



Second Projet de Renforcement Institutionnel du Secteur Minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), Phase V

Livrable 89

Potentiel d'exploitation minière industrielle

Par William H. Langer

Préparé pour le compte du gouvernement mauritanien par l'U.S. Geological Survey

2012

Ce rapport est un rapport administrative, dont la conformité avec les normes éditoriales de l'U.S. Geological Survey ou le code stratigraphique nord-américain n'a pas été examiné. Tout nom commercial, d'entreprise ou de produit est utilisé à des fins descriptives et n'implique pas l'approbation du gouvernement des Etats-Unis.

U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

Potentiel d'exploitation minière industrielle

1 – Synthèse

Les rapports précédents de PRISM traitent de divers minerais industriels. La majorité de ces rapports géologiques antérieurs portent une attention particulière au gypse, au phosphate, au sel, à la pierre de taille, au soufre et à l'ilménite (l'ilménite est examinée dans un rapport distinct de l'USGS dans le cadre de la présente étude). L'amiante, l'arsenic, la barytine, la fluorine et le kaolin sont répertoriés au sein d'indices (ensembles de données sur les occurrences), en tant que ressources minérales potentielles (Marsh, 2012), mais les rapports antérieurs ne contiennent pas d'examen de leur potentiel de développement. Le béryl, décrit dans le présent rapport dans le cadre de l'examen des pegmatites, figure également au sein des indices des ressources minérales potentielles, mais n'a pas été décrit en termes de potentiel minier industriel. De courts examens du potentiel pour le ciment (roches carbonatées), le sable de verrerie, la tourbe, et la sillimanite, sont également inclus dans le présent rapport.

2 – Table des matières

| | |
|---|----|
| 1 – Synthèse | 3 |
| 2 – Table des matières..... | 3 |
| Figures | 4 |
| Tableaux | 5 |
| 3 – Introduction | 6 |
| 3.1 – Vue d'ensemble du potentiel minéral industriel de la Mauritanie | 6 |
| 3.2 – Sources d'information..... | 7 |
| 3.2.1 – Facteurs géologiques..... | 7 |
| 3.2.2 – Facteurs de commercialisation | 7 |
| 4 – Minerais industriels de toute première importance | 10 |
| 4.1 – Pierre de taille..... | 10 |
| 4.1.1 – Facteurs géologiques..... | 10 |
| 4.1.2 – Facteurs de commercialisation | 12 |
| 4.2 – Granulats..... | 12 |
| 4.2.1 – Facteurs géologiques..... | 12 |
| 4.2.2 – Facteurs de commercialisation | 12 |
| 4.3 – Gypse | 13 |
| 4.3.1 – Facteurs géologiques..... | 13 |
| 4.3.2 – Facteurs de commercialisation | 15 |
| 4.4 – Phosphate | 16 |
| 4.4.1 – Facteurs géologiques..... | 16 |
| 4.4.1.1 – Gisements de phosphates au sein de la Formation de Bofal..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 4.4.1.2 – Gisements de phosphates dans le Bassin de Taoudeni..... | 17 |
| 4.4.2 – Facteurs de commercialisation | 18 |
| 4.5 – Sel..... | 19 |
| 4.5.1 – Facteurs géologiques | 19 |
| 4.5.2 – Facteurs de commercialisation | 20 |
| 4.6 – Soufre | 21 |
| 4.6.1 – Facteurs géologiques | 21 |
| 4.6.2 – Facteurs de commercialisation | 21 |
| 5 – Minerais industriels d'intérêt secondaire | 22 |
| 5.1 – Amiante..... | 22 |
| 5.1.1 – Facteurs de commercialisation | 22 |
| 5.2 – Arsenic | 23 |
| 5.2.1 – Facteurs de commercialisation | 23 |
| 5.3 – Barytine..... | 23 |
| 5.3.1 – Facteurs de commercialisation | 23 |
| 5.4 – Fluorine | 24 |
| 5.4.1 – Facteurs de commercialisation | 24 |
| 5.5 – Kaolin..... | 24 |
| 5.5.1 – Facteurs de commercialisation | 24 |
| 5.6 – Ressources minérales associées aux pegmatites..... | 25 |
| 5.6.1 – Béryl | 26 |
| 5.6.1.1 – Facteurs de commercialisation..... | 26 |
| 5.7 – Autres minerais industriels | 26 |
| 5.7.1 – Roches carbonatées..... | 26 |
| 5.7.2 – Argile | 27 |
| 5.7.3 – Sable de verrerie | 27 |
| 5.7.4 – Tourbe | 27 |
| 5.7.5 – Talc..... | 27 |
| 5.7.6 – Trona | 27 |
| 5.7.7 – Gneiss à sillimanite..... | 28 |
| Conclusions | 28 |
| Références | 29 |

Figures

| | |
|--|----|
| Figure 3.1 Carte de synthèse présentant la localisation des 164 occurrences citées de gisements de minerais industriels en Mauritanie. Données extraites de Marsh (2012)..... | 8 |
| Figure 3.2 Carte de synthèse présentant les régions géologiques de Mauritanie considérées comme favorables à des occurrences de gisements de minerais industriels (présentées de façon plus détaillée dans Langer, 2012). | 9 |
| Figure 4.1 Syénite à sodalite de la carrière de Gleibat Tleiha (Fig. 3.1), Formation géologique de Tasiast-Tijirit (d'après Pitfield et al., 2004). | 10 |
| Figure 4.2 Carrière de pierre de taille dans la granulite à grenat, au Nord de la voie ferrée, à Choum (d'après Pitfield et al., 2004). | 11 |
| Figure 4.3 Géologiques de Mauritanie Bassin Côtier avec emplacements des minerais industriels (d'après Pitfield et al., 2004). | 14 |

Figure 4.4 Répartition des ressources de phosphate sédimentaire dans le district de Bofal-Loubboira, situé à l'Ouest de Kaedi (d'après Pitfield et al., 2004). 17

Tableaux

Tableau 3.1. Occurrences de minerais industriels citées par Marsh (2012)..... 7

Tableau 4.3. Production mondiale de gypse, 2010-2011..... 15

Tableau 4.4. Production mondiale de phosphate, 2010-2011..... 18

Tableau 4.5. Production mondiale de sel, 2010-2011..... 20

Tableau 4.6. Production de soufre des onze principaux pays producteurs de soufre pendant la période 2010-2011.
..... 22

3 – Introduction

Les minerais industriels sont généralement exploités pour leurs propriétés physiques ou chimiques. Certains sont exploités comme sources de certains éléments ou composés, tels que le sel, utilisé comme matière première de l'industrie chimique, ou le phosphate naturel, pour les applications agricoles. D'autres sont exploités pour une combinaison de propriétés physiques, comme la couleur, la texture, la présence de défauts et d'irrégularités, ou l'espacement des fractures dans la pierre de taille. D'autres encore sont exploités pour une combinaison de propriétés physiques et chimiques, telle qu'une faible dureté ou une forme de grains, ou encore de faibles concentrations en métaux et autres impuretés pour le gypse pharmaceutique. De subtiles différences de propriétés physiques ou chimiques des minerais industriels peuvent faire varier les propriétés des minerais d'un gisement à l'autre.

Certaines ressources minérales industrielles, telles que la pierre de taille, ont une valeur unitaire faible et sont encombrants. De ce fait, leur valeur provient de leur proximité des moyens de transport vers le marché. D'autres, telles que les terres rares, ont une valeur unitaire élevée, et peuvent être géographiquement plus éloignées du marché. Ces variables exigent une parfaite compréhension des ressources minérales industrielles et des marchés qu'elles alimentent.

3.1 – Vue d'ensemble du potentiel minéral industriel de la Mauritanie

Une vue d'ensemble des données sur les gisements minéraux de Mauritanie (Marsh, 2012) énumère 164 occurrences de 13 minerais industriels (Tableau 3.1, Fig. 3.1, et Langer, 2012). La Figure 3.2 montre les régions de Mauritanie pour lesquelles a été anticipé un potentiel de gisements de minerai industriel, faisant l'objet d'un examen dans le cadre du présent rapport, et qui sont décrites plus en détail par Langer (2012).

Les rapports précédents portent plus particulièrement sur six minerais industriels - la pierre de taille, le gypse, l'illménite, le phosphate, le sel et le soufre. La pierre de taille est devenue une matière première intéressante au cours de la dernière décennie, et elle est maintenant produite commercialement en petites quantités. Le gypse est produit pour entrer dans la composition du plâtre et du ciment. Le sel a été exploité de manière artisanale depuis des siècles. L'illménite, le phosphate et le soufre ont fait l'objet d'études détaillées, mais ne sont pas produits en quantités significatives. Cinq minerais industriels : l'amiante, l'arsenic, la barytine, la fluorine et le kaolin — sont examinés dans les descriptions géologiques régionales (chapitres 5.1 à 5.5), et sont mis en avant comme indices de ressources minérales potentielles (Marsh 2012), mais les rapports n'examinent pas dans le détail leur potentiel d'utilisation en tant que minerais industriels. Les minerais à base de béryllium (principalement le béryl) sont inclus dans la discussion sur les pegmatites (chapitre 5.6), mais n'ont pas non plus fait l'objet d'un examen de leur potentiel comme minerai industriel. Quelques courts développements concernant le ciment, le sable de verrerie, la tourbe et la sillimanite (chapitre 5.7) sont inclus, même si aucune de ces matières premières n'a précédemment été décrite comme ressource minérale potentielle.

Il existe des synthèses contradictoires en matière de minéraux industriels au sein des rapports géologiques antérieurs (se référer, en les comparant, aux développements présentés par Marot et al., 2003 ; Pitfield et al., 2004 ; et Salpeteur, 2005). La plupart des études antérieures s'accordent sur l'existence d'un potentiel pour un ensemble de matières premières minérales industrielles, mais l'information reste

insuffisante concernant l'existence de ressources d'une taille, d'une teneur, et d'une qualité adaptées à ces usages. En outre, la plupart des occurrences minérales potentielles sont trouvées éloignées des zones de marché, et beaucoup de régions manquent d'infrastructures de transport. Cependant, avec une caractérisation des ressources supplémentaires et une analyse de marché favorable (comprenant les moyens de transport et les coûts), certaines ressources minérales industrielles peuvent être classées comme commercialement viables.

