

Exposé de Physique Chimie

THEME :

URANIUM: MINERAIS ; EXTRACTION, TRAITEMENT ET ENRICHISSEMENT

Année scolaire 2014/2015

Sommaire

Introduction.....	3
I) Généralité sur l'uranium	3
1.1- Caractéristiques.....	3
1.2- Avantages.....	4
1.3- Inconvénients.....	4
II) Extraction du minerai d'uranium.....	5
2.1- L'exploitation en galerie souterraine	5
2.2- L'exploitation à ciel ouvert	5
2.3- L'exploitation par lixiviation <i>in situ</i> :	6
2.4- La coproduction	6
III) Traitement des minerais d'uranium.....	6
3.1- Le traitement dynamique.....	6
3.2- Traitement par lixiviation en tas par voie acide	7
IV) Enrichissement de l'uranium	7
4.1- La diffusion gazeuse	8
4.2- La centrifugation.....	8
Conclusion.....	8
LEXIQUE.....	10
BIBLIOGRAPHIE.....	11

Introduction

Le premier minerai d'Uranium (l'uranite ou la pechblende UO_2) fût découvert en 1789 par le chimiste Prussien Martin Heinrich Klaproth. L'uranite est en effet le minerai d'uranium le plus commun.

L'uranium est un élément chimique de symbole U et de numéro atomique 92, de la famille des actinides. Il se trouve en abondance dans l'écorce terrestre ; on en trouve à l'état naturel dans les roches, les sols les rivières et les océans.

Il est utilisé dans diverses applications, les uns controversés par rapport aux autres. Mais, avant toute utilisation cet élément chimique doit être au préalable extrait, traité et enrichi. Ces trois (3) volets constitueront l'essentiel de notre travail.

I) Généralité sur l'uranium

Le minerai d'uranium est un métal stratégique du fait de son utilisation. Notre pays le Niger en est le quatrième producteur mondial derrière le Kazakhstan, le Canada, l'Australie et devant la Namibie. Par ailleurs il regorge nombreux réserves de gisement uranifère comme la grande Mine d'Imouraren dont l'exploitation a été différée par accord entre **AREVA** et le gouvernement pour officiellement la baisse du prix du minerai. L'exploitation de ce grand **gisement** devrait positionner le Niger au deuxième rang ; ce qui représenterait une manne financière non négligeable. Cependant, il est très judicieux d'avoir d'amples informations sur ce minerai dit de stratégique.

1.1- Caractéristiques

- Le minerai d'uranium est de couleur gris métallique, sa masse volumique est de $19,1g/cm^3$
- C'est un métal lourd et **radioactif**
- Il est à l'état ordinaire solide avec un **point de fusion** de $1135^\circ C$, un **point d'ébullition** de $4131^\circ C$, une **énergie de fusion** de $15,48KJ/mol$ et une **énergie de vaporisation** de $477 KJ/mol$
- L'uranium possède 26 **isotopes** connus dont seulement trois sont présent à l'état naturel ; ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U
- Il est dit naturel lorsqu'il est constitué de 99,2743% de ^{238}U accompagné de 0,7202% de ^{235}U et d'une infime partie 0,0055% de ^{234}U

1.2- Avantages

- Le minerai d'uranium permet la production d'énergie électrique nécessaire à une population mondiale sans cesse croissante (8 milliard d'habitant d'ici 20 ans), en France 30% des ampoules sont alimentées par l'uranium Nigérien ;
- Il est économique : 1Kg d'uranium naturel permet la production de 500 000 **méga joules** (MJ) à comparer avec les 49 MJ obtenu par 1Kg de gaz naturel, 45 MJ pour un Kg de pétrole et 20 à 30 MJ pour 1Kg de charbon ;
- L'uranium est une source d'énergie sans émissions de **gaz à effet de serre** (GES) ce qui permet de lutter contre le réchauffement climatique, le déficit du millénaire ;
- Il est utilisé dans la médecine : le cobalt-60 (radio isotope) permet un traitement efficace du cancer, un centre existe à Niamey à la rive droite en partant vers le Centre Hospitalier Universitaire CHU ;
- Utilisation de l'uranium dans le domaine de l'alimentation : la technologie nucléaire a permis la mise au point d'un procédé permettant **l'irradiation** des aliments ce qui permet d'éliminer les risques d'infection bactérienne ;
- Dans le domaine agricole on se sert des technique nucléaire pour lutter contre les insectes ravageurs et développer de nouvelle souche de plante augmentant ainsi la production ;
- L'uranium est utilisé dans les détecteurs de fumée, dans les aéroports pour scanner les bagages, dans la construction des routes pour vérifier la densité des surfaces....

