

Traduction libre proposée par la Compagnie minière Montagne d'Or

Chapitre 5.2 "Domaines thématiques : procédés cyanurés" (pp. 95 à 103)

Evaluation des performances des États membres concernant la mise en œuvre de la directive relative à la gestion des déchets extractifs ;  
Évaluation des lacunes en matière de mise en œuvre et de leurs causes profondes ; identification des propositions visant à améliorer la mise en œuvre de la directive

Rapport final

par Amec Foster Wheeler E & I UK Ltd, BiPRO GmbH et Milieu, sur une commande de la Direction générale pour l'Environnement de la Commission européenne

Juin 2017

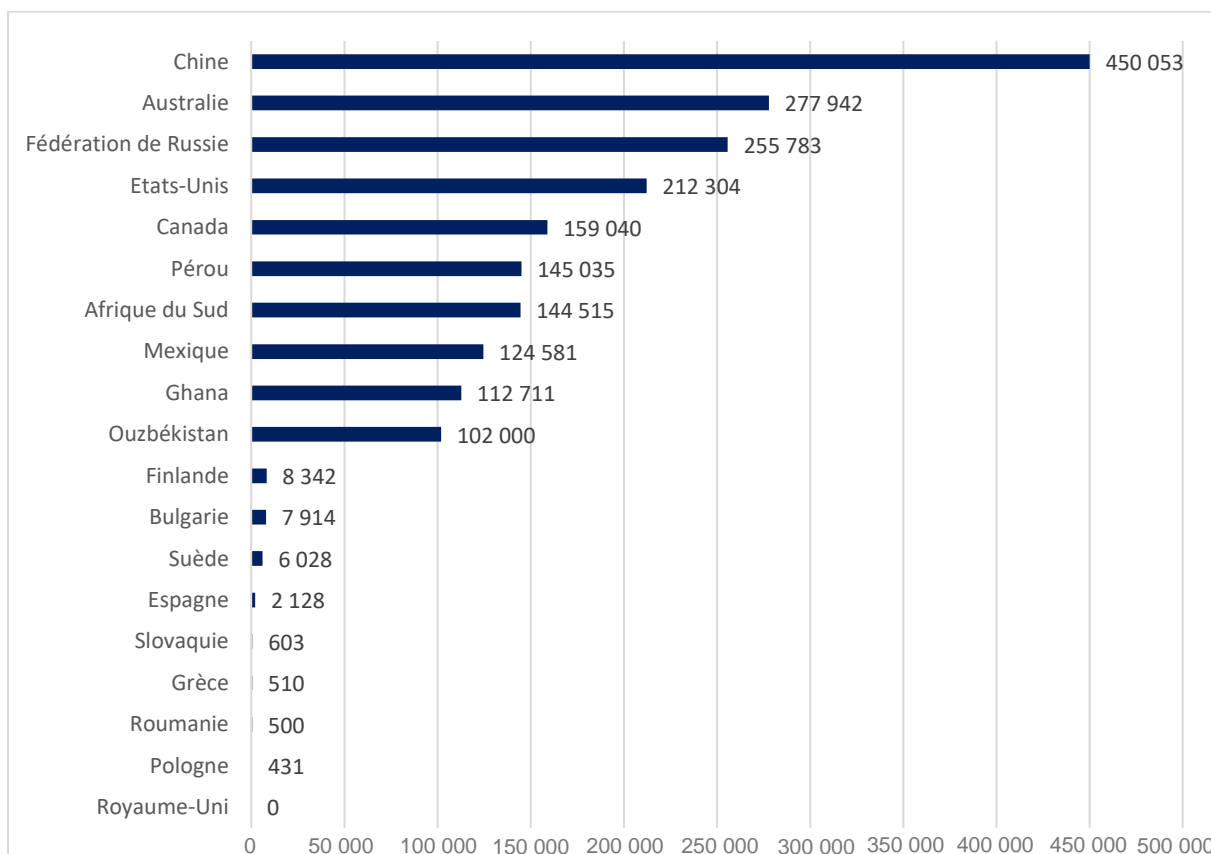
## 5.2 Procédés cyanurés

Cette section a pour objet de résumer la situation du secteur de l'exploitation aurifère en Europe ainsi que l'utilisation des technologies basées sur l'utilisation de cyanure. Elle vise également à actualiser les informations réunies dans l'étude « Impact of gold extraction in the EU »<sup>76</sup> (Impact de l'exploitation aurifère dans l'UE), en particulier en ce qui concerne les alternatives aux technologies basées sur le cyanure et l'impact d'une éventuelle interdiction<sup>77</sup> de l'utilisation de ces technologies dans l'exploitation aurifère dans l'UE.<sup>78</sup>