3.2 – Sources d'information

Ce rapport est une compilation et un condensé des informations existantes contenues dans les rapports dont les références sont indiquées ci-dessous. Un examen plus détaillé peut être trouvé au sein de ces rapports.

3.2.1 – Facteurs géologiques

Les descriptions géologiques des minerais industriels et des figures utilisées dans ce rapport ont été citées fidèlement, paraphrasées, ou réécrites à partir des traductions des rapports de PRISM établis par Marot et al. (2003), Pitfield et al. (2004), et Salpeteur (2005).

3.2.2 – Facteurs de commercialisation

Les facteurs de commercialisation décrits dans le présent rapport ont été tirés de Kogel et al. (2006) et de l'U.S. Geological Survey (2012).

Tableau 3.1. Occurrences de minerais industriels citées par Marsh (2012).

| <u>Matière première</u> | <u>Nombre d'occurrences</u> |
|--|-----------------------------|
| Arsenic | 1 |
| Amiante | 1 |
| Barytine | 19 |
| Béryl (minéral de béryllium) | 11 |
| Pierre de taille (marbre, granite, ornemental) | 58 |
| Fluorine | 3 |
| Gemme | 12 |
| Gypse | 1 |
| Kaolin | 2 |
| Tourbe | 23 |
| Phosphate | 29 |
| Sel | 3 |
| Soufre | 1 |
| Total | 164 |

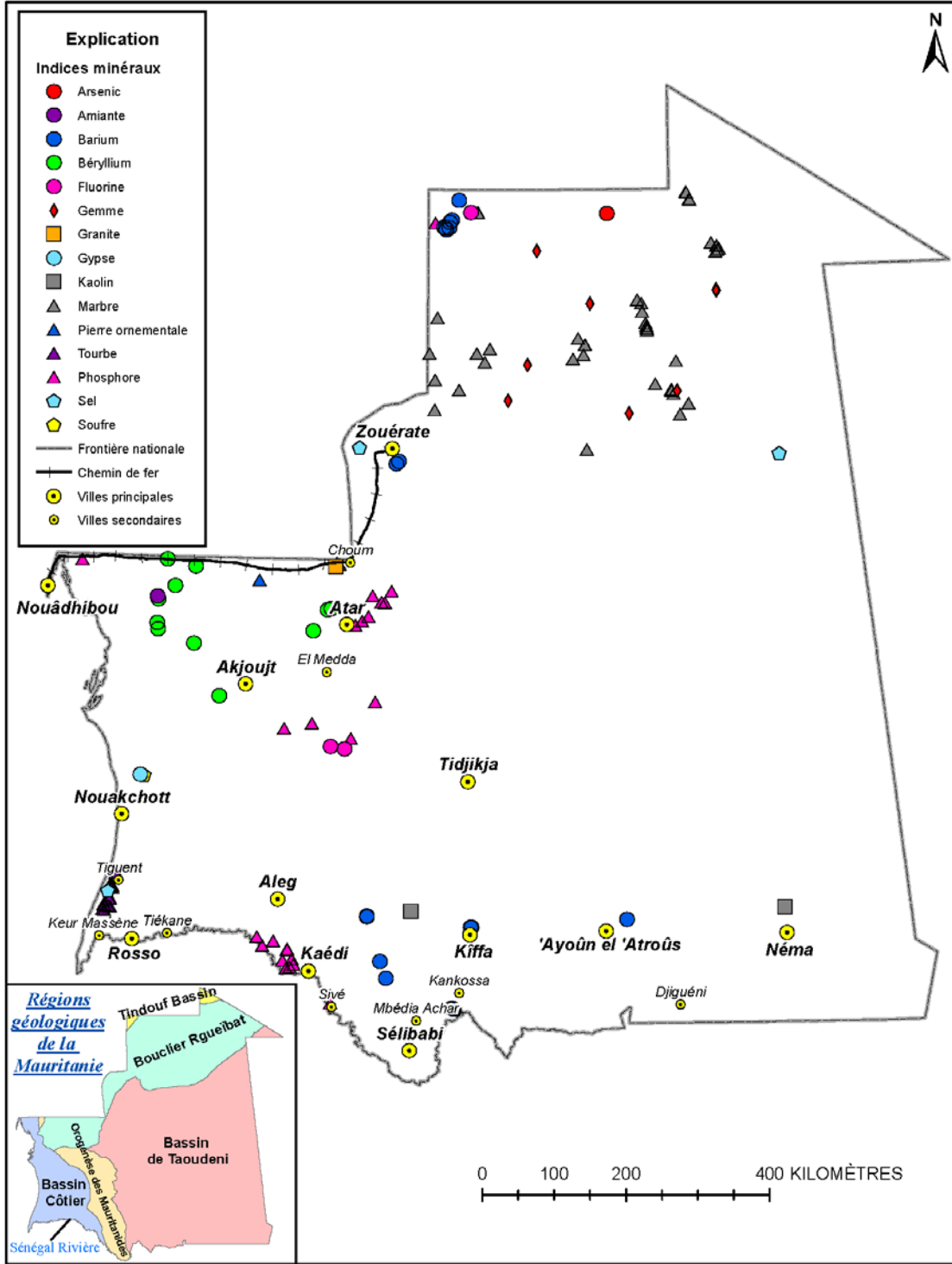


Figure 3.1 Carte de synthèse présentant la localisation des 164 occurrences citées de gisements de minerai industriel en Mauritanie. Données extraites de Marsh (2012).

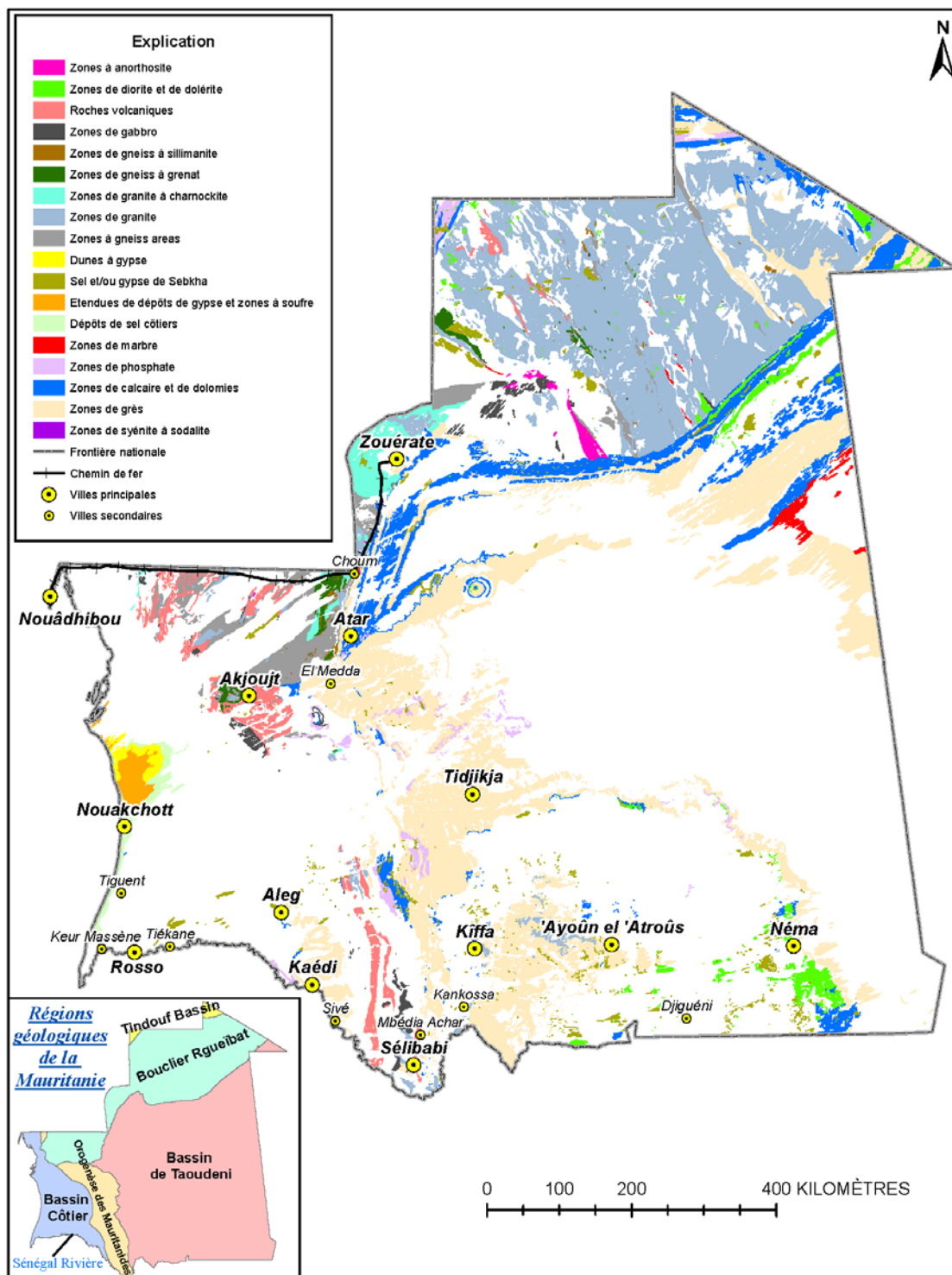


Figure 3.2 Carte de synthèse présentant les régions géologiques de Mauritanie considérées comme favorables à des occurrences de gisements de minerais industriels (présentées de façon plus détaillée dans Langer, 2012).

