l'Instrument national 43-101 (NI 43-101) des autorités canadiennes en valeurs mobilières ont été déclarées par la société minière publique Uranium Energy Corporation

(UEC) [2] pour le projet de Yuty. Yuty est classé comme projet potentiellement commercialisable d'après la CCNU-2009. L'UEC déclare également un projet de prospection à Coronel Oviedo portant sur 8 900 à 21 500 tU, selon la Norme n° 43-101, pouvant entrer dans la catégorie des Ressources en uranium pronostiquées selon la classification de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ; cette classification est connue sous le nom de « Livre rouge ». Coronel Oviedo est classé comme projet de prospection d'après les critères de la CCNU-2009. Le classement des ressources et des projets est résumé au tableau 1 (NI 43-101 Ressources et NI 43-101 projet de prospection) et au tableau 2 (CCNU-2009 et AEN/AIEA). On a utilisé dans la présente étude de cas [3] le document-relais entre le modèle des International Reporting Standards mis au point par le Committee for Mineral Reserves (CRIRSCO) et la CCNU-2009 et le document-relais entre la classification de l'uranium de l'AEN/AIEA et la CCNU-2009.

5. Aucun autre projet relatif à l'uranium au Paraguay n'a permis de déceler des ressources.

III. Projet de Yuty

6. Le projet de Yuty s'étend sur 117 232 hectares. Il est situé à quelque 200 kilomètres à l'est et au sud-est d'Asunción, capitale du Paraguay. La prospection d'uranium au sud-est du Paraguay a été amorcée en 1976 par l'entreprise Anschutz, en application de l'Accord de concession conclu entre le Gouvernement paraguayen et Anschutz en décembre 1975. Cet accord autorisait Anschutz à entreprendre des activités de prospection pour tous les minéraux, à l'exception du pétrole, du gaz et des matériaux de construction. Au début, la prospection menée par Anschutz en 1976 s'étendait sur une concession exclusive de quelque 162 700 kilomètres carrés, soit pratiquement l'ensemble de la moitié est du Paraguay. Elle a été suivie par un programme de forage au diamant et de forage rotatif dans certaines zones cibles. Au total, des forages ont été effectués sur environ 75 000 mètres de 1976 à 1983. L'entreprise Cue Resources Ltd a foré 31 000 mètres supplémentaires entre 2007 et 2011 afin de définir les ressources actuelles de Yuty [2].

7. La zone du projet de Yuty est située dans la partie occidentale du bassin du Paraná au sud-est du pays, à proximité du gisement d'uranium de Figueira au Brésil (fig. 2). Elle repose sur des roches sédimentaires continentales du permien-carbonifère supérieur [4]. Les unités sédimentaires continentales de la formation de San Miguel (du permien-carbonifère supérieur) sont connues pour leur fort potentiel en termes de prospection de l'uranium dans l'est du Paraguay. On pense que la source de l'uranium se trouve dans la formation souterraine de Coronel Oviedo, qui communique avec la formation d'Itataré, laquelle est recouverte par la formation de Rio Bonito au Brésil.

8. Des dykes et des filons-couches de diabase s'insèrent parfois dans les roches sédimentaires, comme on l'observe dans le projet de Yuty. Les affleurements sont rares et sont essentiellement mis au jour par les tranchées de route et la cartographie s'effectue par des forages. Les roches de la zone de Yuty présentent un léger pendage vers l'est et sont non déformées. Des zones de faille normales orientées nord-ouest et nord-est coupent parfois les unités sédimentaires. Les travaux de prospection menés jusqu'ici donnent à penser que la minéralisation de l'uranium se trouvant dans la formation de San Miguel est stratiforme, et peut-être d'origine syngénétique ou diagénétique. Selon l'interprétation récente des données de prospection, les zones d'altérations à limonite et hématite observées dans le grès gris-vert à grain fin de Yuty présentent des caractéristiques similaires aux assemblages d'altérations que l'on trouve dans les gisements de type roll front du bassin de la Powder River et dans les plaines côtières du sud du Texas aux États-Unis (fig. 3).