### 5.2.1 Exploitation aurifère en Europe

Globalement, l'exploitation aurifère a une importance mineure dans l'Union européenne, puisqu'elle représentait environ 1,3 % de la production minière globale en 2015. La Finlande, la Bulgarie, la Suède et l'Espagne sont actuellement les premiers producteurs d'or en Europe. Parmi les autres pays dans lesquels l'exploitation aurifère est faible : la Slovaquie, la Grèce, la Pologne et la Roumanie<sup>79</sup> (voir la figure 5.3 Production minière d'or pour 2015, qui dresse la liste des 10 premiers pays producteurs et des pays européens qui produisent de l'or).

Figure 5.3 Production d'or en 2015 (en kilogrammes)



Source : British Geological Survey. 2017. World Mineral Production 2011-2015  
<https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/wms.cfc?method=searchWMS>

<sup>76</sup> [http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/pdf/IH\\_2010-001.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/pdf/IH_2010-001.pdf)

<sup>77</sup> Des interdictions de l'utilisation des technologies basées sur le cyanure dans la production d'or sont en vigueur en Hongrie et en République tchèque.

<sup>78</sup> À noter que le point 4.4 sur les « Procédures de demande et d'autorisation » comporte le paramètre « Évaluation de la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles (MTD) dans la procédure d'autorisation », dont un des indicateurs est l'« Indicateur 3 : application des MTD concernant l'utilisation du cyanure (article 13(6) de la directive concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive) ».

<sup>79</sup> À noter qu'en 2014 et en 2015, la production du Royaume-Uni était nulle, alors qu'elle était de 42 kg en 2013. Le Portugal pourrait également être classé comme producteur mineur, mais aucune donnée n'est disponible.

### 5.2.2 Utilisation des technologies basées sur le cyanure

Les technologies basées sur le cyanure ne sont qu'un élément des différentes étapes qui constituent l'approche classique de la production d'or. La séquence de traitement peut être résumée comme suit :

- Extraction du minerai brut ;
- Concassage, broyage et calibrage du minerai ;
- Séparation gravitaire ou flottation (afin de séparer le minerai aurifère plus dense) ;
- Lixiviation afin d'extraire les complexes aurifères ; et
- Raffinage.

Nous nous concentrerons ici sur l'étape de lixiviation, qui utilise les technologies basées sur le cyanure. Dans les traitements hydrométallurgiques, la résistance chimique de l'or devient un inconvénient, en raison de la difficulté à trouver des réactifs (également appelés lixiviants) capables de dissoudre facilement l'or présent dans le minerai extrait. Les réactifs capables de dissoudre l'or (par exemple les complexes de cyanure, de chlorure et de soufre) sont essentiellement agressifs et toxiques. Les concentrés d'or provenant de la séparation gravitaire ou de la flottation sont traités par lixiviation basée sur le cyanure afin de récupérer une quantité d'or pouvant dépasser les 99 %. Après la lixiviation (qui peut durer plusieurs semaines), la solution « mère » contenant de l'or est traitée afin de récupérer l'or qu'elle contient par adsorption ou précipitation. Le procédé d'adsorption, qui utilise du charbon actif, est suivi de l'extraction des composés aurifères présents dans le charbon à l'aide d'une solution décapante. Pour la précipitation, la solution mère est filtrée pour extraire les solides en suspension ainsi que l'oxygène dissous et de la poudre de métal de zinc est ajoutée pour produire un précipité d'or. Une nouvelle filtration permet ensuite d'extraire l'or. Après l'étape de raffinage, la solution de cyanure est « stérile ». Elle est soit retraitée pour pouvoir être réutilisée, soit traitée<sup>80</sup> en vue de son élimination. En raison de la toxicité élevée du cyanure, la possibilité de le remplacer par d'autres réactifs a été étudiée. D'autres réactifs potentiels ont été examinés dans le rapport de 2010 « Impact of gold extraction in the EU ». Depuis 2010, d'autres études ont été menées sur les réactifs et procédés alternatifs. Ils seront abordés dans le point suivant.<sup>81 82</sup>