4 – Minerais industriels de toute première importance

4.1 – Pierre de taille

4.1.1 – Facteurs géologiques

Le chemin de fer qui s'étend de Nouâdhibou jusqu'aux mines de fer des environs de Zouérate (Fig. 3.2) offre un accès facile à la côte, et offre un couloir ferroviaire pour l'exploitation de minerais industriels à grands volumes, tels que la pierre de taille (également désignée sous le nom pierre de construction ou de pierre ornementale), pour un marché à l'exportation. Un petit nombre de carrières d'exploration sur les flancs de colline rocheux a été ouvert par la SNIM dans les roches nues, jusqu'à 20 km au sud de la voie ferrée, pour déterminer le potentiel des lithologies du sous-sol à servir de pierres de construction. La plus grande des carrières est située dans une syénite à sodalite (Fig. 4.1). Des blocs avec des faces allant jusqu'à de plusieurs mètres de longueur ont été retirés en fracturant la roche à l'aide de forages verticaux faiblement espacés, et transportés de cette carrière jusqu'à la voie ferrée, où ils sont stockés. Il y a aussi des carrières plus petites dans des gneiss quartzo-feldspathiques à grenat (Fig. 4.2), dans des gneiss à pyroxènes, ainsi que dans la syénite. Il y a un potentiel considérable pour la production de pierres taillées en raison du grand nombre de collines rocheuses à proximité de la voie ferrée. Les pierres taillées sont des dalles de roches utilisées pour couvrir et décorer l'extérieur des constructions.



Figure 4.1 Syénite à sodalite de la carrière de Gleibat Tleiha (Fig. 3.1), Formation géologique de Tasiast-Tijirit (d'après Pitfield et al., 2004).

A proximité d'Atar (Fig. 3.2), les calcaires stromatolithiques et les grès plus massifs des parties inférieures du Bassin de Taoudeni (Fig. 3.2) sont utilisées comme pierres de construction. De petits empilements de pierres calcaires sont périodiquement rassemblés et transportés vers Atar et vers Nouakchott. La Formation de Beddamez est composée de grès feldspathiques relativement tendres,

généralement à grains fins et bien lités. Elle est travaillée en blocs de pierres pour une utilisation dans de nombreux villages, tels qu'El Medda (Fig. 3.2). Ces exploitations se font typiquement à petite échelle, et mettent en œuvre des excavations de faible profondeur. Au nord d'Atar, le calcaire dolomitique au sein de la Formation de Ksar Torchane a été utilisé comme pierre de construction.

En Mauritanie, un certain nombre de types de roches peuvent être adaptées à un usage comme pierre de taille (pierre de construction, pierre décorative) ; Il s'agit notamment de l'anorthosite, de la syénite à sodalite, du gabbro, des granites, des gneiss, des gneiss à grenat, et du marbre (Fig. 3.2 et Langer, 2012). Les qualités particulières de ces types de roches comme pierre ornementale est difficile à décrire et à quantifier, et ces qualités peuvent être mieux expliquées comme étant « dans l'œil de celui qui fait cette estimation ». Les considérations générales sur la pierre de taille et les caractéristiques de pierres décoratives sont fournies par Mead et Austin (2006) et Austin et al. (2006). En plus des qualités visuelles et structurelles particulières de la roche, le commerce de la pierre de taille et de la pierre décorative est fortement dépendant des méthodes de transport et des coûts liés au transport de la carrière vers son marché d'utilisation.



Figure 4.2 Carrière de pierre de taille dans la granulite à grenat, au Nord de la voie ferrée, à Choum (d'après Pitfield et al., 2004).

4.1.2 – Facteurs de commercialisation

La pierre de taille peut être définie comme un matériau rocheux naturel extrait afin d'obtenir des blocs ou des dalles répondant à des exigences de forme et de taille (largeur, longueur et épaisseur). Les critères habituels portent sur la couleur, la texture et le motif du grain, ainsi que sur la finition de la surface de la pierre. D'autres critères importants de choix sont la durabilité (jugée essentiellement à partir de la composition minérale, de la dureté, et des résultats obtenus dans le passé), la solidité, et l'aptitude de la pierre à subir un polissage.

Bien qu'il ait probablement existé une production à petite échelle dans la plupart des pays du monde, la production de pierre de taille n'a été officiellement signalée que dans environ 26 pays. Les cinq principaux pays producteurs depuis 2000 sont, par ordre décroissant de tonnage, la Chine, l'Inde, Italie, l'Iran et l'Espagne. Ces pays ont représenté environ 60 % de la production mondiale au cours de la dernière décennie. Les ventes et l'utilisation de pierres de taille suit généralement les tendances de l'économie générale, dont les marchés de la construction dépendent fortement.

4.2 – Granulats

4.2.1 – Facteurs géologiques

Les matériaux regroupés sous le terme de « granulats » sont tout simplement le sable, le gravier et la pierre concassée, utilisés dans une variété extrêmement large d'applications de construction et d'infrastructure. En conséquence, dans la plupart des pays, la valeur annuelle de production de granulats dépasse celles des métaux, même si, en tonnage, le prix des métaux dépasse habituellement celui des granulats. Afin, en permanence, de réparer et entretenir, maintenir à niveau, étendre et moderniser les systèmes de transport, les constructions, ainsi que les infrastructures en général, un approvisionnement régulier et de qualité en granulats est une obligation pour tous les pays.

La Mauritanie possède une variété de types de roches qui pourraient être broyées et utilisées comme sources de granulats. La liste des types de roches qui peuvent être des sources potentielles de granulats est similaire à la liste des pierres décoratives et des pierres de taille - les granites, les anorthosites, les gabbros, et les gneiss (Fig. 3.2 et Langer, 2012). Les autres types de roches qui peuvent être ajoutés à cette liste sont les roches carbonatées (calcaire et dolomite) et les roches volcaniques effusives et intrusives (Fig. 3.2). Les roches volcaniques effusives ne conviennent très probablement que pour les fondations de route et autres applications autorisant des matériaux à résistance plus faible, riches en silice.

4.2.2 – Facteurs de commercialisation

Un examen détaillé et l'analyse de la commercialisation des sources de granulats en Mauritanie se trouvent en dehors du cadre de cette étude. Les terrains favorables, présentés sur la Figure 3.2 et Langer (2012), fournissent un bon point de départ pour identifier les sources potentielles de roches mères pouvant fournir des pierres concassées, sur une base locale ou régionale, lorsque des besoins existent pour un projet, dans une région particulière ou un projet de construction particulier.

Comme pour la pierre de taille et la pierre décorative, les coûts de transport depuis la mine jusqu'au site d'utilisation est un facteur significatif (souvent le plus important) dans le choix de l'implantation d'une

exploitation de granulats. Les nombreux facteurs qui sont à considérer dans le choix des granulats, y compris les propriétés physiques de granulats de qualité, sont décrits en détail dans Langer (2011), avec des illustrations tirées d'exemples américains.

4.3 – Gypse

4.3.1 – Facteurs géologiques

Probablement l'un des plus grands gisements de gypse au monde est situé à Sebkha N'Drhamcha (Figure 4.3 – région en bleu avec un motif hachuré en diagonale), entre 50 et 100 km au Nord/Nord-Est de Nouakchott, à proximité de la route côtière du Nord de Nouakchott. Deux types de gisements sont présents dans la zone : des dépôts lités et des dépôts de dunes.

Le dépôt de gypse lité affleure principalement le long du flanc oriental de Sebkha N'Drhamcha. L'information disponible suggère que l'épaisseur des dépôts est plus importante vers le centre de Sebkha, diminuant vers l'ouest et le nord. Il y a plusieurs centaines de millions de tonnes de ressources, dont environ 140 millions de tonnes sont des réserves démontrées.

Les ressources identifiées dans les dépôts de dunes se situent à environ 55 km de la voie rapide reliant Nouakchott et Akjoujt (Fig. 3.2), accessible par la voie rapide côtière. Un échantillonnage limité de ces dépôts, qui sont des accumulations secondaires au sein de dunes actives ou indurées, a montré des teneurs de 92-93 % en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, avec environ 1,5 % de SiO_2 (Pitfield et al., 2004). Une estimation provisoire des ressources a émis l'hypothèse de la présence d'environ 2 Mt dans une petite zone de dunes.

Les taux d'extraction ont atteint jusqu'à 100 000 tonnes par an pour la production de ciment et de plâtre. L'emplacement favorable, à proximité de la route principale, ainsi que les teneurs élevées et l'épaisseur limitée de la couverture, rendent ces dépôts intéressants pour l'exploitation. Ils peuvent permettre de satisfaire les besoins intérieurs de la Mauritanie en matière de plâtre et de ses produits dérivés.

