



Appui aux politiques publiques et Intelligence économique pour les ressources minérales au BRGM Activité 2011

Rapport final

BRGM/RP-61052-FR

Avril 2012



Géosciences pour une Terre durable

brgm

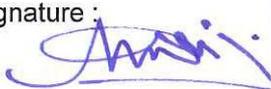
Appui aux politiques publiques et Intelligence économique pour les ressources minérales au BRGM Activité 2011

Rapport final

BRGM/RP-61052-FR
Avril 2012

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2011

**C. Braux, J.-F. Labbé, A.-S. Audion, P. Christmann,
C. Hocquard, M. Le Gleuher, P. Lebreton, M. Urvois**

<p>Vérificateur :</p> <p>Nom : M. Urvois</p> <p>Date : 25.04.2012</p> <p>Signature :</p> 
--

<p>Approbateur :</p> <p>Nom : C. Braux</p> <p>Date : 25/4/2012</p> <p>Signature :</p> 
--

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : COMES, utilisation durable des ressources naturelles, ressources minérales stratégie, métaux critiques, SIM, intelligence économique.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Braux C., Labbé J.-F., Audion A.-S., Christmann P., Hocquard C., Le Gleuher M., Lebret P., Urvois M. (2012) - Appui aux politiques publiques et Intelligence économique pour les ressources minérales au BRGM, activité 2011. Rapport final. Rapport BRGM/RP-61052-FR , 50 p., 1 fig., 1 tab., 3 ph., 1 annexe.

Synthèse

Ce rapport relate les activités d'appui du BRGM aux politiques publiques nationales conduites dans le cadre de la convention de partenariat 2011 (Convention n° 2100485270) relative aux eaux souterraines, aux ressources minérales, au littoral et à l'organisation des connaissances sur la nature et les paysages qui a été signée le 31 août 2011 entre la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (MEDDTL) et le BRGM.

Il s'agit d'un rapport concernant le thème Ressources minérales, et plus particulièrement l'activité des projets d' « Intelligence économique » (principalement de la veille) – projet PSP11REM51 (fiche SP 11RESA03 - Offre SP11REM003) et « d'Appui aux Politiques publiques - projet PSP10REM 52 (fiche SP 11RESA06 - offre SP11REM030).

Il justifie l'effort poursuivi en 2011 pour permettre de donner aux activités d'intelligence économique du Service Ressources minérales du BRGM des moyens lui permettant de pouvoir fournir, au moins en partie, des éléments de réponse aux problématiques publiques dans le secteur du marché des matières premières minérales.

Ces activités s'inscrivent notamment dans le cadre de :

- de politiques françaises : activités d'aide au fonctionnement du Comité pour les métaux stratégiques (« COMES »),
- de la publication de documents comme les mémentos dédiés aux substances d'intérêt important sur le plan national,
- d'actions diverses comme la participation du BRGM à des conférences sur les matières premières ou au congrès de la SIM (Société de l'industrie Minérale) à Perpignan en octobre 2011,

On peut envisager sur 2012 les actions potentielles suivantes, sans limitation à ce stade :

- Poursuite des travaux du COMES,
- Autres réunions de ce type, soit en bilatéral comme les réunions de l'Association Franco-Allemande pour la Science et la Technologie (AFAST), soit plus générales comme certaines réunions de Commissions à Bruxelles ?
- Identification, sur la ligne « appui aux politiques publiques », d'un temps d'ingénieur BRGM mis à disposition pour examiner des questions diverses à la demande du ministère, à l'image des « appuis administration » en région ?
- Après examen et éventuelles révisions, reprise des monographies ou mises à jour des plus obsolètes ?
- Augmentation des relations en services géologiques européens sur ce thème de l'économie des matières premières ?
- Approfondissement des données statistiques sur plus de substances ?

Sommaire

1. Introduction	7
2. COMES : participations BRGM.....	9
2.1. INTRODUCTION.....	9
2.2. TRAVAUX DU GROUPE 1	9
2.3. TRAVAUX DU GROUPE 2	11
2.3.1. Connaissance patrimoine français.....	11
2.3.2. Participation à la conception d'un observatoire des ressources minérales	19
2.3.3. Cartes de potentiel en Métaux Stratégiques	20
3. Relations avec le BGR (Allemagne)	23
3.1. VISITE AU BGR (HANOVRE) - 11 MAI 2011	23
3.1.1. Informations majeures :	24
3.1.2. Résultats :	25
3.2. FORUM COOPERATION RECHERCHE : 13 OCTOBRE 2011 A BERLIN – COMPTE RENDU COMMUN	26
4. Bref rappel d'actions dédiées du BRGM	29
4.1. MEMENTOS 2011.....	29
4.2. PUBLICATION DES MÉMENTOS DE 2010	29
4.3. CONFÉRENCES.....	30
5. Congrès SIM 2011 : Participation BRGM	33
5.1. INTRODUCTION.....	33
5.2. SÉANCE INAUGURALE	33
5.3. STANDS TECHNIQUES	36
5.4. SALSIGNE	36
6. Conclusion	37
7. Bibliographie	39