Globalement, Euromines estime qu'environ 90 % des mines d'or utilisent des technologies basées sur le cyanure, les autres mines étant des installations à petite échelle et artisanales qui utilisent d'autres techniques (non indiquées) ainsi qu'un petit nombre de mines dotées de gisements qui, exceptionnellement, permettent l'extraction de l'or sans utiliser de cyanure. Dans l'UE, d'après l'Artisanal and Small-scale Mining Knowledge Sharing Archive (Archive de partage des connaissances sur l'industrie minière de petite échelle et artisanale) (2017), l'extraction d'or sans cyanure se limite à la Guyane française (une région ultrapériphérique de l'UE).

La technologie basée sur le cyanure est la principale technologie utilisée pour l'extraction de l'or à l'échelle commerciale dans l'UE. Aucune information disponible permet d'évaluer ni la quantité de lixiviant à base de cyanure utilisée dans l'UE ni la quantité totale de déchets générés (nécessitant un traitement ou suivant la destruction du cyanure) par la production d'or basée sur le cyanure dans l'UE.

---

<sup>80</sup> Par volatilisation, précipitation, biodégradation ou oxydation.

<sup>81</sup> Gökelma, M., Birich, A., Stopic, S. et Friedrich, B. (2016) A Review on Alternative Gold Recovery Reagents to Cyanide. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 4, 8-17

<sup>82</sup> Laitos, J. (2013) Cyanide, mining and the Environment. *Volume 30 Pace Environmental Law Review*

### 5.2.3 Technologies alternatives

Plusieurs réactifs et procédés alternatifs pour l'extraction d'or à partir du minerai ont été étudiés et testés. Les réactifs et procédés alternatifs, ainsi que leur situation actuelle, sont décrits en détail dans le tableau 5.4.

Tableau 5.4 Alternatives aux technologies basées sur le cyanure

Nom	Description	Situation actuelle/ potentiel
<b>Alpha-cyclodextrine</b>	Seuls des essais en laboratoire ont été réalisés : on a mélangé de l'alpha-cyclodextrine dérivée de l'amidon avec des sels d'or dissous à température ambiante afin d'isoler l'or. Les déchets métalliques produits sont inoffensifs par rapport à ceux produits par les procédés cyanurés.	Seuls des essais en laboratoire ont été réalisés.  Si son développement aboutit à la faisabilité, elle pourrait constituer une technologie produisant des déchets inoffensifs, même si les réactifs (le bromure d'hydrogène et l'acide nitrique) présentent également des risques en matière de sécurité
<b>Eau régale</b>	Mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique concentrés produisant un puissant dissolvant chimique. Aucun de ces deux acides seuls ne peut dissoudre l'or, mais un mélange d'acide nitrique (1/4) et d'acide chlorhydrique (3/4) le peut. L'acide nitrique au pouvoir d'oxydation élevé dissout l'or pour former des ions d'or trivalents. Les ions d'or dissous réagissent avec les ions chlorure provenant de l'acide chlorhydrique pour former des anions tétrachloroaurate. Des taux d'extraction allant jusqu'à 100 % peuvent être obtenus. L'eau régale ne constitue toutefois pas un réactif alternatif au cyanure efficace en raison de son extrême corrosivité et de son instabilité chimique. On l'utilise uniquement dans des procédés à petite et moyenne échelle dans le raffinage de l'or. Autre inconvénient : la perte de l'argent par formation de chlorure d'argent (AgCl).	Non réalisable dans des applications à grande échelle en raison de la toxicité, de la corrosivité et de l'instabilité des réactifs (acide nitrique et acide chlorhydrique).
<b>Brome et iode</b>	Le brome et l'iode sont deux autres réactifs de lixiviation de la famille des halogénures qui ont une réaction de dissolution semblable au chlore. Ces réactifs ont un fort pouvoir d'oxydation et permettent des taux de lixiviation supérieurs à ceux de la lixiviation au cyanure. Ces systèmes présentent en outre une toxicité pour l'environnement inférieure à celle du cyanure.  En raison de la difficulté de leur manipulation et des coûts élevés des réactifs, le brome et l'iode ne sont pas utilisés à l'échelle industrielle. Les procédés au brome et à l'iode sont instables, technologiquement plus complexes et plus onéreux à utiliser que les procédés cyanurés.	Non utilisés en raison de la difficulté de leur manipulation et des coûts élevés des réactifs.  Non réalisables dans des applications à grande échelle.