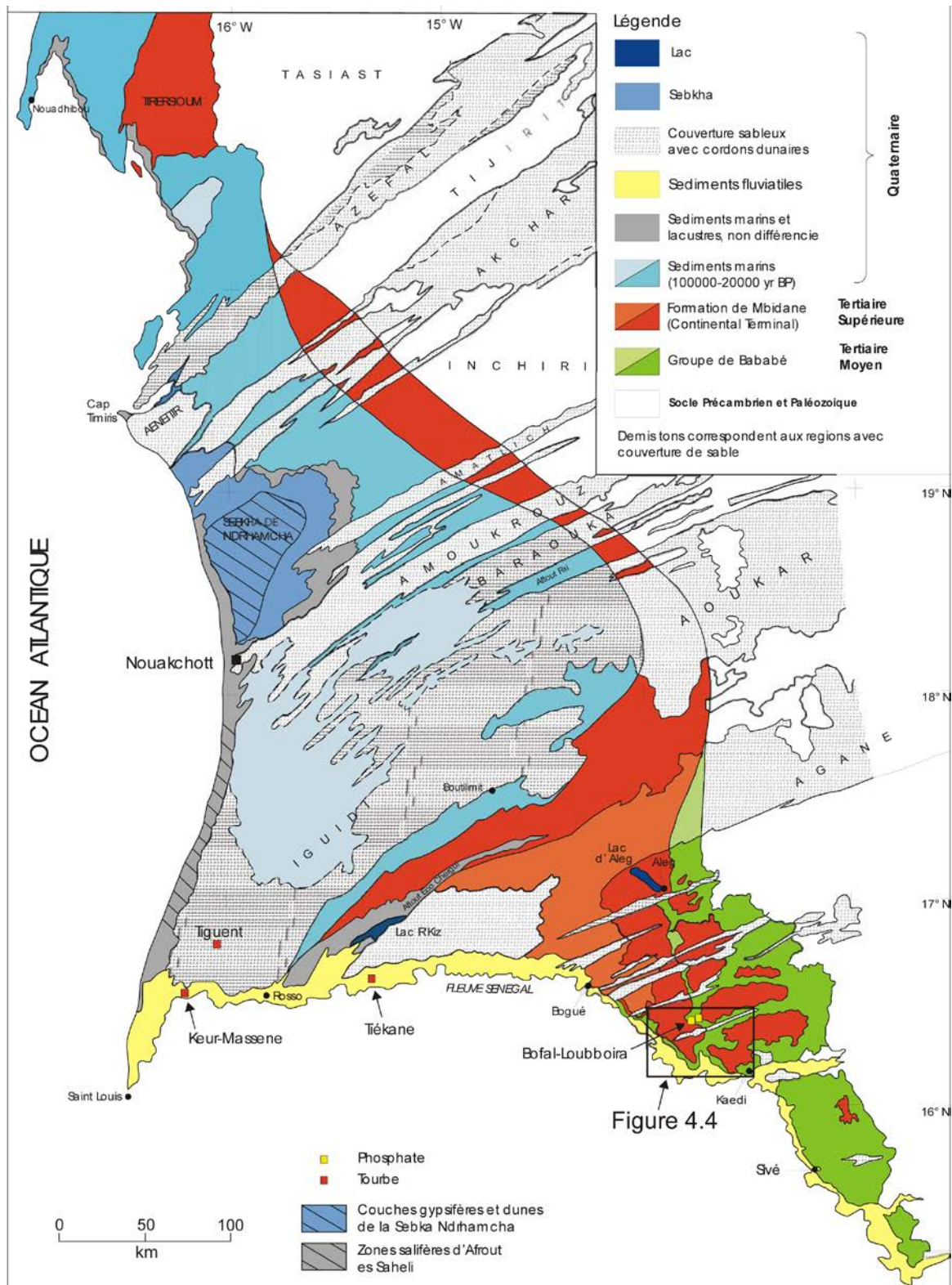


Figure 4.3 Géologiques de Mauritanie Bassin Côtier avec emplacements des minerais industriels (d'après Pitfield et al., 2004).

4.3.2 – Facteurs de commercialisation

Le gypse est présent dans le monde entier, et les ressources mondiales de gypse sont énormes. Plus de 90 pays dans le monde produisent du gypse (Tableau 4.3). Les coûts d'extraction du gypse sont relativement faibles, mais le traitement, grand consommateur d'énergie, et l'utilisation finale ultime sont générateurs de coûts supplémentaires, et de surcoût significatif pour les produits fabriqués à partir du gypse. Typiquement, les principaux facteurs donnant une valeur commerciale aux dépôts sont la proximité de la zone du marché, l'existence d'une main d'œuvre, des infrastructures, et l'existence d'un moyen bon marché pour acheminer les matières premières ou les produits finis.

Dans le monde entier, le gypse est principalement utilisé dans la fabrication de plâtre pour le secteur de la construction, et la fabrication de ciment portland. En Amérique du Nord, le gypse est surtout utilisé pour les panneaux muraux en plâtre. Cependant, la mise en place croissante d'installations de production de panneaux muraux en plâtre en Chine et en Thaïlande indique que l'Asie, avec des milliards de consommateurs potentiels, pourrait devenir l'un des principaux marchés des panneaux en plâtre au niveau mondial. Concernant d'autres régions du monde, la reconnaissance de la facilité de mise en œuvre et du caractère bon marché des panneaux en plâtre comme un matériau de construction, ainsi que l'augmentation des capacités de production de panneaux en Amérique Centrale, en Europe, en Inde, et Amérique du sud, laisse supposer que l'on assistera dans l'avenir à une demande accrue pour le gypse. Il n'y a pas de pénurie prévisible des ressources de gypse dans le monde. Plus de 400 produits peuvent être fabriqués à partir du gypse, utilisant les méthodes spécialisées de calcination, et en le mélangeant avec des additifs. Les applications comprennent le gypse broyé pour l'agriculture ; les produits spécialisés à base de plâtre pour l'art et la sculpture ; des éléments architecturaux complexes moulés ; des applications médicales ; et des produits de construction à prise rapide et de haute résistance.

Tableau 4.3. Production mondiale de gypse, 2010-2011.

| Pays | Production x 1 000 tonnes | |
|-------------|---------------------------|---------|
| | 2010 | 2011 |
| États-Unis | 8 840 | 9 400 |
| Canada | 2 717 | 2 300 |
| Chine | 47 000 | 47 000 |
| Mexique | 3 560 | 3 500 |
| Thaïlande | 8 500 | 8 500 |
| Japon | 5 700 | 5 700 |
| Australie | 3 500 | 3 500 |
| France | 2 300 | 2 300 |
| Inde | 2 650 | 2 700 |
| Russie | 2 900 | 2 900 |
| Egypte | 2 400 | 2 400 |
| Iran | 13 000 | 13 000 |
| Espagne | 12 500 | 13 000 |
| Autres pays | 31 400 | 31 800 |
| Total | 147 000 | 148 000 |

Source : Synthèse des matières premières, USGS, 2012.

Consultable à l'adresse : <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gypsum/>

4.4 – Phosphate

4.4.1 – Facteurs géologiques

4.4.1.1 – Gisements de phosphates au sein de la Formation de Bofal

Des gisements de phosphate sont présents sous la forme d’affleurements au sein de la Formation de Bofal, d’âge Éocène, le long de la rive nord du fleuve Sénégal, à environ 300 km de la côte (Fig. 3.1). Deux gisements ont été largement étudiés, il s’agit de : 1) un gisement dans le village de Bofal, et 2) d’un autre gisement à Loubboira (Fig. 4.4).

Les réserves de Bofal sont de 70 Mt avec une épaisseur moyenne de 1,7 m, une teneur moyenne de 21 % en P₂O₅, et épaisseur de recouvrement de 8 m en moyenne. En comparaison, Loubboira est caractérisé par des réserves de 29 Mt, une épaisseur moyenne de 2 m, une teneur moyenne de 19 % en P₂O₅, et une épaisseur de recouvrement de 7 m en moyenne. Ces ressources sont ouvertes au nord à Bofal et au sud-est à Loubboira ; les réserves probables totales pourraient dépasser les 100 Mt. Des ressources ont également été identifiées dans plusieurs autres zones au sud, qui sont moins bien connues que les deux principaux secteurs. Les gisements de Bofal et Loubboira sont essentiellement le prolongement de ceux qui se trouvent à 100 kilomètres au Sud-Est, au Sénégal, à Matam, où un gisement dépassant les 36 Mt à 28,7 % en P₂O₅ a été identifié. Sur la rive opposée du fleuve à Matam, à Sivé, en Mauritanie, des ressources d’environ 150 000 tonnes ont été identifiées, avec des couches de roches phosphatées présentant des teneurs moyennes de 26 – 28 % en P₂O₅. Ces gisements peuvent être utilisés comme engrais par application directe, et il a été indiqué que les fermiers locaux extraient le phosphate naturel pour l’utiliser de cette manière. Les couches de phosphate dans la formation de Bofal sont relativement peu modifiées, et présentent une pente légère. La teneur du concentré récupéré lors des tests métallurgiques s’est élevé à 35–36 % en P₂O₅, alors que les quantités d’impuretés et d’éléments potentiellement dangereux (U, As, Cd) sont faibles. L’épaisseur du recouvrement donne un taux d’exploitation de 6:1:1 en cas de mine à ciel ouvert.

Une étude de préfaisabilité pour une exploitation de 2 millions de tonnes de concentré/an a conclu que la minéralisation était particulièrement adaptée à la fabrication d’acide phosphorique et d’engrais, et qu’elle était comparable aux produits en provenance du Togo et du Maroc. Cependant, l’étude a également conclu que les coûts de transport (par la route, le long du fleuve Sénégal, par rail, ou par pipeline) seraient trop élevés pour rendre l’exploitation économiquement viable. Une nouvelle étude de faisabilité est nécessaire pour complètement évaluer le potentiel d’exploitation minière sur ces différents sites.