Liste des figures

Figure 1 : Carte des zones explorées (en vert et noir)	12
--	----

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des données Inventaire (d'après Lambert,2005)	14
--	----

Liste des photos

Photo 1 : Atelier sur la pierre dimensionnelle	33
Photo 2 : Stand du BRGM	34
Photo 3 : Stand de l'ENAG	34

Liste des annexes

Annexe 1 De l'exploration minière à la mine : quelques rappels	41
--	----

1. Introduction

Ce rapport relate les activités d'appui du BRGM aux politiques publiques nationales conduites dans le cadre de la convention de partenariat (convention n° 2100485270) relative aux eaux souterraines, aux ressources minérales, au littoral et à l'organisation des connaissances sur la nature et les paysages qui a été signée le 31 août 2011 entre la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) et le BRGM.

Comme pour 2010 (Martel-Jantin *et al.*), il s'agit d'un rapport concernant le thème Ressources minérales, et plus particulièrement l'activité des projets d'intelligence économique (principalement de la veille) – projet PSP11REM51 (fiche SP 11RESA03 - Offre SP11REM003) et « d'Appui aux Politiques publiques - projet PSP10REM 52 (fiche SP 11RESA06 - offre SP11REM030).

Il justifie l'effort poursuivi en 2011 pour permettre de donner aux activités d'intelligence économique du Service Ressources minérales du BRGM des moyens lui permettant de pouvoir fournir, au moins en partie, des éléments de réponse aux problématiques publiques dans le secteur du marché des matières premières minérales.

Ces activités s'inscrivent dans le cadre :

- de politiques françaises : activités d'aide au fonctionnement du Comité pour les métaux stratégiques (« COMES »),
- d'actions diverses comme des conférences ou la participation du BRGM au congrès de la SIM (Société de l'industrie Minérale) à Perpignan en octobre 2011.

2. COMES : participations BRGM

2.1. INTRODUCTION

Les industries françaises consommatrices de métaux sont pour l'essentiel fortement dépendantes de l'extérieur pour leurs approvisionnements en minerais et métaux. En effet, la France ne dispose pas actuellement de gisements métalliques exploités sur le territoire métropolitain. Toutefois elle dispose de deux opérateurs miniers intégrés de rang mondial ERAMET (Nickel, manganèse et alliages, développements dans de nouveaux métaux) et AREVA (Uranium). Ces entreprises sont présentes dans de nombreux pays où elles valorisent des gisements. Elles contribuent pour les métaux qui les intéressent à sécuriser les approvisionnements des filières consommatrices.

Au plan international, les besoins grandissants des nouvelles puissances industrielles (telle la Chine) font que l'accès aux matières premières, le contrôle des ressources sont devenus de véritables enjeux. Des approvisionnements en matières premières fiables et pérennes sont des facteurs essentiels de la compétitivité de nos industries.

Conscient des difficultés que pouvaient rencontrer les entreprises, le ministre en charge des mines a créé, par décret du 26 janvier 2011, le Comité pour les Métaux Stratégiques – COMES. Lors de la réunion de travail du comité pour les métaux stratégiques (COMES) du 26 juillet 2011, il a été demandé à M. François Bersani, de structurer 4 groupes de réflexion autour des axes de travail identifiés lors de la réunion d'installation du comité, le 30 mars 2011 :

Groupe 1 : Identification et évaluation des besoins de l'industrie française ;

Groupe 2 : Ressources disponibles et initiatives dans le domaine de la prospection ;

Groupe 3 : Recherche et développement dans les économies de matière, de substitution, de récupération et de recyclage ;

Groupe 4 : Aspects internationaux : dimensions bilatérale, communautaire ou multilatérale ;

Le BRGM était présent dans les 4 groupes et assurait la vice-présidence des groupes 1 et 2.

2.2. TRAVAUX DU GROUPE 1

À l'issue de cette première phase de travaux, le GT1 a recommandé les actions suivantes.