Évaluation des performances des États membres concernant la mise en œuvre de la directive relative à la gestion des déchets extractifs

Nom	Description	Situation actuelle/ potentiel
<b>Chloration</b>	<p>Le chlore dissout l'or dans des solutions aqueuses en formant des complexes de chlorure solubles. La dissolution de l'or se fait en deux étapes : Le complexe Au(I)-chlorure se forme pendant la première étape à la surface de l'or. Puis, l'AuCl<sup>-</sup> se forme pendant la seconde étape. Ces chlorures se diffusent dans la solution sous la forme d'AuCl<sup>-</sup> ou s'oxydent encore pour former de l'AuCl<sub>2</sub><sup>-</sup> plus stable, en fonction du potentiel d'oxydation de la solution.</p> <p>La chloration a pour avantage son taux de dissolution élevé par rapport à la lixiviation au cyanure alcalin en raison de la solubilité plus élevée des chlorures dans l'eau. Mais le traitement des minéraux contenant de l'argent et du plomb dans le minerai au moyen de chlore pose problème en raison de la formation de couches de chlorure insolubles à la surface de l'or, ce qui entraîne une perte de récupération des métaux. Autres inconvénients : la difficulté de manipulation de la solution chlorée hautement corrosive et la nécessité de disposer de récipients de réaction fermés en raison de la formation de chlore gazeux. Le procédé a besoin d'un environnement acide. C'est pourquoi il est généralement combiné à différents réactifs acides.</p> <p>Dundee Sustainable Technologies a divulgué un procédé de chloration en circuit fermé breveté dont les avantages sont : des réactifs recyclés, l'absence d'effluents liquides ou gazeux (d'où l'inutilité d'un bassin) et la production de résidus stables et inertes. Ce procédé est opérationnel à la pression atmosphérique et à température ambiante et utilise le brome comme catalyseur. Il tolère les métaux de base et convient aux minerais de <i>preg-robbing</i><sup>83</sup> et aux minerais réfractaires. Ses coûts d'exploitation seraient similaires à ceux des réactifs basés sur le cyanure et ses coûts d'investissement seraient 10 à 15 % moins élevés. Des rendements d'extraction supérieurs à 90 % (et au-delà de 95 % dans la plupart des cas) ont été démontrés par une installation pilote sur du minerai en vrac et sur des concentrés. Un encombrement plus faible offre la possibilité de réduire la surface à réhabiliter (pas besoin de bassin de résidus, installation plus petite). Une installation de démonstration traitant 15 tonnes par jour est opérationnelle à Thetford Mines, au Canada.</p>	<p>Ne peut pas être adaptée à des activités à grande échelle. Désavantageuse d'un point de vue économique par rapport à la lixiviation au cyanure.</p> <p>Dundee Sustainable Technologies a toutefois construit une installation de démonstration d'un procédé de chloration en circuit fermé, aux résidus stables et inertes et sans effluents liquides ou gazeux.</p>
Nom	Description	Situation actuelle/ potentiel

<sup>83</sup> Les minerais de *preg-robbing* sont des minerais qui contiennent du carbone organique. Ces minerais peuvent adsorber des complexes or-cyanure dissous avec une lixiviation au cyanure qui sont ensuite perdus lors de l'étape de raffinage.