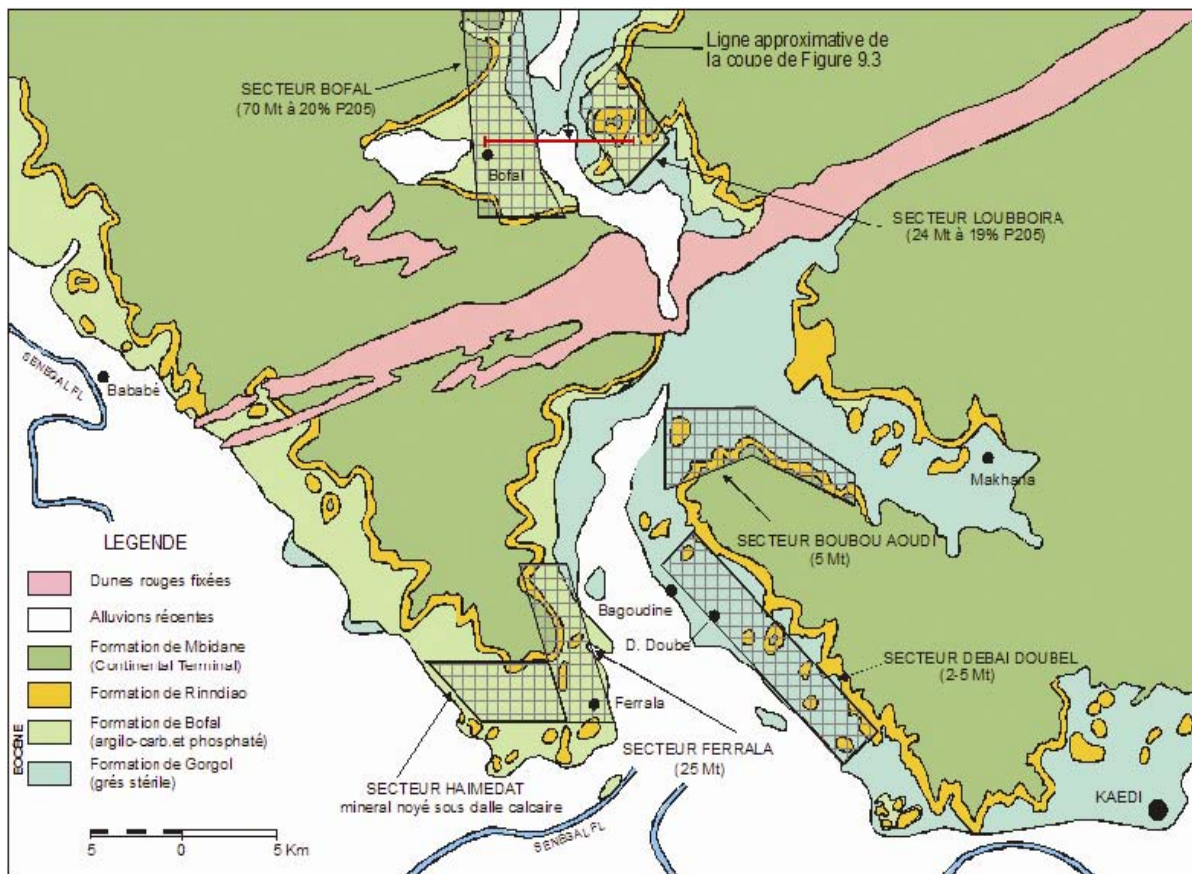


Figure 4.4 Répartition des ressources de phosphate sédimentaire dans le district de Bofal-Louboira, situé à l'Ouest de Kaedi (d'après Pitfield et al., 2004).

4.4.1.2 – Gisements de phosphates dans le Bassin de Taoudeni

Les occurrences de gisements sédimentaires de phosphate sont très nombreuses au sein du Bassin de Taoudeni (Fig. 3.1 et Langer, 2012), bien que l'information disponible suggère qu'ils soient généralement petits et de faible teneur. De plus leur localisation, éloignée des secteurs agricole et de production agro-alimentaire, signifie qu'ils sont peu susceptibles d'être des cibles d'exploration prioritaires. Les roches encaissantes appartiennent principalement aux Groupes du Néoprotérozoïque supérieur. Le potentiel pour que ces couches contiennent des gisements de phosphate rentables demeure inconnu, mais la période de temps du Néoprotérozoïque – Cambrien inférieur est un intervalle d'importante sédimentation — des ressources importantes de cet âge sont présentes dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest. Une étude approfondie serait nécessaire afin de déterminer le potentiel des gisements de phosphate du Bassin de Taoudeni.

Les gisements de phosphate à l'Est et au Nord-Est d'Atar (Fig. 3.1) ont été identifiés par Marsh (2012). Le phosphate se trouve dans deux types d'environnements géologiques, à savoir : (1) des conglomérats qui contiennent des galets de phosphate naturel, et (2) des quartzites à apatites. Aucun de ces deux types de gisement n'est susceptible de représenter des gisements rentables.

4.4.2 – Facteurs de commercialisation

Il y a une forte concurrence pour la production de phosphate dans la région. Le Maroc possède la plus grande réserve de phosphate du monde, se composant de gisements à haute teneur, faciles à exploiter. La première exploitation de phosphate naturel y date de 1922, et la production a depuis ce temps régulièrement progressé jusqu'au niveau actuel de plus de 25 Mt par an (Tableau 4.4).

Le Sénégal voisin a la chance de posséder d'importantes réserves de phosphate d'une qualité exceptionnelle. Les phosphates de Taïba, qui sont exploités depuis 1960, sont célèbres dans le monde entier.

Le phosphate naturel est employé principalement pour la production d'acide phosphorique par voie humide, pour des applications comme les engrais. La partie restante a été utilisée pour la fabrication de compléments alimentaires pour animaux, pour une application directe sur les sols, et pour la production de phosphore élémentaire.

Des coûts énergétiques croissants rendent le phosphate naturel de moins en moins rentable pour un transport à l'échelle mondiale. La tendance récente est à un traitement du phosphate naturel sur son lieu d'exploitation. Néanmoins, le phosphate et ses produits font l'objet d'un commerce au niveau mondial. Si les phosphates transformés sont inclus dans les chiffres d'exportation, environ 60 % du phosphate est exporté. Le Maroc et les États-Unis comptent pour près de la moitié de ces exportations, les États-Unis et le Maroc exportant respectivement plus de 50 % et plus de 95 % de leurs productions de phosphate.

Tableau 4.4. Production mondiale de phosphate, 2010-2011.

| Pays | Quantité de P₂O₅ x 1 000 tonnes | |
|----------------------------|--|-------------|
| | 2010 | 2011 |
| États-Unis | 25 800 | 28 400 |
| Chine | 68 000 | 72 000 |
| Maroc et Sahara Occidental | 25 800 | 27 000 |
| Russie | 11 000 | 11 000 |
| Tunisie | 7 600 | 5 000 |
| Brésil | 5 700 | 6 200 |
| Jordanie | 6 000 | 6 200 |
| Egypte | 6 000 | 6 000 |
| Israël | 3 140 | 3 200 |
| Syrie | 3 000 | 3 100 |
| Afrique du Sud | 2 500 | 2 500 |
| Australie | 2 600 | 2 700 |
| Autres pays | 5 500 | 5 500 |
| Total | 181 000 | 191 000 |

Source : Synthèse des produits minéraux, USGS, 2012. Consultable à l'adresse :

http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/

4.5 – Sel

4.5.1 – Facteurs géologiques

Des ressources importantes de sel sont présentes dans la région de L'Aftout es Saheli, située le long de la côte au Sud de Nouakchott, immédiatement au Nord de la vallée du fleuve Sénégal. Du côté Est de la dépression de l'Aftout, d'importants gisements stratifiés sont présents à N'Teret et Twidermi, au sein de dépressions isolées au milieu de la ceinture dunaire marginale (Langer, 2012).

La zone la plus importante est la saline de N'Teret, dans le Sud-Ouest de la Mauritanie (Fig. 3.1), qui a été exploitée sur un mode artisanal à petite échelle depuis 1845. Les couches de sel sont situées sur une étendue d'environ 590 mètres par 630 mètres. Le gisement comprend 8 couches de sel. Les plus accessibles, les quatre couches supérieures, chacune d'une épaisseur inférieure à 20 centimètres, sont plus ou moins épuisées. La cinquième couche, connue sous le nom de Sikha el Beïda ou Sikhat el Fahl, est une couche mince et de haute qualité, elle est le gisement le plus important de la région sur le plan économique. Elle comprend jusqu'à 40 cm de sel compact de haute qualité. En 1975, le British Geological Survey a signalé des réserves d'environ 150 000 tonnes, avec au moins les deux tiers de la ressource ayant déjà été exploitées. La septième couche, Zrewila, est d'environ 25 cm d'épaisseur et ne peut être exploitée qu'à la fin de la saison sèche, lorsque le niveau de l'eau est le plus bas. La couche qui forme la base, nommée Lehreicha, représente jusqu'à 25 cm d'épaisseur, et est difficile à exploiter par des méthodes traditionnelles. Les archives sur la production indiquent qu'au moins 125 000 tonnes de sel ont été extraites entre 1934 et 1960, par des ouvriers manuels qualifiés (par opposition à un travail mécanisé). Dans les années 1950, la production varie entre 6 000 et 9 000 tonnes par an. Il est devenu difficile de maintenir la production avec l'exploitation des couches les plus profondes.

Le gisement de la saline de Twidermi, à environ 4 km au Nord-Est de N'Teret, occupe une superficie d'environ 11 ha. Une seule couche grisâtre de 30 cm d'épaisseur de sel est présente à environ 85 cm au-dessous de la surface. Cette couche a été exploitée sporadiquement. Les réserves s'élèvent à des dizaines de milliers de tonnes.

La saline d'El Bokharia, située à 10 kilomètres au Sud-Est de N'Teret, est une autre source de production à petite échelle. Ici, une mince couche de sel, d'environ 3 cm d'épaisseur, se présente comme une croûte superficielle s'étendant sur une superficie de 45 hectares. Cette croûte est extraite, séchée et moulue. Un autre dépôt de type similaire se situe à la saline de Lemzewid, à environ 30 à 35 km au Sud-Ouest. Ici, la ressource comprend une couche superficielle de sel friable de 5 à 6 cm d'épaisseur. L'exploitation dans cette région est sporadique, et elle est influencée par le niveau de la nappe phréatique régionale.

En raison du climat, et de la présence le long de la côte de dépressions allongées à des niveaux inférieurs aux niveaux de transgressions marines occasionnelles, un potentiel existe pour la mise en place et l'exploitation de nombreux marais salants, en particulier dans le district de Nouakchott. Toutefois, aucune nouvelle estimation de la ressource n'a été publiée, pas plus que le détail d'investigations récentes.