1.3- Inconvénients

- Le minerai d'uranium est radioactif, c'est à dire qu'il est susceptible d'émettre des particules subatomiques alpha ou Beta très dangereuses pour la santé ;
- L'uranium présente une toxicité comparable à celle d'autres métaux lourds, du même ordre que celle du plomb, le rein est l'organe le plus critique ;
- Fabrication et risque de prolifération des armes nucléaire : bombes atomiques, Bombe à Hydrogène ...
- Le nucléaire a des effets néfastes sur l'environnement : contamination de l'eau, l'air et le sol à l'origine de cancer ;
- En 2005, une étude de la Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la radioactivité (CRIIRAD) montra que les indices d'activité alpha globale dans deux échantillons prélevé a la Somaïr (Arlit) sont élevé : **1Bq/l**(eau zone urbaine) et 11 Bq/l(eau zone Industrielle c'est-à-dire des valeurs qui sont respectivement 10 fois et 110 fois supérieur au seuil de 0,1 Bq/l recommandé par l'Organisation Mondial de la Santé (OMS) ;
- Le coût total de la gestion à long terme des déchets, le coût futur du démantèlement des centrales trop vieille et le coût éventuel d'un accident grave pourraient ternir l'aspect économique du nucléaire ;
- Les centrales nucléaires sont vulnérables et dangereuses surtout dans cette ère de terrorisme : les accidents de Tchernobyl, de Three mile Island et Fukushima récemment en sont des illustrations.

II) Extraction du minerai d'uranium

L'extraction du minerai d'uranium est une industrie minière qui commence avec la prospection. Cela consiste à examiner les terrains en vue de découvrir d'éventuels gisements d'uranium. Aujourd'hui, la technique de prospection aérienne radiologique est la plus employée pour la prospection initiale de l'uranium. L'extension du gisement est ensuite précisée par des moyens plus classiques : échantillonnages, puis forages prospectifs. Suivent ensuite des études de faisabilité permettant de déterminer si le gisement est économiquement exploitable.

Des gisements d'uranium sont exploités au Niger dans la région d'Agadez. Il s'agit :

- ❖ De la SOMAÏR (Société des Mines de l'Air, filiale d'AREVA créée en 1968). Le gisement a une **teneur** de 3 à 3,5 Kg d'uranium par tonne. L'extraction se fait à environ 7Km au nord-ouest d'Arlit et sa production annuelle actuelle est d'environ 3000 tonnes d'uranium.
- ❖ De la COMINAK (Compagnie Minière d'Akouta filiale d'AREVA créée en 1974). Le gisement a une teneur de 4,5 à 5 Kg d'uranium par tonnes et se trouve à environ 6Km au sud-ouest d'Arlit. La capacité nominale de la compagnie est proche de 2000 tonne d'uranium.
- ❖ De la SOMINA (Société des mines d'Azelik, coentreprise entre la société chinoise **CNNC** et nigérien créée en 2007). Elle est située à 80Km au nord d'Ingall. Sa production devrait atteindre 2500 tonnes d'uranium en 2015.

Quelles sont les techniques conventionnelles d'extraction d'uranium ?

2.1- L'exploitation en galerie souterraine

C'est la technique utilisée à la Cominak. Elle est utilisée pour les minerais se trouvant en profondeur 250 m pour le cas de la Cominak qui selon AREVA la plus grande mine souterraine d'uranium au monde. Le minerai est atteint grâce à des **galeries** à l'instar des mines de charbon. En 1990, 55 % de la production mondiale provenait de mines souterraines, mais cette technique a diminué de façon spectaculaire pour ne représenter plus que 33 % en 1999 et 28 % en 2010 avec 15 095 tonnes extraites dans le monde.

2.2- L'exploitation à ciel ouvert

Technique utilisée à la Somaïr et à Somina, elle est utilisée pour les minerais pas trop loin ; 35 à 80m à la Somaïr. Cela consiste à extraire l'uranium après décapage de la partie de la roche qui le recouvre (le stérile). 13 541 tonnes ont été extraites dans le monde en 2010 à partir de cette technique, soit 25 % de l'uranium extrait cette année dans le monde.

2.3- L'exploitation par lixiviation *in situ* :

Un premier forage est réalisé, permettant d'injecter dans le sol une solution chimique puis l'uranium dissous par cette solution est récupéré à la surface grâce à un deuxième forage. 22 108 tonnes ont été extraites selon cette technique en 2010, soit 41 % du minerai mondial. Cette technique connaît un important développement essentiellement au Kazakhstan.

2.4- La coproduction

Cette méthode consiste à extraire l'uranium simultanément à l'extraction d'autres minerais, de l'or, du cuivre ou du phosphate. 2 920 tonnes ont été extraites en 2010, soit 5 % du tonnage mondial.