1. Poursuivre la rédaction et la publication de **monographies** sur les matières premières : **Cu, Sn, Pt, Pd, Rh**. Inciter les **industriels à contribuer au financement** de ces études ;

2. **Déployer en 2012** auprès des entreprises, via les Fédérations professionnelles, **l'outil d'analyse de la vulnérabilité** et inciter à des **démarches collectives de sécurisation**, éventuellement intersectorielles ;
3. Dans la continuité des rapports Chevalier (Pétrole) puis Jouyet (Matières premières agricoles), **engager des travaux sur les facteurs de volatilité du prix des matières premières minérales et d'éventuelles mesures de régulation**. Le GT1 soutient en particulier l'axe N°3 (Étendre le périmètre de la régulation financière à l'ensemble des opérations réalisées sur les marchés de matières premières) et notamment la proposition 19¹ du rapport d'information parlementaire N°3863 déposé par la Commission des Affaires Économiques (« Rapport Vautrin-Loos ») ;
4. Redéploiement d'un **Observatoire sur les Matières Premières, permettant d'améliorer la lisibilité des connaissances statistiques**. Ces connaissances sont aujourd'hui insuffisamment précises et ne permettent pas de nourrir une analyse stratégique sur l'exposition au risque matières premières. Cet Observatoire devrait être lié à l'activité d'intelligence minérale du BRGM et pourrait avoir un ancrage européen, a minima franco-allemand ;
5. Lancer en parallèle un **chantier sur la révision de la nomenclature douanière** des matières premières et le calcul des consommations réelles et apparentes.

Former, éduquer et sensibiliser

6. Identifier et **fédérer les diverses initiatives** françaises pour développer **l'analyse prospective de nos besoins** en matières premières **et des risques associés** ;
7. Développer une **base de données d'Analyse du Cycle de Vie (ACV)** sur les matières premières en tant que **bien commun durable** européen ;
8. **Mobiliser les DREAL et les DIRECCTE** ainsi que les fédérations professionnelles **pour sensibiliser le tissu industriel au niveau régional** ;
9. Développer **l'information et l'éducation sur les matières** premières tant à destination des **acteurs économiques** que des **étudiants et lycéens** ;
10. Maintenir et renforcer l'expertise nécessaire au vaste domaine des matières premières minérales, d'en comprendre les enjeux, de développer les

¹Proposition 19 : Mandater l'Autorité européenne des marchés financiers afin qu'elle réalise un suivi des fonds indiciels ETF et ETC portant sur les matières premières.

technologies et les connaissances nécessaires au développement de technologies de production plus économes, moins gourmandes en eau et en énergie, générant moins d'effluents à impacts négatifs ;

- 11. Perspectives de coopération franco-allemande (DERA/BRGM) dans une optique de service public vers l'État et vers les entreprises ;**
- 12. Assurer le rayonnement de la France : Encourager le détachement d'experts nationaux auprès des organismes internationaux (CCR, PNUE,...).**

2.3. TRAVAUX DU GROUPE 2

Le Groupe de travail 2 a examiné la problématique de l'identification et de l'accès aux ressources primaires naturelles minérales non-énergétiques et spécifiquement aux « métaux stratégiques », non pas seulement comme un risque mais comme une opportunité de développer ce qui est une activité créatrice de valeur en elle-même.

La sélection des métaux considérés comme stratégiques fut principalement issue des travaux du Groupe 1 avec qui le Groupe 2 s'est coordonné en apportant ses connaissances notamment sur le plan des ressources primaires, ainsi que le Groupe 3 pour ce qui concerne des ressources alternatives ou complémentaires en particulier les ressources issues de la récupération et du recyclage.

Les travaux conduits par le GT2 ont abouti à la formulation de 5 propositions d'axes de travail, assortis de mesures plus spécifiques :

1. Finaliser la sélection des priorités, assurer une veille et informer ;
2. Identifier et développer le potentiel géologique français terrestre et sous-marin ;
3. Soutenir les opérateurs et consommateurs français dans leurs partenariats et projets internationaux qui contribuent à sécuriser l'accès aux ressources à l'étranger ;
4. Renforcer les acteurs et les activités françaises dans le domaine des métaux stratégiques face aux nouveaux risques ;
5. Préserver et renforcer les systèmes de formation et la R&D française en matière de métaux stratégiques.

2.3.1. Connaissance patrimoine français

Le BRGM a été présent aux réunions des groupes de travail et aux séances plénières et a contribué à l'élaboration des actions notamment la réinterprétation de l'ensemble des données du territoire français pour permettre à l'État d'avoir une vision actualisée de nos connaissances sur le patrimoine minéral.

Cette approche nationale encouragera les initiatives privées sur le territoire ; les contacts récents d'opérateurs confirment cette attente et l'intérêt porté au potentiel français.