Deux sites historiques de production de sel gemme sont connus dans le Nord de la Mauritanie : (1) les salines d'Idjil (Fig. 3.1), qui sont exploitées en utilisant des méthodes artisanales, et qui approvisionnent les marchés de Nouakchott. Les dépôts de sel y occupent une superficie de plus de 50 km². Les deux premiers mètres contiennent dix couches de sel (d'une épaisseur maximum de 20 centimètres), interstratifiées avec des argiles noires. Les dimensions des ressources de sel gemme combinées avec des

inondations fréquentes de la région rendent les dépôts adaptés à une exploitation par des méthodes artisanales. (2) L'exploitation du petit gisement de Tinioulig (Fig. 3.1 et Langer, 2012) a été abandonné au début du XX^{ème} siècle.

4.5.2 – Facteurs de commercialisation

Des dépôts de sel ou des solutions salines sont présentes dans presque tous les pays du monde. Bien qu'il existe à travers le monde d'abondantes réserves de sel, l'emplacement et la taille des gisements, en lien avec l'emplacement et la taille des marchés de sel, sont des facteurs importants à considérer lors du développement d'activités commerciales.

La plupart des pays possèdent une capacité de production de sel, sous une forme ou une autre (Tableau 4.5). Les niveaux de production sont habituellement dimensionnés pour satisfaire la demande locale, bien que des quantités supplémentaires puissent être disponibles pour l'exportation. La consommation de sel nationale et mondiale se développera proportionnellement à l'augmentation de la population et au produit intérieur brut des pays. Le monde continuera d'exploiter, de récolter, de traiter, de transporter et de vendre le sel entre pays voisins. De nouveaux gisements seront développés pour concurrencer les installations existantes, et les installations offrant un produit de haute qualité avec de bas coûts de production et de transport seront les leaders de l'industrie mondiale du sel.

Tableau 4.5. Production mondiale de sel, 2010-2011.

| Pays | Production x 1 000 tonnes | |
|-------------|----------------------------------|-------------|
| | 2010 | 2011 |
| États-Unis | 43 300 | 44 000 |
| Chine | 62 750 | 65 000 |
| Allemagne | 19 100 | 20 000 |
| Inde | 17 000 | 18 000 |
| Canada | 10 537 | 11 000 |
| Australie | 11 968 | 13 000 |
| Pakistan | 11 000 | 11 000 |
| Bahamas | 10 000 | 10 000 |
| Chili | 8 400 | 9 000 |
| Mexique | 8 431 | 8 800 |
| Brésil | 7 020 | 7 000 |
| France | 6 100 | 6 000 |
| Royaume-Uni | 5 800 | 5 800 |
| Ukraine | 5 400 | 5 500 |
| Espagne | 4 350 | 4 400 |
| Turquie | 4 000 | 4 000 |
| Pologne | 3 520 | 4 000 |
| Pays-Bas | 5 000 | 5 000 |
| Autres pays | 36 300 | 38 500 |
| Total | 280 000 | 290 000 |

Source: Synthèse des produits minéraux, USGS, 2012.

Consultable à l'adresse <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/salt/>

4.6 – Soufre

4.6.1 – Facteurs géologiques

Le gisement principal de soufre de Mauritanie est situé à Cuprit, près de la marge Est de Sebkha N'Drhamcha, à environ 5 kilomètres à l'ouest de la route principale entre Nouakchott et Akjoujt, et à environ 60 kilomètres au Nord-Est de Nouakchott (Figs. 3.1 et 3.2; Langer, 2012). Le soufre élémentaire est principalement situé dans le gypse et les marnes noires, à des concentrations de l'ordre de 1,02 à 12,10 % (Salpeteur, 2005).

A Cuprit, le soufre se présente généralement sous forme de nodules, de couleur jaune pâle, avec un diamètre moyen d'environ 1 centimètre. Ils sont irrégulièrement distribués d'un point de vue horizontal et vertical, mais les nodules de soufre se présentent généralement dans des couches minces d'environ 10 centimètres d'épaisseur. Dans certains secteurs, le soufre se présente sous forme de revêtements minces d'ordre millimétrique, au sein des marnes gypsifères rubanées qui surmontent les marnes noires. Le soufre se rencontre aussi largement à travers l'ensemble de la séquence sous forme de grains finement disséminés et d'inclusions pocilitiques plus grosses. Localement, des lentilles centimétriques riches en soufre disséminé se rencontrent dans la partie supérieure des marnes noires. Le soufre est particulièrement abondant dans deux horizons ; dans les deux cas, le soufre est concentré en couches minces, séparées par des intervalles stériles. Les couches contenant du soufre sont subhorizontales et couvertes par une couverture stérile dont l'épaisseur varie jusqu'à une épaisseur d'environ 2,5 mètres. Ces couches ont été relevées sur une distance de 7 km dans une direction Nord-Est – Sud-Ouest. Toutefois, la plus vaste zone minéralisée en soufre a une superficie d'environ 2 km², avec une épaisseur moyenne de 0,4 m et une teneur moyenne de 1 %. La zone plus riche, avec une teneur moyenne en S de 2,6 %, et une épaisseur moyenne de 0,36 m, occupe une superficie de 0,7 km². Les gisements contiennent une réserve estimée à 9 195 tonnes de soufre, à une teneur moyenne de 0,98 % S, et pour une épaisseur moyenne de 0,39 m. [l'information rapportée dans ce paragraphe est extraite de Salpeteur, 2005].

La présence dispersée des nodules de soufre, combinée à la faible teneur et la faible épaisseur des horizons contenant du soufre, réduit la viabilité économique potentielle de l'exploitation du soufre au sein de la zone. D'autres forages dans les parties présentant une stratigraphie favorable peuvent dans certaines circonstances être justifiés, mais on ne devrait normalement leur accorder qu'une faible priorité.

Les marais salants de gypse de la Sebkha N'Drhamcha, au Nord de Nouakchott, représentent une autre source potentielle de soufre. Alors que le soufre natif est moins commun que les gisements proches de Cuprit, le soufre peut constituer un sous-produit du traitement du gypse.

4.6.2 – Facteurs de commercialisation

Dans le monde entier, le besoin de se conformer aux réglementations environnementales a contribué à une meilleure récupération du soufre ; cependant, la baisse de la production aux États-Unis a affecté la production mondiale. La production mondiale de soufre natif estimée a légèrement augmenté (Tableau 4.6). Le secteur du soufre, au niveau mondial, est divisé en deux parties - un secteur discrétionnaire et un secteur non-discrétionnaire. Dans le secteur discrétionnaire, le seul objectif est l'extraction du soufre ou de la pyrite. A l'heure actuelle, seuls très peu de gisements permettent une exploitation rentable du soufre. Dans le secteur non-discrétionnaire, le soufre ou l'acide sulfurique sont récupérés comme sous-produits, avec une

quantité de sortie fonction de la demande en matières premières, et fonction des réglementations environnementales imposant l'élimination du soufre des produits finis ou des émissions. La majeure partie du soufre non-discrétionnaire actuellement produit provient de l'exploitation du gaz naturel et du pétrole, et il est souvent désigné sous le nom de soufre récupéré. Au niveau mondial, les sources non-discrétionnaires représentent 89,5 % de la production de soufre.

Tableau 4.6. Production de soufre des onze principaux pays producteurs de soufre pendant la période 2010-2011.

| Pays | Production x 1 000 tonnes | |
|---------------------|---------------------------|--------|
| | 2010 | 2011* |
| Chine | 9 600 | 9 600 |
| États-Unis | 9 070 | 8 800 |
| Canada | 7 255 | 7 100 |
| Russie | 7 070 | 7 100 |
| Allemagne | 3 905 | 3 700 |
| Arabie Saoudite | 3 300 | 3 300 |
| Japon | 3 292 | 3 100 |
| Kazakhstan | 2 000 | 2 700 |
| Mexique | 1 810 | 1 800 |
| Iran | 1 780 | 1 800 |
| Émirats Arabes Unis | 1 763 | 1 800 |
| Total mondial | 68 100 | 69 000 |

[*Valeurs estimées pour 2011.]

Source: Synthèse des produits minéraux, USGS, 2012.

Consultable à l'adresse : <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/sulfur/>

5 – Minerais industriels d'intérêt secondaire

Cinq minerais industriels : l'amiante, l'arsenic, la barytine, la fluorite et le kaolin, sont examinés au sein des descriptions géologiques de la région, et sont présentés dans les ensembles de données des ressources minérales potentielles (Marsh 2012), mais les rapports antérieurs n'examinent pas leur potentiel d'utilisation en tant que minerais industriels. Le minerai de béryl est inclus dans la discussion sur les pegmatites, et a été précédemment répertorié comme ressource minérale potentielle, mais il n'a pas été évalué en termes de minéral industriel potentiel. L'examen de la plupart des minéraux d'intérêt secondaire au sein du présent rapport se limite aux facteurs du marché. Une exception est faite pour les pegmatites, dont le présent rapport décrit rapidement les éléments pouvant constituer un intérêt économique potentiel.

5.1 – Amiante

La présence d'amiante chrysotile (Nord Knéffissat) a été identifiée au sein d'une roche ultramafique de la partie Ouest du Bouclier de Rguefbat (Fig. 3.1 ; Langer, 2012).

5.1.1 – Facteurs de commercialisation

La production mondiale d'amiante a été estimée à 2 Mt en 2011. La Russie continue d'être le premier producteur d'amiante, suivie par la Chine, le Brésil, le Kazakhstan et le Canada. Ces pays représentaient 99 % de la production mondiale de l'amiante en 2011. Des actions en justice, et une publicité négative sur

l'amiante, ont affecté négativement les marchés de cette matière première. La consommation mondiale est passée d'une valeur estimée de 4,84 Mt en 1980, à environ 1,83 Mt en 2000. Bien que quelques pays aient augmenté ou maintenu leur production, la consommation a considérablement diminué dans la plupart des pays. Cette tendance devrait se poursuivre en raison des pressions accrues pour réduire ou interdire l'utilisation de l'amiante dans les principaux pays consommateurs. La consommation risque de décliner, car lui sont préférés des substituts et des produits alternatifs, de même que de nouveaux pays interdisent son utilisation. Les demandes spécialisées en amiante, en particulier pour les produits à base de matrices demeureront néanmoins probablement.