NB : Pour pallier à la présence de radioactivité dans les mines d'uranium, les industries minières mettent en place des mesures de sécurité spéciales : par exemple des systèmes d'arrosage et ventilation permanente pour diminuer l'irradiation et réduire les concentrations de poussières et de **radon**.

III) Traitement des minerais d'uranium

L'uranium des mines doit être séparé de sa **gangue** rocheuse et débarrassé d'un maximum d'impuretés. Les faibles concentrations en uranium des minerais extraits rendent son transport économiquement non rentable, et imposent un traitement de concentration sur place. Le concentré de « gâteau jaune » ou « yellow cake en anglais » ou encore octaoxyde de triuranium (U_3O_8) contenant 75% d'uranium soit 750 Kg par tonne est préparé aux abords de la mine par de nombreuses méthodes de traitement et de raffinage, dépendant du type de minerai.

3.1- Le traitement dynamique

Le minerai riche extrait de la roche (teneur supérieur à un pour mille) est transporté vers une usine de traitement. Il est alors :

- Concassé et broyé par des procédés mécanique ;
- Traité et purifié par des solutions chimiques (acide sulfurique : H_2SO_4) ;
- Extrait des liquides obtenus à l'aide de solution organique ou de résine échangeuses d'ions ;
- Lavé, filtré ;
- Précipité et séché.

3.2- Traitement par lixiviation en tas par voie acide

Cette technique moderne de valorisation de minerais à basse ou très basse teneur (inférieur à un pour mille) mise en place par exemple à la Somair (2009) afin d'atteindre l'objectif des 3000 tonnes permet de traiter les minerais de faible teneur. La lixiviation est dite « en tas » parce que le minerai est d'abord amassé et tassé. Il s'agit d'une première mondiale dans le domaine de l'uranium. Les différentes étapes sont les suivantes :

- Concassage du minerai dans un atelier dédié pour le réduire à la taille adaptée ;
- Agrégation des grains par un agglomérateur, à l'aide d'eau et d'acide (objectif : assurer la perméabilité et la bonne tenue des futurs tas) ;
- Acheminement des minerais jusqu'à l'air de lixiviation par des convoyeurs ;
- Mise en tas par des élévateurs positionnés sur l'air ;
- Arrosage continu du tas de minerai pendant au moins trois(3) mois par une solution acide ;
- Drainage et collecte des jus enrichis traversant les tas ;
- Extraction de l'uranium par solvant dans un atelier de traitement chimique ;
- Après séchage du minerai on obtient un concentré solide d'uranium : le yellow cake.

Le yellow cake ainsi obtenu par ces deux méthodes de traitement est conditionné et mis en fût avant d'être expédié (en France pour le cas des filiales d'AREVA) de conversion et de raffinage pour y subir de nouveaux traitements chimiques. On commence par le raffiner afin d'éliminer les impuretés ; ce qui donne du trioxyde d'uranium (UO_3) de haute pureté.

Ensuite selon le type de **réacteur** dans lequel, il sera utilisé, l' UO_3 est transformé en poudre de dioxyde d'uranium (UO_2) ou en hexafluorure d'uranium (UF_6). S'il est transformé en UO_2 , la substance obtenue pourra être convertie en pastille pour les réacteurs. S'il est transformé, en UF_6 , la substance devra subir encore deux traitements ; l'enrichissement et la conversion en UO_2 , enrichi avant d'être compacté sous forme de pastilles qui pourront être utilisés dans des réacteurs à eau ordinaire.

IV) Enrichissement de l'uranium

L'uranium naturel se compose essentiellement de deux isotopes différents le ^{238}U pour environ 99,3% et le ^{235}U pour environ 0,7% (le ^{234}U pouvant être négligé). La plupart des réacteurs commerciaux ne peuvent fonctionner que si le combustible d'uranium contient 3 à 5% de ^{235}U . L'enrichissement de l'uranium est donc l'opération qui permet d'obtenir une concentration de ^{235}U de l'ordre de 3 à 5%. Ce procédé consiste à séparer les atomes les plus légers de ^{235}U des atomes de ^{238}U qui sont prédominants et plus lourds afin d'accroître la proportion de ^{235}U . Deux procédés d'enrichissement commerciaux existent : la diffusion gazeuse et la centrifugation.