<b>Agglomération à l'huile de charbon</b>	L'agglomération huile de charbon-or (ACO) est une alternative potentielle au cyanure pour des activités à grande comme à petite échelle (artisanales). Mais elle n'est efficace que pour extraire les particules d'or libres (c'est-à-dire celles que l'on trouve dans les dépôts alluviaux et certains résidus de procédé). Elle a donc un potentiel limité pour les activités à grande échelle et pour les activités de traitement de minerais réfractaires (à savoir ceux qui sont traités en Europe). Ce procédé serait plus rapide, plus propre et plus efficace pour extraire les particules d'or libres que la cyanuration.	Uniquement efficace pour extraire les particules d'or libres. Inefficace avec les minerais réfractaires.
<b>Dithiooxamide</b>	En 2010, Anglo Operations Ltd a breveté un procédé utilisant le dithiooxamide. Ce procédé met en contact l'or contenu dans la pulpe ou la solution de lixiviation avec un ligand choisi entre le dithiooxamide (acide rubéanique) et un dithiooxamide substitué. L'or lixivié peut ensuite être adsorbé par du charbon actif. Des essais ont démontré que le ligand à base de dithiooxamide est sélectif pour l'or et d'autres métaux précieux par rapport aux autres constituants du minerai. Ce procédé a pour avantage une toxicité potentielle faible, mais des ligands efficaces d'un point de vue chimique et l'élimination aisée du ligand des solutions de déchets par ajustement des liqueurs d'effluents à des plages de pH globalement neutres, conditions qui permettent une solubilité extrêmement faible du ligand. Bien qu'un brevet ait été déposé, aucun autre développement n'est connu pour ce procédé.	Faible toxicité, mais ligands efficaces d'un point de vue chimique. Élimination aisée du ligand des solutions de déchets pour obtenir une solubilité faible. Breveté, mais aucun développement connu.
<b>Glycine</b>	Actuellement à l'étude, la glycine (un acide aminé) est utilisée comme agent de lixiviation. Le complexe or-glycine est ensuite adsorbé par le charbon actif comme les complexes cyanure-or. Après l'extraction de l'or, la glycine peut être récupérée et réutilisée pendant toute la durée d'exploitation de la mine. A la fin du cycle de vie, la glycine est biodégradable. La glycine est peu coûteuse et peut être utilisée à des températures comprises entre 23 et 60 °C. Les temps de traitement sont supérieurs au cyanure, bien que des essais à un pH élevé (10 à 11) aient démontré une augmentation des taux de lixiviation de l'or. Ce procédé convient pour les gisements cuivre-or en recourant à des extractions par étapes ; en outre, puisque la glycine est alcaline, elle convient pour l'extraction de l'or contenu dans les gisements alcalins comme la dolomite.	Actuellement à l'étude. Aucun essai à l'échelle commerciale signalé.
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Situation actuelle/potentiel</b>

	Les minerais ne nécessitent pas de broyage (ce qui réduit les dépenses en énergie). Ce procédé ne devrait pas être disponible à l'échelle commerciale avant au moins 2017.	
<b>Procédé aurifère Haber (Haber Gold Process)</b>	Le procédé aurifère Haber (HGP) serait rentable, non toxique et permettrait d'empêcher la libération de métaux toxiques lourds par les minerais traités. Le HGP extrait l'or des minerais en dissolvant l'or dans l'eau afin de le récupérer. Plusieurs types de minerais pourraient ainsi être traités (notamment les minerais d'oxydes et de sulfures). Ce procédé permet d'extraire les particules d'or ultra-fines. Des essais ont démontré que le HGP peut récupérer plus d'or en moins de temps que les procédés de lixiviation cyanurés, avec un coût comparable ou inférieur à celui de ces derniers. Mais le HGP doit être en permanence ajusté en fonction des propriétés uniques de chaque gisement. C'est pourquoi il peut ne pas être adapté pour de nombreux gîtes minéraux. Aucun exemple d'utilisation pour l'exploitation de mines de grand volume n'a été fourni.	Actuellement à l'étude. Aucun essai à l'échelle commerciale signalé.
<b>Thiocyanate</b>	<p>L'ion thiocyanate est un réactif de lixiviation alternatif au cyanure moins nocif. Dans une solution aqueuse de thiocyanate, l'or forme des complexes Au(I) et Au(III) stables. Les conditions de lixiviation optimales pour le thiocyanate peuvent être obtenues en le combinant avec un agent d'oxydation comme le fer (qui sert de catalyseur), dans des conditions acides (pH 2) et à une température élevée. Dans ces conditions optimales, un rendement d'extraction d'or de 95 % peut être obtenu avec le thiocyanate.</p> <p>Des essais ont démontré que la lixiviation au thiocyanate peut fournir des performances comparables à celles du cyanure. Il a également été démontré que le thiocyanate est plus efficace que la thio-urée et plus stable que la thio-urée et le thiosulfate. L'utilisation du thiocyanate en serait encore au stade expérimental.</p>	<p>Ne peut pas être adapté à des activités à grande échelle.</p> <p>Désavantageuse d'un point de vue économique par rapport à la lixiviation au cyanure.</p> <p>Au stade expérimental.</p>
<b>Thiosulfate</b>	<p>Le thiosulfate est un agent de lixiviation alternatif qui a un impact moins important sur l'environnement et peut également dissoudre l'or. La dissolution de l'or a lieu dans un milieu neutre en présence d'oxygène : le taux de dissolution de l'or avec le thiosulfate alcaline est relativement lent, mais il peut être amélioré en augmentant la concentration en réactifs et la température du procédé.</p> <p>L'ajout de catalyseurs de dissolution (cuivre et ammoniacque) augmente le taux de dissolution. Mais pour obtenir un rendement de lixiviation adéquat, une consommation élevée de réactifs est nécessaire.</p>	<p>Réalisable, mais peu utilisé en raison du coût plus élevé des réactifs et du taux d'extraction d'or plus faible.</p> <p>Potentiel de réduction des risques environnementaux.</p> <p>Désavantageuse d'un point de vue économique par rapport à la lixiviation au cyanure.</p>
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Situation actuelle/potentiel</b>