5.2 – Arsenic

Un gisement non-ferreux d'arsenic (Bir Bou Agba) est signalé dans la région du Bouclier de Rguébat, dans le Nord de la Mauritanie (Fig. 3.1 ; Langer, 2012).

5.2.1 – Facteurs de commercialisation

Durant l'année 2006, de l' As_2O_3 commercialisable a été exploité dans 14 pays, par traitement de minerais de métaux non-ferreux, ou au sein de concentrés. La Chine reste le premier producteur mondial d' As_2O_3 , suivie par le Chili et le Pérou. En plus de la production à partir de minerais de métaux non-ferreux, l'arsenic est aussi obtenu en Chine comme sous-produit de l'extraction de l'or.

L'élimination, à la fin de l'exercice 2003, de l'utilisation de l'arsenic comme agent de préservation du bois dans certains produits, a conduit à une baisse de la consommation d'arsenic, et à un déclin de la production chinoise d' As_2O_3 . De l'arsenic d'une grande pureté devrait continuer à être utilisé par l'industrie électronique pour les semi-conducteurs As-Ga, pour le secteur automobile, pour les applications militaires et spatiales, pour les cellules solaires, et pour les équipements de télécommunications. Les sources mondiales d'arsenic, comme l' As_2O_3 et l'arsenic métallique, disponibles à partir du traitement des métaux non-ferreux, devraient être suffisantes pour répondre aux projections actuelles des besoins.

5.3 – Barytine

Dix-neuf gisements de barytine sont cités, situés dans le Bouclier de Reguibat (y compris le Bassin de Tindouf), la Ceinture Orogénique des Mauritanides (orogène), et le Bassin de Taoudeni (Fig. 3.1 ; Langer, 2012). Les ressources de barytine de Mauritanie sont présentes au sein de couches sédimentaires stratifiées, et dans des veines de barytine-fluorine épithermales associées à des intrusions alcalines (Marsh, 2012).

5.3.1 – Facteurs de commercialisation

La Chine est le principal exportateur de barytine, et elle a été pendant de nombreuses années un fournisseur à bas prix des marchés mondiaux. Toutefois, de décembre 2003 à décembre 2005, le prix officiel pour l'importation de la barytine chinoise a augmenté d'environ 33 %, et les prix de la barytine des principaux autres pays exportateurs (Inde et Maroc), ont augmenté de la même façon. Les facteurs qui ont fait grimper les prix chinois étaient des frais de transport en haute mer, la congestion des ports, des problèmes de logistique de fret interne, et la baisse du remboursement de la taxe sur les exportations de barytine.

L'utilisation de la barytine est historiquement liée à l'industrie pétrolière, puisque plus de 95 % de la barytine produite est consommée sur ce marché. Les 5 % restant du marché de la barytine concernent des usages industriels, principalement en lien avec l'industrie automobile.

5.4 – Fluorine

Trois gisements de fluorine sont signalés dans le Bouclier de Rgueibat et dans la Ceinture Orogénique des Mauritanides (Fig. 3.1 ; Langer, 2012).

5.4.1 – Facteurs de commercialisation

La production minière mondiale de fluorine a été en 2011 d'environ 6,2 Mt, et les réserves mondiales (mesurées pour 100 % de CaF₂) sont estimées à 240 Mt. Les principaux producteurs, par ordre décroissant, sont l'Afrique du Sud, le Mexique, la Mongolie et la Chine.

La demande en fluorocarbones devrait avoir un taux de croissance négatif en Europe et au Japon, en raison des préoccupations concernant la contribution potentielle des HFC au réchauffement climatique de la planète. La demande en fluorine d'une qualité suffisante pour l'acide devrait demeurer forte en Amérique du Nord, en raison de la demande croissante pour les fluides réfrigérants fluorocarbonés. La croissance continue des marchés de polymères fluorés et des fluoroélastomères y contribuera également, en raison de leur forte demande. Les prix à l'exportation de la fluorine à acide des autres principaux pays exportateurs, comme le Mexique, la Mongolie et l'Afrique du Sud resteront élevés, bien que sensiblement inférieurs aux prix chinois. En dépit de quelques augmentations récentes de la capacité de production des producteurs non-chinois, la capacité reste insuffisante pour remplacer les approvisionnements en provenance de Chine, de façon à ce que les consommateurs soient obligés de payer des prix chinois plus élevés. On s'attend à ce que de nouvelles sources d'approvisionnements en fluorine se mettent en place en raison de l'augmentation de la capacité en Mongolie (bien que des problèmes d'infrastructure rendent difficile l'exportation vers l'Occident), ainsi que peut-être en Afrique du Sud et au Vietnam.

5.5 – Kaolin

Deux gisements de kaolin sont signalés en Mauritanie : un gisement dans chacune des ceintures orogénique des Mauritanides (Oudeilemguil 1) et le Sud du Bassin de Taoudeni (Dhar Nema 3) (Fig. 3.1 ; Langer, 2012).

5.5.1 – Facteurs de commercialisation

Le kaolin est un minéral industriel de niveau mondial, principalement utilisé comme pigment pour améliorer l'apparence et les caractéristiques du papier et de la peinture ; comme matériau de remplissage fonctionnel du caoutchouc et des matières plastiques ; comme matière première des céramiques ; et comme composant de produits réfractaires, de briques et de produits en fibres de verre. L'industrie chimique, le génie civil, les applications agricoles et certains produits pharmaceutiques utilisent le kaolin en plus faibles volumes.

La disponibilité limitée de matières premières de bonne qualité, les conditions d'un marché extrêmement compétitif, la complexité technologique du traitement du kaolin, ainsi que caractéristiques du produit créent une barrière élevée à l'exploitation du kaolin.

5.6 – Ressources minérales associées aux pegmatites

Des gisements de béryl et de terres rares (TR) ont été répertoriés dans la base de données des indices (Marsh, 2012). Ces matières premières minérales industrielles sont souvent associées à des pegmatites granitiques. Le potentiel de ressources en terres rares de la Mauritanie fait l'objet d'un rapport distinct de l'USGS.

Les pegmatites granitiques sont des sources potentielles d'une large gamme de métaux rares, comme Li, Rb, Cs, Be, Ga, Sc, Y, les terres rares, Sn, Nb, Ta, U, Th, Zr et Hf. La taille importante des grains, et la grande pureté des composants minéraux industriels qu'ils contiennent, en font des cibles d'exploration privilégiées pouvant conduire à une exploitation à petite échelle à la fois de minerais et de minéraux industriels. Elles sont aussi potentiellement source de pierres semi-précieuses, telles que le quartz rose, les aigues-marines et la tourmaline.

Bien que les pegmatites soient très répandues au sein du Bouclier de Reguïbat, tous les plus grands gisements connus ont été évalués dans le passé et, en raison de leur petite taille, sont peu susceptibles de soutenir des activités d'exploitation minière commerciales.

Il existe plusieurs pegmatites quartzofeldspathiques au sein de la Formation de Choum–Rag El Abiod ((Key et al., 2008). Les veines présentent une épaisseur pouvant aller jusqu'à 1 m, avec des veines précoces fortement plissées, puis des veines postérieures moins déformées.

Plusieurs occurrences de pegmatites contenant Li et Be ont été découvertes dans la partie Ouest du Bouclier de Rgueïbat (Fig. 3.1). Des investigations antérieures ont conclu que leur potentiel économique était faible, avec simplement quelques gisements contenant quelques dizaines de tonnes de béryl, et dans d'autres cas de faibles quantités pouvant aller jusqu'à un maximum de 10 tonnes de spodumène ou de lépidolite. Les pegmatites sont localisées dans trois zones du Bouclier de Rgueïbat (Key et al., 2008) : au sein de la ceinture de roches vertes de Chami ; dans la zone de Sebket Nich de la ceinture de roches vertes de Tijirit ; et dans la partie Nord-Est du complexe d'Amsaga, à environ 25 à 50 km à l'Ouest d'Atar.

Plus de 150 occurrences de pegmatites à béryl ont été signalées dans la région de Khnefissat, dans le secteur Nord-Ouest de la ceinture de roches vertes de Chami, à environ 100 km à l'Est de Nouâdhibou. Ici, les veines présentent généralement une épaisseur de 2 à 4 m, et peuvent être suivies sur plusieurs centaines de mètres. Elles constituent un réseau de veines horizontales et verticales recoupant des amphibolites fracturées. Les veines de ce type se trouvent également dans les zones Timmimichat, Guetel Khaye, Sineine et Inkebden. En outre, des veines aplo-pegmatitiques et à albitite peuvent accompagner des pegmatites quartzofeldspathiques plus fréquentes. Elles forment des veines étroitement associées aux pegmatites plus typiques, ont généralement quelques dizaines de centimètres de largeur, et peuvent aller jusqu'à un maximum de 100 m de longueur. Elles sont souvent très déformées et non minéralisées. Les albitites, cependant, qui sont très étroitement associées avec les aplites, sont souvent très minéralisées. Elles comportent des veines de quartz relativement non déformées, de l'albite, de la spessartine, et de la

muscovite. Le béryl est un composant très répandu, tandis que le spodumène, la lépidolite et la columbo-tantalite peuvent être présents localement.

Dans le sous-sol entre Choum et Rag el Abiod (Key et al., 2008), les pegmatites les plus importantes se trouvent dans le massif de métagabbros d'Iguilid. Dans cette région, on distingue 15 veines, dont 12 ont été signalées comme contenant du béryl. Les veines atteignent une épaisseur maximale de 5 m, et peuvent être suivies jusqu'à 100 m, plongeant vers l'est ou parfois horizontales. Elles contiennent du quartz, du feldspath, de la muscovite, de la tourmaline, et du grenat, avec des cristaux sporadiques de beryl bleu atteignant une taille de quelques dizaines de centimètres.