9. Les ressources minérales du projet de Yuty sont contenues dans une couche subhorizontale de grès à grain fin de l'énorme masse sableuse de la formation de San Miguel. L'estimation des ressources a été effectuée à partir d'un modèle géologique de ressources en trois dimensions. Le modèle géologique était fondé sur une valeur de seuil radiométrique de trous de forage de 0,02 % équivalent U_3O_8 d'une épaisseur minimum de 0,1 mètre, qui a permis de délimiter de manière plus précise la zone minéralisée. L'estimation des ressources a été achevée à l'aide de méthodes géostatistiques courantes appliquées à un modèle de bloc tridimensionnel élaboré dans un logiciel commercial de modélisation.

Figure 2

Présence d'uranium dans le bassin du Paraná, au Paraguay et au Brésil

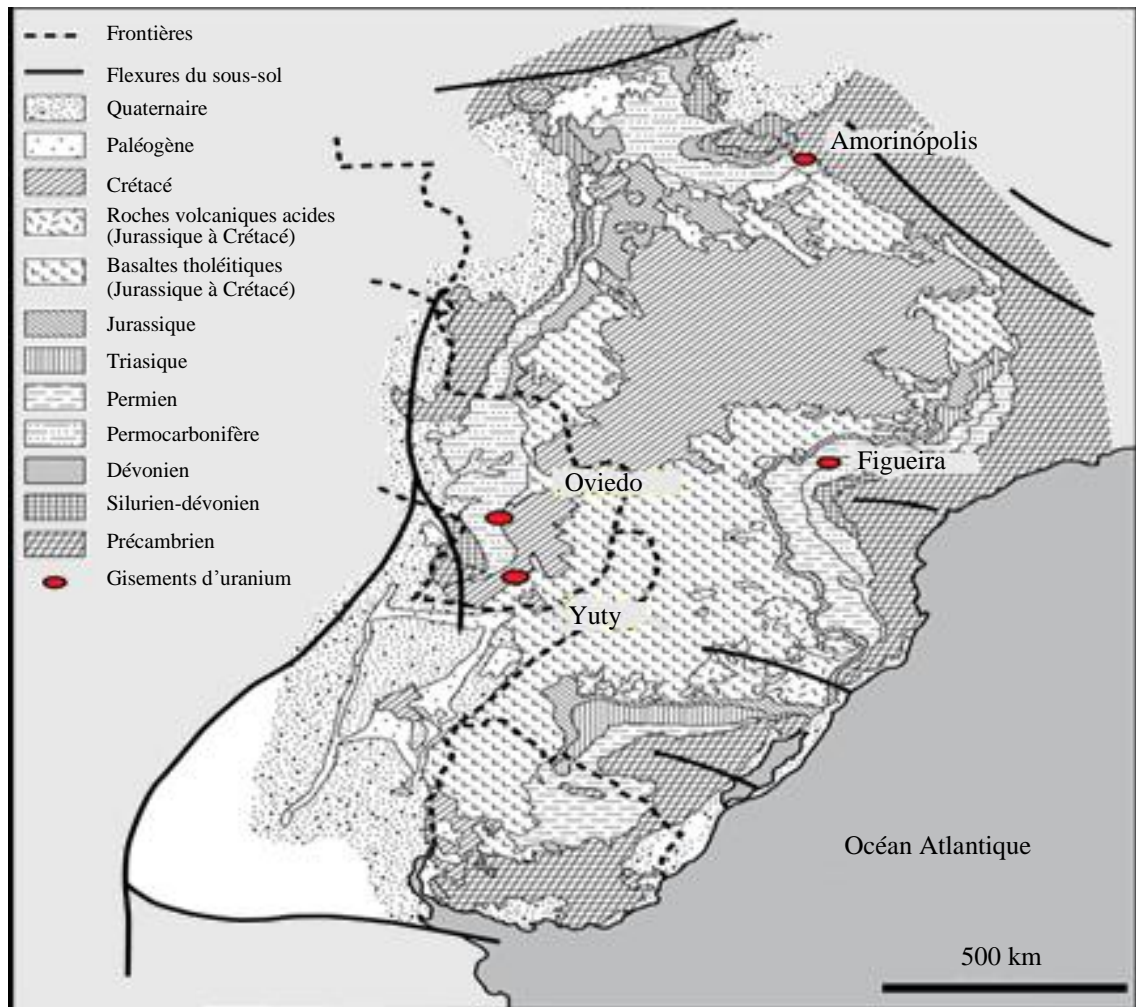


Figure 3
Projet de Yuty



10. Environ 4 290 tU (tonnes d'uranium) de ressources certifiées selon la norme canadienne 43-101 (NI 43-101) ont été signalées, avec une teneur d' U_3O_8 située entre 0,047 % et 0,062 % [2]. Ces quantités sont classées comme des ressources raisonnablement assurées (RAR) pour la catégorie des coûts de production inférieurs à 130 dollars É.-U./kgU (3 430 tU) et comme des ressources présumées pour la catégorie des coûts de production inférieurs à 130 dollars É.-U./kgU dans le système AEN/AIEA (voir appendice 3 du « Livre rouge ») [5]. Ces ressources relèvent des catégories G1, G2 et G3 de la CCNU-2009 (tableau 2).

IV. Projet de Coronel Oviedo

11. Le projet de Coronel Oviedo est situé au sud-est du pays, à quelque 150 kilomètres à l'est d'Asuncion, capitale du Paraguay, et à 170 kilomètres au nord de Yuty. Ce projet consiste en une vaste concession minière d'une surface totale d'environ 188 000 hectares. Il a fait l'objet d'une prospection préliminaire d'uranium menée par l'entreprise Anschutz de Denver (Colorado) de 1976 à 1983 et par Crescent Resources de Vancouver (Canada) de 