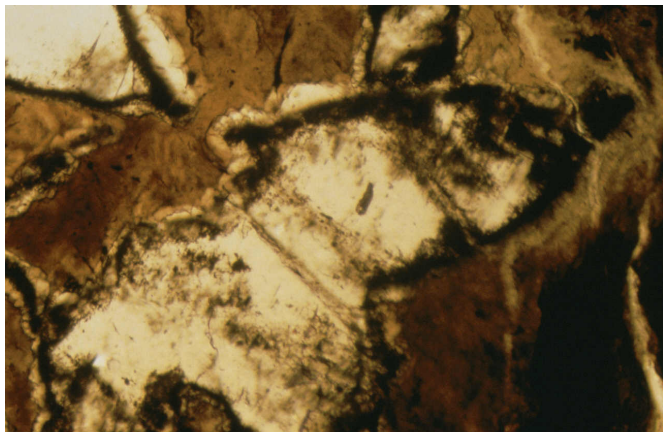


L'uranium des phosphates : une ressource plus limitée que prévue usuellement

par *Sophie GABRIEL et Florian FIZAINE*

Depuis 2007, la hausse des prix de l'uranium a rendu économiquement rentable cette production comme sous-produit des phosphates (extraits pour produire de l'acide phosphorique). Cependant, cette production d'uranium est limitée par la production mondiale d'acide phosphorique et serait au maximum de 10,6 ktU/an. Le coût prohibitif d'une production d'uranium seul (sans valorisation d'acide phosphorique), de l'ordre de 3 000 \$/kgU, ne permet pas de lever cette limite de capacité de production. Par ailleurs, les ressources d'uranium des phosphates sont loin d'être aussi importantes que ce que certaines études pouvaient le laisser envisager. Sur la base des informations actuelles, elles seraient de l'ordre de 4 MtU.

Les roches phosphatées peuvent contenir des quantités non négligeables, d'uranium. Pour la plupart des gisements, les concentrations moyennes restent faibles, entre 60 et 200 ppm (partie par million). Cependant les teneurs de quelques gisements, comme celui d'Itatai (Santa Quitéria) au Brésil, peuvent contenir jusqu'à 1 000 ppm d'uranium. En moyenne, on peut retenir une teneur d'uranium dans les roches phosphatées d'une centaine de ppm.



Apatite

Réserves d'uranium dans les roches phosphatées

Selon un certain nombre d'études, les réserves mondiales d'uranium dans les roches phosphatées seraient comprises entre 7,3 MtU et 22 MtU. Bien sûr, les réserves d'uranium dépendent directement des réserves estimées des roches phosphatées. Le chiffre de 22 MtU, souvent repris, provient d'un rapport de 1979 de De Voto et Steven, fondé sur des réserves de roches phosphatées de 223 Gt. Celles-ci sont largement revues à la baisse dans les

estimations actuelles de grands organismes comme l'USGS (U.S. Geological Survey) (65 Gt) ou l'IDFC (International Fertilizer Development Center) (60 Gt).

L'analyse d'I-tésé est basée sur un montant de 65 Gt de réserves de roches phosphatées, une concentration moyenne en uranium de 100 ppm, et un taux de récupération globale d'uranium de l'ordre de 84% ⁽¹⁾; les réserves d'uranium sont alors de 4 MtU. Ce résultat est proche des dernières estimations de l'AIEA ou de l'OCDE (12,9 MtU dans la base UDEPO de l'AIEA, 9 MtU dans le rapport " Analysis of uranium supply to 2050" de 2001 de l'AIEA et 7,3-7,6 MtU dans le Livre Rouge 2009).

Cependant, il ne faut pas oublier que les investissements, les progrès technologiques, etc..., tant dans l'exploration que dans les procédés de production, peuvent changer les évaluations de réserves de façon significative, à longue échéance.

Historique et capacité de production

La production d'uranium comme sous-produit des phosphates bénéficie de retours d'expérience ; entre 1978 et 1998, 20 ktU ont été produites. A cette époque, huit usines américaines d'acide phosphorique mettaient en œuvre des procédés de récupération d'uranium. D'autres usines avaient également vu le jour au Canada, en Belgique, en Iraq et à Taiwan. La capacité unitaire de récupération d'uranium de ces usines variait de 50 à un peu plus de 500 tU/an.