En effet la France, dans le domaine hercynien ou alpin garde un fort potentiel :

- pour des ressources en tungstène, étain, lithium, antimoine ;
- fluorite et barytine ;
- métaux rares (Ge, In, Cd, REE).

L'approche proposée se situe à un stade amont des reconnaissances ; nous nous limiterons au stade des ressources supposées voire indiquées mais en aucun cas au stade des réserves qui est du ressort des opérateurs miniers.

Quelques rappels sur l'inventaire du territoire français

L'inventaire a couvert environ les 20 % du territoire qui comprend essentiellement les zones du socle hercynien et les chaînes alpines (Alpes et Pyrénées *pro parte*). La carte suivante montre les zones couvertes (couleurs noire et verte).

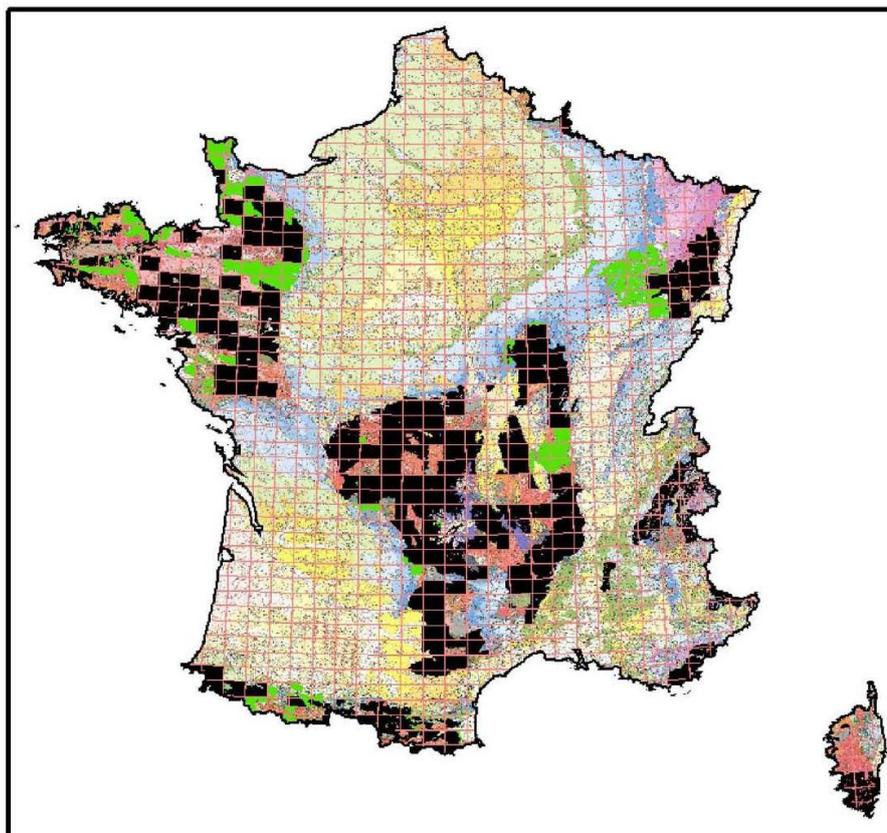


Figure 1 : Carte des zones explorées (en vert et noir)

Le type de prélèvement était le sédiment en lit vif séché et tamisé à $< 125 \mu\text{m}$ prélevé à une densité de 2 à 3 échantillons/ km^2 . En présence d'un réseau hydrographique trop lâche, un échantillon de sol était prélevé en fond de vallon. Pour environ un tiers des surfaces couvertes, on a doublé l'échantillonnage par un concentré alluvionnaire. En Bretagne, la démarche était inverse : on a prélevé les concentrés alluvionnaires avant de développer la géochimie en sédiments de ruisseaux.

Ces données sont compilées dans une base de données au format Access™ archivée au département Ressources Minérales du BRGM.

Le but essentiel de l'exploration géochimique était d'estimer et optimiser l'évaluation du potentiel minier du territoire métropolitain et pour ce faire, obtenir le maximum d'informations permettant de déceler une quelconque minéralisation dans l'environnement de sites l'échantillonnage par l'analyse chimique : détection directe des métaux concernés, association d'éléments caractéristiques d'un type de minéralisation, mise en évidence de phénomènes minéralisateurs, caractérisation des formations lithologiques environnantes.