5.6.1 – Béryl

Onze occurrences de beryl sont signalées dans la partie Ouest du Bouclier de Rgueibat (Fig. 3.1 ; Marsh, 2012).

5.6.1.1 – Facteurs de commercialisation

Le béryllium est exploité à partir de petits gisements dans de nombreux pays partout à travers le monde, mais la production a un caractère sporadique. L'industrie mondiale du béryllium est actuellement plutôt concentrée, et limitée à un unique producteur actif de béryllium situé dans l'Utah, aux États-Unis. Cette mine répond pratiquement à la totalité de la consommation des États-Unis, et à l'essentiel de la consommation mondiale.

Les prévisions indiquent une augmentation de la consommation mondiale de béryllium d'environ 2 % par an à court et moyen terme. La production et les stocks existants devraient suffire pour répondre à la demande.

5.7 – Autres minerais industriels

5.7.1 – Roches carbonatées

Le Bassin de Taoudeni en Mauritanie (Fig. 3.2) contient des calcaires et des dolomies qui peuvent être traitées, selon leur degré de pureté, pour répondre à plusieurs utilisations industrielles, comme la fabrication du ciment, de briques réfractaires, dans l'industrie sidérurgique, et les amendements des sols agricoles avec de la chaux magnésienne.

Les dolomites kartstifiées, situées à Sfariat, à mi-chemin entre Zouérate et Bir Moghreïn, peuvent avoir des utilisations industrielles, soit sous la forme de chaux, soit comme pierre ornementale.

Il est également possible que les dépôts coquillers quaternaires locaux, étendus, puissent fournir une source adaptée de matière première pour la fabrication de ciment, comme cela est le cas dans d'autres régions du monde. Cependant, le calcaire, la craie, et le marbre de haute pureté, sont généralement les plus importantes sources de CaO pour cet usage, parce qu'ils se rencontrent dans de grands gisements, suffisants pour répondre à la demande sur une longue période, ce qui constitue une justification de l'investissement majeur en capitaux que représente une cimenterie. Les autres sources de silice, d'alumine, et d'oxydes de

fer, proviennent habituellement de schistes argileux ou d'argiles, extraits au niveau local. Le gypse est un autre élément essentiel du ciment. Puisque tous ces ingrédients peuvent se trouver réunis au sein du Bassin Côtier, une étude supplémentaire et de grande ampleur est nécessaire pour identifier les quantités nécessaires à proximité des infrastructures, et la capacité à fournir sur le long terme aux installations créées des roches carbonatées présentant une pureté et des spécifications adaptées aux besoins. De plus, la production de ciment fait appel à un procédé extrêmement consommateur en énergie, et produisant de grandes quantités de dioxyde de carbone. Ces facteurs demandent également à être examinés de près.

5.7.2 – Argile

Au Nord d'Atar, les schistes de la Formation de Ksar Torchane ont été exploités comme source d'argile pour la fabrication de briques.

5.7.3 – Sable de verrerie

L'érosion éolienne des grès peut produire du sable blanc relativement pur, convenant à la fabrication du verre. De grands filons de quartz blanc, comme par exemple à Guelb Naad, pourraient également être utilisés comme sable de verrerie.

5.7.4 – Tourbe

Environ 3 313 273 m³ de réserves de tourbe ont été découvertes dans le Sud-Ouest de la Mauritanie, à Tiguent, à Keur Massène, et dans la région de Tiékane (Figs. 3.3 et 4.3), dans un réseau de dépressions et d'anciens chenaux localisés entre les dunes éoliennes, sur une surface de 5 000 km². L'épaisseur de la tourbe varie de 0,2 à 5,0 m, avec une moyenne de 0,8 m. L'épaisseur des dépôts de recouvrement présente une épaisseur allant de 0 à 2,0 m. La tourbe est parfois humide et contient du sel. Elle est également argileuse, et localement sablonneuse.

Afin d'établir la viabilité économique des gisements de tourbe signalés à ce jour dans le Sud-Ouest de la Mauritanie (Fig. 3.1, et Langer, 2012), un travail analytique supplémentaire très approfondi constitue une priorité, afin d'établir les paramètres physiques et chimiques essentiels, tels que la valeur calorifique, le pH, le contenu en S, C, N, ainsi que le contenu pour un grand nombre d'autres éléments. Un autre défi technique majeur concerne l'élimination des sables de la tourbe, pour laquelle la technologie optimale n'a pas encore été déterminée en Mauritanie.

5.7.5 – Talc

Les lentilles de talc sont courantes au sein des serpentines de la région de Mbédia Achar (Fig. 3.2), mais le talc y est souvent impur.

5.7.6 – Trona

Plusieurs playas ont été cartographiées sur les feuilles de la carte géologique de Néma, Djigueni et Kankossa, à l'échelle 1:500 000. Ces playas peuvent être une source de trona (sel de potassium) et d'autres minéraux évaporitiques.

5.7.7 – Gneiss à sillimanite

Des affleurements de gneiss à sillimanite sont notés : (1) à environ 25 km au Sud-Ouest d'Atar, le long de la voie rapide menant à d'Akjoujt, et (2) le long de la voie ferrée, à environ 80 km au Nord d'Atar (Fig. 3.2 et Langer, 2012).

En plus des utilisations potentielles comme pierre de taille et comme granulat, ces gneiss contiennent de la sillimanite, un minéral de silicate d'aluminium, qui peut avoir d'autres utilisations industrielles. En raison de sa teneur en alumine élevée (> 60 % d' Al_2O_3) et d'un point de fusion élevé (> 1 100°C), la sillimanite est valorisée dans la fabrication de céramiques et de matériaux réfractaires. D'importants gisements de minéraux de sillimanite sont actuellement exploités en Afrique du Sud, en Inde, en France, et en Chine.

Conclusions

Cinq minéraux industriels ont été examinés en détail dans les rapports géologiques de PRISM — la pierre de taille, le gypse, le phosphate, le sel, et le soufre. Trois minerais industriels semblent avoir un potentiel important comme matière première destinée à l'exportation : (1) la ligne de chemin de fer jusqu'aux mines de fer ouvre de vastes zones pour la pierre de taille destinée aux marchés à l'exportation, offrant un accès facile au transport vers la côte. (2) Les ressources en gypse de Sebkha N'Drhamcha (Figs. 3.1 et 3.2) sont potentiellement très importantes. (3) Des gisements significatifs en phosphate existent au sein de la Plaine Côtière mauritanienne. Cependant, il y a un manque d'informations utiles relatives à la taille, à la teneur et à la qualité de ces ressources, avant de pouvoir formuler un avis définitif sur leur potentiel développement et leur valeur économique. La plupart des gisements potentiels de minerai se trouvent éloignés de leurs zones de marché. Les ressources minérales industrielles potentielles demanderont une étude géologique supplémentaire, à l'échelle locale, avec une caractérisation détaillée des ressources et l'analyse du marché, avant de pouvoir affirmer qu'elles représentent des matières premières économiquement rentables.

Références

- Austin, G.S., Barker, J.M., et Lardner, S.C., 2006, *Decorative stone*, dans Kogel, E.K, Trivedi, N.C., Barker, J.M., et Krukowski, S.T., éditeurs, *Industrial Minerals and Rocks* [7th édition] : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), Littleton, Colorado, USA, p. 893–906.
- Key, R.M., Loughlin, S.C., Gillespie, M., Del Rio, M., Horstwood, M.S.A., Crowley, Q.G., Darbyshire, D.P.F., Pitfield, P.E.J., et Henney, P.J., 2008, *Two Mesoarchaeon terranes in the Reguibat shield of NW Mauritania*, dans Ennih, N., et Liégeois, J.P., eds., *The boundaries of the West African Craton*: Londres, The Geological Society of London Special Publication 297, p. 33–52.
- Kogel, E.K., Trivedi, N.C., Barker, J.M., et Krukowski, S.T., éditeurs, 2006, *Industrial Minerals and Rocks* [7^{ème} édition] : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), Littleton, Colorado, USA, 1548 p.
- Langer, W.H., 2011, *Aggregate resource availability in the conterminous United States, including suggestions for addressing shortages, quality, and environmental concerns*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1119, 87 p.
- Langer, W.H., 2012, *Reported industrial minerals occurrences and permissive areas for other occurrences in Mauritania*: U. S. Geological Survey, Carte à l'échelle 1:1 000 000.
- Marot A., Stein, G., Artignan, D., Milesi, J.-P., 2003, *Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Nord de la Mauritanie. Volume 2 – Potentiel Minier*. DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott.
- Marsh, E., 2012, Phase V: *Database of Mineral Deposits in the Islamic Republic of Mauritania*.
- Mead, L., and Austin, G.S., 2006, *Dimension stone*, dans Kogel, E.K, Trivedi, N.C., Barker, J.M., et Krukowski, S.T., éditeurs, *Industrial Minerals and Rocks* [7^{ème} édition] : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), Littleton, Colorado, USA, p. 907–923.
- Pitfield, P E J, Key, R M, Waters, C N., Hawkins, M.P.H., Scofield, D.I., Loughlin, S. et Barnes, R P., 2004, *Notice explicative des cartes géologiques et gîtologiques au 1/200 000 et 1/500 000 du Sud de la Mauritanie. Volume 1 – géologie*. DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott.
- Salpeteur, I., 2005, *Perspectives minières dans le Sud de la Mauritanie. Levé géologique de l'extrême sud de la Mauritanie (projet PRISM)*, DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, et rapport BRGM/RC-54132-FR, Orléans.
- U.S. Geological Survey, 2012, *Minerals Yearbook Volume I, Metals and Minerals*: U.S. Geological Survey, Consultable à l'adresse : <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/myb.html>.