4.1- La diffusion gazeuse

Dans ce procédé, on sépare les atomes de ^{235}U et ^{238}U en projetant de l' UF_6 sous forme gazeuse à travers des parois ou membranes poreuse qui laissent passer davantage de molécules de ^{235}U . Pour mieux comprendre le fonctionnement de cette méthode d'enrichissement, on peut se représenter l' UF_6 comme de très fine particules de sable de même grosseur mais de poids différent qui sont en suspension dans l'air. Tous les grains de sables sont soufflés à travers des milliers de tamis situés les uns à la suite des autres.

4.2- La centrifugation

Dans ce procédé, le gaz UF_6 est placé dans une centrifugeuse (conteneur cylindrique qui fait tourner l' UF_6 à haute vitesse). La rotation rapide projette les atomes les plus lourds de ^{238}U vers l'extérieur de la centrifugeuse tandis que l' UF_6 se trouvant au centre s'enrichi d'une plus grande proportion d'atome ^{235}U . Comme le niveau d'enrichissement atteint par une seule centrifugeuse est insuffisant pour obtenir la concentration voulu de ^{235}U , il faut interconnecter en cascade une série de centrifugeuse. La concentration de ^{235}U augmente progressivement pour atteindre 3 à 5% à mesure qu'elle franchit les étapes de la cascade de centrifugeuse.

L'enrichissement réalisé au moyen de cette technologie consomme peu d'énergie ce qui lui confère un avantage économique considérable. En effet la centrifugation ne requiert que 2% de l'énergie nécessaire pour la diffusion gazeuse.

Conclusion

Au terme de notre investigation force est de reconnaître que l'uranium est une ressource non renouvelable (comme tous les métaux), non recyclable, et pas toujours facilement exploitable dans des conditions socialement, économiquement et/ou écologiquement acceptables.

Il en ressort clairement dans cet exposé que l'utilisation de ce minerai stratégique qui peut avoir de conséquences (positives ou négatives) sur la vie de l'homme doit subir beaucoup de transformation (de la prospection à l'enrichissement) avant son utilisation finale.

Cependant, l'utilisation de l'uranium (civile ou militaire) est à l'origine de bon nombre de controverses entre d'une part les **écologistes** et partisans du nucléaire et d'autre part entre l'**OTAN** et des pays comme l'IRAN.

Par ailleurs, ce minerai compte beaucoup pour notre pays, le Niger, ne serait que pour les milliers d'emplois induits par son exploitation.

Ainsi, proposons-nous des interrogations :

1° A l'instar des pays qui préparent l'après pétrole, que fait le Niger pour l'après uranium ?

2° En tant que grand producteur mondial de cette source importante d'énergie ; ne serait-il pas judicieux d'opter pour l'acquisition d'une centrale nucléaire ? Dans une intégration sous régionale (CEDEAO) par exemple ? Afin de pallier à notre déficit énergétique, handicap de notre économie.

LEXIQUE

Areva : multinationale française, leader de l'énergie nucléaire.

Becquerel (Bq) : unité d'activité des rayonnements ionisants.

CNNC : China National Nuclear corporation.

Ecologiste : Personne qui lutte pour le bien être de l'environnement.

Fission : désintégration d'un noyau lourd en noyaux plus légers.

Galerie : Passage souterrain

Gangue : substance qui enveloppe un minerai

Gaz à effet de serre : composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuant à l'effet de serre (dioxyde de carbone CO₂, tétrafluorométhane CF₄, vapeur d'eau H₂O, Ozone O₃)

Isotope : nom des éléments dont les noyaux ont le même nombre de protons mais un nombre différents de neutron.

Irradiation : le fait d'exposer aux radiations (rayonnements ionisants).

Joule : unité d'énergie (1MJ=0,28KWh)

OTAN : Organisation du traité de l'atlantique nord ; traité de défense signé entre les principaux pays occidentaux contre les pays communiste.

Point de fusion : température à une pression donnée à laquelle un composé chimique passe de l'état solide à l'état liquide.

Point d'ébullition : température la plus élevée que peut atteindre un corps avant de s'évaporer sous forme gazeuse.

Radioactivité : Désintégration spontanée des noyaux atomique par l'émission de particules subatomique (alpha et Beta)

Radon : Gaz naturel radioactif.

Réacteur nucléaire: appareil qui produit de l'énergie à partir de réaction de fission ou de fusion nucléaire.

Sievert : L'unité de base de la dose de rayonnement est le gray. Toutefois parce que diverse forme de rayonnements ionisant ont des effets différents sur le corps humain, on utilise une unité spéciale, le sievert (Sv) laquelle tient compte de ces différences.

Teneur : Ce qu'un corps contient d'une substance.

BIBLIOGRAPHIE

- **WWW.google.com;**
- **www.areva.com;**
- **Wikipédia ;**
- **Etude du CRIIRAD de l'exploitation de l'uranium par les filiales de COGEMA-AREVA au NIGER;**