	<p>Le thiosulfate est donc plus onéreux que le cyanure. Les taux d'extraction sont également plus faibles.</p> <p>Le thiosulfate est un lixiviant plus efficace pour les minerais à carbone adsorbant (<i>preg-robbing</i>) et les minerais riches en cuivre que le cyanure en raison d'une sensibilité à la contamination par des cations indésirables plus faible que la cyanuration.</p> <p>Le thiosulfate convient pour le traitement de concentrés en or à fortes teneurs ainsi que pour la lixiviation <i>in situ</i> dans des mines profondes et dans le traitement de concentrés obtenus par séparation gravitaire (en particulier des concentrés contenant du cuivre hautement soluble dans le cyanure). Le complexe or-thiosulfate est plus difficile à extraire de la solution que les complexes or-cyanure ; par ailleurs, les circuits d'adsorption classiques de carbone en lixiviation ou de carbone en pulpe utilisés pour le cyanure ne peuvent pas être utilisés. En lieu et place, on utilise des résines échangeuses d'ions fortement basiques par lesquelles le complexe or-thiosulfate est adsorbé. Il reste des difficultés techniques liées à l'extraction des complexes or-thiosulfate présents dans les résines.</p> <p>Ce procédé a une application commerciale à grande échelle dans la mine de Nevada Goldstrike, aux États-Unis, mais peut ne pas convenir à tous les gisements et procédés d'extraction d'or en raison de ses coûts d'exploitation.</p>	<p>Est utilisé dans des applications commerciales à grande échelle aux États-Unis.</p>
<p><b>Thiourée</b></p>	<p>La thiourée est un réactif de dissolution de l'or potentiellement efficace en termes de taux d'extraction, de rendement et d'aspects environnementaux. Dans des solutions acides, elle forme un complexe anionique capable de dissoudre l'or. Un taux d'extraction de l'or de 99 % peut être obtenu dans des conditions optimales (faible pH de 1 à 2, présence d'oxygène et fer comme oxydant). D'autres avantages par rapport au cyanure sont sa faible sensibilité aux métaux de base et aux calcines contenant du soufre, ainsi que sa capacité à extraire l'or dans les minerais à carbone adsorbant (<i>preg-robbing</i>). Elle peut également être utilisée sur des minerais réfractaires qui sont par ailleurs résistants au cyanure et dans des procédés de lixiviation en tas et <i>in situ</i>. Les risques pour la santé sont moins graves.</p> <p>Le principal inconvénient de la thiourée est son coût élevé lié à une consommation importante pendant le procédé en raison de la perte de réactifs par oxydation et de la recyclabilité limitée.</p>	<p>Réalisable, mais pas utilisée en raison de la consommation élevée des réactifs et du coût correspondant. Utilisation possible avec les minerais à carbone adsorbant (<i>preg-robbing</i>) et les minerais réfractaires résistants au cyanure.</p> <p>Potentiel de réduction des risques environnementaux.</p> <p>Des essais indiquent qu'une combinaison de la thiourée, du thiocyanate et du sulfate ferrique réduit la consommation de thiourée et peut donc augmenter la viabilité commerciale.</p>
<p><b>Nom</b></p>	<p><b>Description</b></p>	<p><b>Situation actuelle/ potentiel</b></p>