2006 à 2008. En 2012, l'UEC a achevé un programme de forage de 10 000 mètres, à l'issue duquel 35 trous de forage ont été creusés à une profondeur moyenne de 290 mètres. Les trous ont été creusés sur des lignes orientées d'est en ouest le long de structures géologiques dont on estime qu'elles renferment toutes les réserves d'uranium. Ils étaient très espacés, à intervalles de 1 à 2,4 kilomètres (fig. 4). Une étude relative à l'extraction du radon a été menée sur la bordure ouest du bassin, selon les résultats de prélèvements effectués sur les affleurements et les anomalies radiométriques relevées dans l'air au fil des années, qui indiquent la possibilité d'un gisement d'uranium peu profond.

Figure 4
Projet de Coronel Oviedo



12. Le principal résultat du forage effectué récemment à Coronel Oviedo est la découverte d'un front d'oxydoréduction d'environ 21 kilomètres et l'existence d'une couche de minéralisation épaisse (1,9 à 11,1 mètres). De plus, sur la base des anomalies radiométriques de surface et des données limitées tirées des forages, on peut envisager que le front d'oxydoréduction s'étend sur 40 kilomètres supplémentaires. Sur la base de ce forage, on a calculé d'après la norme NI 43-101 une cible de prospection qui s'établit entre 23,1 et 56 millions de livres-poids d' U_3O_8 (entre 8 900 et 21 500 tU) avec une teneur en U_3O_8 comprise entre 0,04 et 0,052 % [2]. Ces ressources appartiennent à la catégorie des ressources pronostiquées du système de l'AEN/AIEA, dans la mesure où les quantités estimées devraient se trouver dans des gisements dont les éléments d'appréciation sont essentiellement indirects et dont on pense qu'ils se trouvent dans des corridors géologiques ou des zones de minéralisation bien définis à l'intérieur du gisement connu, par exemple ceux de Yuty. La quantité d'uranium se trouvant dans le projet de Coronel Oviedo est classée dans la catégorie G4 de la CCNU-2009 (tableau 2).