(1) Taux de transfert de l'uranium contenu dans la roche phosphatée dans l'acide phosphorique de 93% [1] et taux d'extraction de cet uranium dans l'acide phosphorique de 90% [2] (procédé DEHPA-TOPO).

Aujourd'hui, en supposant que les 400 usines d'acide phosphorique de par le monde soient pourvues de procédés de récupération d'uranium, avec une teneur moyenne de 100 ppm et un taux de récupération global de l'uranium de 84%, la production annuelle de 176 Mt d'acide phosphorique pourraient s'accompagner d'une production annuelle de 10,6 ktU, à rapporter à une demande d'uranium de 60 ktU environ. En considérant des teneurs moyennes en uranium de 60 ou 200 ppm, et une récupération possible d'uranium à partir de toutes les roches phosphatées ou seulement à partir des gisements de type sédimentaire (87% des gisements), la capacité de production potentielle d'uranium, en sous produit des phosphates, varie de 5 à 20 ktU/an.

Ces chiffres sont optimistes : pour des raisons économiques, il faudrait certainement ne prendre en compte que les gisements de roches phosphatées ayant des teneurs moyennes en uranium au moins de l'ordre de 250 ppm et les usines de production d'acide phosphorique permettant une production annuelle minimale de 100 tU/an. Ces informations n'étant pas accessibles, il est difficile de préciser la capacité de production réaliste.

Estimation des coûts de récupération de l'uranium des phosphates

Selon diverses études, le coût de récupération de l'uranium des phosphates serait compris entre 60 et 200 \$/kgU. Compte tenu d'un prix de marché de l'ordre de 130 \$/kgU, ces coûts expliquent le regain d'intérêt de certains industriels pour cette ressource non conventionnelle en uranium.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, la production d'uranium comme sous produit des phosphates ne peut apporter qu'une contribution limitée (10% paraît une valeur très optimiste) à la demande mondiale d'uranium des réacteurs électronucléaires, car cette production est contrainte par la capacité de production d'acide phosphorique. Pour s'affranchir de cette contrainte, l'uranium serait le produit primaire des roches phosphatées. Dans ces conditions, l'uranium assumerait la totalité des coûts d'extraction des roches phosphatées et de production de l'acide phosphorique en plus de son coût de récupération ; le coût de production à attendre, selon plusieurs hypothèses, serait compris entre 1 300 et 6 300 \$/kgU, ce qui est largement prohibitif.

Conclusion

En supposant de façon très optimiste, que tout l'uranium puisse être extrait de la production actuelle de phosphates, il représenterait au maximum 10,6 ktU/an. Les scénarios mondiaux de développement du nucléaire débouchent sur des taux de croissance annuelle de plusieurs milliers de tonnes supplémentaires par an. Un

flux mobilisable de quelques 10 ktU ralentirait l'obligation de passer à des ressources d'autres natures (schistes noirs, cendres de charbon...) de seulement quelques années. Le ralentissement de l'augmentation du prix de l'uranium par la mise en œuvre de cette ressource sera donc de courte durée.

Du côté des réserves, l'uranium des phosphates ne constituera pas un nouvel Eldorado, mais pourrait apporter tout de même de l'ordre de 4 MtU, soit l'équivalent des ressources raisonnablement assurées actuelles. Cependant, les réserves d'uranium des phosphates prendront plus de 380 ans à être produites (par an, 10,6 ktU pour 176 Mt de phosphates). L'uranium en produit primaire, seule voie permettant de desserrer la contrainte de capacité de production ne verra certainement jamais le jour à cause d'un coût prohibitif, de l'ordre de 3 000 \$/kgU.

Au total, les phosphates, qui constituent l'essentiel des ressources non conventionnelles à moins de 130 \$/kg, ne semblent pas devoir apporter de solution d'une ampleur réellement significative et durable aux tensions qui se manifesteront sur les marchés de l'uranium vers le milieu du siècle, voir avant.

[1] "Fertilizer industry: Fertilizer development & environment protection, the history of uranium recovery from phosphoric acid", W.D. Belle, Pegasus TSI pour l'Arab Fertilizer Association, (novembre 2008).

[2] "Uranium by-product recovery from phosphoric acid production: methodology and cost", D. McCarn, IPI consulting (1998).