	<p>Les coûts de détoxification sont aussi généralement élevés. La récupération d'or dans le complexe thiourée-or est souvent difficile à maîtriser et nécessite d'être améliorée.</p> <p>Des essais indiquent qu'un mélange de thiourée, de thiocyanate et de sulfate ferrique réduit la consommation de thiourée et peut donc augmenter la viabilité commerciale.</p>	<p>Aucun essai à l'échelle commerciale signalé.</p>
<b>Procédé YES</b>	<p>Le procédé YES a été breveté en 1995 par YES Technologies. C'est un procédé de lixiviation biocatalysé, sans cyanure, qui a recours à un agent de lixiviation à base de bisulfure. Cet agent de lixiviation est moins toxique que le cyanure. Les résultats des tests préliminaires suggèrent que les coûts des réactifs chimiques associés au procédé YES pourraient être 80 % moins élevés que ceux des procédés cyanurés. Une extraction d'or de 75 % a été obtenue lors d'expériences de lixiviation en deux étapes. Ce procédé en est encore au stade expérimental.</p>	<p>Actuellement à l'étude.</p> <p>Aucun essai à l'échelle commerciale signalé.</p>

Les informations examinées permettent de déduire clairement que l'extraction d'or basée sur le cyanure reste la technologie prédominante. Des réactifs alternatifs ont été testés et développés à l'échelle commerciale, mais le caractère approprié et l'applicabilité des réactifs et procédés alternatifs dépendent des types de minerais. Par ailleurs, les réactifs alternatifs s'accompagnent eux aussi de difficultés techniques, environnementales et économiques.

Les réactifs qui présentent les meilleures alternatives aux technologies basées sur le cyanure seraient les suivants :

- **Le thiosulfate.** L'utilisation du thiosulfate est viable, mais il est peu utilisé en raison des coûts plus élevés des réactifs et du taux d'extraction d'or plus faible. Ce procédé présente un risque d'impact sur l'environnement plus faible que les procédés cyanurés. Le thiosulfate est un lixiviant plus efficace pour les minerais à carbone adsorbant (*preg-robbing*) et riches en cuivre que le cyanure. Il est utilisé dans des applications commerciales à grande échelle dans la mine de Nevada Goldstrike, aux États-Unis ;
- **La chloration :** le procédé en circuit fermé de Dundee Sustainable Technologies. Alors que les procédés de chloration traditionnels ne peuvent pas être adaptés aux exploitations à grande échelle et sont économiquement désavantageux par rapport à la lixiviation au cyanure, Dundee Sustainable Technologies a développé et breveté un procédé et a exploité une installation de démonstration d'un procédé de chloration en circuit fermé qui ne génère aucun effluent liquide ou gazeux et produit des résidus inertes et stables. Ce procédé est flexible en termes de types de minerais (il tolère les métaux de base, convient aux minerais à carbone adsorbant (*preg-robbing*) et aux minerais réfractaires) et aurait des coûts de fonctionnement similaires et des coûts d'investissement moindres par rapport aux procédés cyanurés. Des applications commerciales à grande échelle doivent encore être développées ;
- **L'alpha-cyclodextrine.** Actuellement au stade des essais en laboratoire, ce réactif dérivé de l'amidon permet l'extraction d'or avec des déchets inoffensifs par rapport aux procédés cyanurés. Ce réactif potentiel doit néanmoins faire l'objet de recherches et d'expérimentations supplémentaires considérables avant de pouvoir tirer une conclusion définitive sur son potentiel commercial ; et
- **Le thiocyanate.** Des essais ont démontré que la lixiviation au thiocyanate peut offrir des performances comparables à celles du cyanure. Mais son utilisation, qui en est encore au stade expérimental, ne peut actuellement pas être adaptée aux applications à grande échelle et est économiquement désavantageuse par rapport à la lixiviation au cyanure.