V. Examen de la faisabilité des projets

13. En général, des essais de pompage de l'aquifère sont réalisés pour démontrer la faisabilité de l'extraction de l'uranium renfermé dans des grès par le biais de la technique de récupération *in situ*. Ces essais ont été effectués sur les sites de Yuty et de Coronel Oviedo. Ils révèlent que l'unité contenant de l'uranium présente des caractéristiques aquifères qui correspondraient au taux opérationnel de l'exploitation minière par récupération *in situ* et que les propriétés aquifères révélées par l'essai s'inscrivent dans la fourchette de valeur déterminée pour d'autres projets de récupération *in situ* de l'uranium situés aux États-Unis. Le peu de données de base issues des deux sites de projet indique que la minéralisation ou l'uranium a atteint un équilibre radiométrique. Des études limitées sur la lixiviation par agitation menées à Yuty indiquent que la lixiviation acide ou alcaline libère l'uranium. Sur la base des études réalisées, le projet de Yuty a été classé dans la catégorie F2.1, c'est-à-dire que des activités de projet sont en cours pour justifier une exploitation dans un avenir prévisible. Sur la base des études de faisabilité du projet de Coronel Oviedo, les quantités ont été classées dans la catégorie F3.1, conformément à la spécification générique R de la CCNU-2009, intitulée « classification des quantités

associées à des projets de prospection »¹, et dans laquelle « les études géologiques et activités de protection effectuées sur place ont mis en évidence l'existence potentielle d'un gisement avec un degré de certitude suffisant pour justifier un forage ou des essais visant à confirmer l'existence de ce gisement dont la forme, la qualité et la quantité permettent d'évaluer la faisabilité de l'extraction ».

VI. Considérations socioéconomiques

14. Lorsque le Ministère des travaux publics et des communications accorde une concession minière à un opérateur, le projet entre d'abord dans une phase de prospection d'une durée maximale de six ans, au cours de laquelle l'entreprise doit proposer un projet et démontrer sa viabilité. La phase de prospection est suivie d'une phase d'exploitation d'une durée maximum de vingt ans pouvant être prolongée de dix ans, au cours de laquelle le processus d'attribution de permis environnementaux peut commencer, ce qui constitue une étape essentielle avant de commencer la production et permet de réduire les coûts fonciers ainsi que différents coûts d'investissement. La phase d'exploitation est suivie d'une phase de production d'une durée indéterminée. Le projet de Yuty se trouve dans la première année de la phase d'exploitation et le projet de Coronel Oviedo est dans la quatrième année de phase de prospection.

15. La loi paraguayenne relative aux industries extractives exige que l'ensemble de la législation en vigueur relative à l'environnement soit respectée pour que le Gouvernement accorde des concessions minières et des permis. Tous les projets relatifs à l'uranium acceptés sur le territoire de la République du Paraguay doivent être conformes à l'ensemble des plans et réglementations applicables et les permis doivent être approuvés par le Secrétariat à l'environnement, qui est l'instance nationale de contrôle. Un plan détaillé permettant d'évaluer les conditions environnementales de base et les effets sur l'environnement doit être soumis, approuvé et mis en place avant que la production puisse démarrer.

16. Lors des phases de prospection et d'exploration pour les projets de Yuty et de Coronel Oviedo, la population locale a été associée directement aux travaux pour les activités de forage et d'aménagement foncier. Il s'agissait principalement d'emplois temporaires impliquant des travaux de terrain et des activités connexes. Le personnel de terrain recruté pour la maintenance de l'équipement est local [2].