La conclusion selon laquelle les technologies basées sur le cyanure restent la technologie prédominante est émise par Laitos, J. (2013)<sup>84</sup>, selon lequel « *Until further research or technological breakthroughs makes one or more of the above alternatives to cyanide economically competitive, technologically feasible, and environmentally safe, cyanide leaching will remain the only practical method for large scale gold extraction processes;* » (Traduction libre : Tant que d'autres recherches ou découvertes technologiques ne rendront pas une ou plusieurs des alternatives au cyanure ci-dessus<sup>85</sup> économiquement compétitives, technologiquement viables et sûres pour l'environnement, la lixiviation au cyanure restera le seul procédé possible pour les procédés d'extraction d'or à grande échelle).

#### 5.2.4 Vers une interdiction des technologies basées sur le cyanure ?

Des interdictions de l'utilisation du cyanure dans le traitement du minerai d'or sont en vigueur en République tchèque et en Hongrie<sup>86</sup>. Le Parlement européen a voté une résolution sur l'interdiction des technologies à base de cyanure dans l'industrie minière de l'UE<sup>87</sup> en 2010. Cela a conduit la Commission européenne, dans une réponse donnée par le Commissaire Potocnik, à conclure qu'une interdiction générale du cyanure dans l'industrie minière n'était pas justifiée d'un point de vue environnemental et sanitaire. Cette réponse indiquait que la législation en vigueur (c'est-à-dire la directive 2006/21/CE) contenait des exigences précises et strictes garantissant un niveau de sécurité approprié des installations de gestion des déchets extractifs et que les valeurs limites pour le stockage de cyanure telles que définies dans la directive étaient les plus strictes possible et impliquaient, dans la pratique, une étape de destruction du cyanure utilisé avant son stockage. Cette réponse poursuivait en expliquant qu'en raison de l'absence de meilleures technologies alternatives (c'est-à-dire avec un impact plus faible sur l'environnement), une interdiction générale de l'utilisation du cyanure impliquerait la fermeture des mines existantes qui sont exploitées en toute sécurité. Par ailleurs, la réponse de la Commission ajoutait que cela serait préjudiciable à l'emploi et n'apportait aucune valeur ajoutée supplémentaire en matière d'environnement et de santé.<sup>88</sup>

Lorsque l'on étudie la disponibilité et la situation de l'application commerciale d'alternatives aux technologies basées sur le cyanure, il ne semble pas exister actuellement d'alternative évidente pouvant remplacer ces technologies en tant que MTD<sup>89</sup>. Cette affirmation est corroborée par les commentaires émis lors de l'atelier des parties concernées (voir point 3.3) selon lesquels aucune autre alternative que celles déjà identifiées (et mentionnées ci-dessus) n'était considérée comme disponible ; on a également fait remarquer que certains des réactifs alternatifs présentent des risques environnementaux similaires ou supérieurs à ceux du cyanure.

Aucun changement matériel significatif en matière d'application et d'utilisation des alternatives aux technologies basées sur le cyanure n'a eu lieu depuis la réponse de la Commission européenne de 2010. On peut donc en conclure que la mise en place d'une interdiction impliquerait toujours la fermeture des mines existantes. Bien qu'il faille continuer à surveiller les développements réalisés en matière de technologies, il convient avant tout de se concentrer sur la pleine application de la directive par les États membres afin de faire en sorte que les mines recourant aux technologies basées sur le cyanure puissent rester opérationnelles en toute sécurité.

---

<sup>84</sup> Laitos, J. (2013) Cyanide, mining and the Environment. Volume 30 Pace Environmental Law Review

<sup>85</sup> Ont été étudiés le thiocyanate, le thiosulfate, la thiourée, l'agglomération à l'huile de charbon, le procédé aurifère d'Haber et le procédé YES.

<sup>86</sup> Roth (2010), Mines and Communities (2001), Commission européenne (2013)

<sup>87</sup> Résolution du Parlement européen sur l'interdiction des technologies à base de cyanure dans l'industrie minière de l'Union européenne. 2010. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=MQTIQN&reference=B7-2010-0240&language=FR>

<sup>88</sup> Questions parlementaires, 23 juin 2010, P-3589/2010, Réponse donnée par M. Potocnik au nom de la Commission. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=P-2010-3589&language=EN>

<sup>89</sup> Cette affirmation est étayée par l'étude du Service de recherche du Parlement européen menée par E. Falck (2017) qui n'a pas mentionné de technologies non basées sur le cyanure disponibles sur le marché.