17. Les avantages économiques des activités de forage menées près de Yuty ont bien été accueillis par la population locale, qui a profité du développement de l'infrastructure immobilière et commerciale construite en grande partie pour les habitants de la localité de San Antonio, qui jouxte le projet de Yuty. La ville de Yuty a également tiré des avantages économiques de la mise en œuvre du projet.

18. Aucun conflit important concernant les activités liées aux projets de prospection d'uranium menés par les entreprises minières n'a été signalé dans le cadre du mécanisme volontaire d'auditions publiques avec les communautés concernées [6]. Le but des auditions publiques était de mettre en place un moyen de communication directe avec plus de 2 500 personnes afin de bien rendre compte de la portée des projets miniers exposés ci-dessus.

19. Au vu de ce qui précède, les quantités d'uranium du site de Yuty sont classées dans la catégorie E2, c'est-à-dire « viabilité économique probable de l'extraction et de la vente dans un avenir prévisible ». Les quantités d'uranium du site de Coronel Oviedo sont classées dans la catégorie E3.2, c'est-à-dire qu'« il n'est pas encore possible de déterminer la viabilité économique de l'extraction, faute d'informations suffisantes (par exemple pendant la phase de prospection) ».

¹ CCNU-2009 *incorporating* Specifications for its Application, Série énergie de la CEE n° 42, ECE/ENERGY/94, partie II, VI Spécifications génériques.

VII. Conclusions

20. Sur la base d'un examen attentif des critères E, F et G, le projet de Yuty a été classé comme projet potentiellement commercial au titre des catégories E2, F2.1, G1, G2 et G3, avec 4 290 tU. Il entre dans la sous-catégorie intitulée « réalisation en attente ».

21. Le projet de Coronel Oviedo est classé comme projet de prospection au titre de E3.2, F3.1 et G4, avec 8 900 à 21 500 tU.

22. L'application des documents-relais entre le modèle du CRIRSCO et la CCNU-2009 et entre la classification du « Livre rouge » de l'AEN/AIEA et la CCNU-2009 rend le transfert des quantités d'uranium d'un système à l'autre précis et cohérent, permettant ainsi de comparer les données communiquées au titre des différents programmes.

23. L'étude de cas prouve que le modèle de maturité de gestion de projet de la CCNU-2009 est particulièrement utile pour des entreprises comme l'UEC qui font de la prospection et de l'exploitation minières. La CCNU-2009 peut permettre d'indiquer avec précision le degré de maturité du projet sur la base de son état d'avancement, ce qui sera utile pour la gestion des ressources de l'entreprise. Au niveau national, l'application de la CCNU-2009 permet de mieux connaître les volumes de ressources fiables du Paraguay et la manière dont ces ressources peuvent contribuer à l'activité minière et à l'approvisionnement du marché international en combustibles nucléaires.

Bibliographie

- [1] Guidelines for Application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 for Uranium and Thorium Resources. Peut être consulté à l'adresse suivante : http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/comm24/ECE.ENERGY.2015.7_e.pdf.
- [2] Uranium Energy Corporation, 2011, <http://www.uraniumenergy.com>.
- [3] CEE (2014) Document relais entre la classification de l'uranium par l'AEN/AIEA et la CCNU-2009. Peut être consulté à l'adresse suivante : http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/comm23/ECE.ENERGY.2014.6_f.pdf.
- [4] P.M.C. Barretto, « Sedimentary and tectonic environments for uranium mineralization in the Parana Basin, Brazil, » dans Geological Provinces of Sandstone-Type Uranium Deposits (IAEA-TECDOC 328) Vienne, AIEA, 1985.
- [5] OCDE-AEN/AIEA (2014) Uranium 2014 : Ressources, production et demande. Rapport établi conjointement par l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire et l'Agence internationale de l'énergie atomique. Peut être consulté à l'adresse suivante : <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf> et <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7211-uranium-2014-es-fr.pdf> pour un résumé en français.
- [6] Uranium Energy Corporation, 2016, Communications individuelles.