Il faut souligner les limites dans l'utilisation possible de ces données :

- Les méthodes analytiques ont évolué : de la colorimétrie on est passé à la spectrométrie d'émission puis à l'ICP (Inductively Coupled Plasma) avec en parallèle une augmentation de la gamme d'éléments traces analysés (de 5 à 22 puis 34 éléments) ;
- Les limites de détection de certains éléments comme l'arsenic, l'antimoine, le cadmium, l'argent, le molybdène, le bismuth, l'étain et le tungstène étaient trop élevées (20, 10 ou 1 ppm) pour une utilisation environnementale, pour détecter un signal atténué par la dilution (cas des loess en Bretagne) ou pour évaluer le fond géochimique naturel ;
- En fonction des techniques utilisées (mise en solution totale ou partielle, mesure directe en spectrométrie,...) les seuils de détection ont changé d'une feuille à l'autre. Le calibrage des appareils par des standards internationaux n'a pas toujours été réalisé. Ainsi, la cartographie des iso valeurs en Yttrium à l'échelle du Massif central montre bien des fonds de 10 à 15ppm plus élevés dans les zones analysées en ICP par rapport aux feuilles voisines analysées au quantomètre.

Synthèse des données de la prospection Inventaire du territoire (BRGM et SNEAP)		
Nombre de sites	BRGM	SNEAP
Sédiments-sols	285000	59000
Type analyses		
DCP (22 éléments)	234370	
ICP (34 éléments)	35000	
Quanto (32 éléments)	10122	58633
Colorimétrie (3-4 elts)	4935	
Ionométrie (F)	18762	
Autres (spécifiques)		
Cl, Br, In, Ga, Ge, PF		?
Concentrés alluvionnaires	96924	
		(Lambert, 2005)

Tableau 1 : Synthèse des données Inventaire (d'après Lambert, 2005)
(SNEAP = Société Nationale Elf Aquitaine)

Le suivi des anomalies : un travail inachevé !

De 1975 à 1984, l'Inventaire a permis la découverte de 50 sujets nouveaux dont 40 ont fait l'objet d'un dépôt de de permis d'exploration (PER) ainsi que 19 sujets or (Carte de Fischesser, 1987).

À titre d'exemple, pour le seul Massif armoricain entre 1975 et 1982, 2000 anomalies géochimiques stratégiques ont été découvertes, 500 ont fait l'objet de travaux tactiques, 60 ont justifié des sondages carottés et 15 finalement ont été proposées à la profession.

La sélection des sujets prioritaires étaient réalisée par des géologues, géologues et géochimistes.

L'interprétation pour des métaux rares n'a été n'a été qu'effleurée et mérite un regard particulier

Les raisons objectives d'une ré-analyse des données :

Au-delà de ces anomalies restées en suspens, trois paramètres fondamentaux ont complètement changé :

- **la flambée récente des cours** modifie complètement les critères économiques de tonnages de teneurs et notamment le « cutoff » qui intervient dans la définition du volume minéralisé. À titre d'exemples, les gisements de type porphyry découverts en France comme Beauvain (Orne), Sibert (Rhône) et Les Œillettes (Vosges) méritent un regard nouveau appuyé sur la ré-analyse de certains métaux rares non dosés à l'époque comme Re, Ge, In. D'autres indices ou anomalies font partie de cette catégorie.
- **Les nouvelles technologies de traitement** éco-compatibles sont apparues. Ainsi, la biolixiviation bactérienne des sulfures en tas permet de traiter de gros volume de minerai sulfuré à basse teneurs. En Finlande pays à coûts salariaux plus élevé que la France, un nouveau gisement de sulfures disséminés à Ni-Cu-Co a pu être ouvert récemment à une teneur moyenne de **0,26 % Ni, 0,15 % Cu, 0,02 % Co et 0,56 % Zn**. Les réserves de ce gisement qui, il y a dix ans aurait été considéré comme une simple anomalie géochimique stratiforme dépassent les 318 Mt (Projet européen Bioshale).
- Les connaissances en gîtologie ont évolué et depuis 15 ans de **nouveaux types de gisements** peu ou mal connus des géologues français ont été découverts à l'étranger. Parmi ceux-ci citons les modèles les plus importants :
 - **Les gisements épithermaux** liés à des anomalies géothermiques en région volcanique dans les zones d'arc ou de rift. Quelques indices de mercure, et ou antimoine, arsenic en région volcanique sont connus autour des rhyolites permienne de l'Estérel, en Auvergne et ouvrent des perspectives mais nécessitent un regard nouveau.
 - **Les gisements stratiforme de Ni-Pb-Zn-Mo... en milieu réducteur de plateforme carbonatée.** En France, on connaît des indices à sulfures disséminés, notamment à Pb-Zn stratiforme (Pouit, 1978) dans schistes et quartzites noirs graphiteux et dolomies du cambrien-ordovicien des Pyrénées et de la Montagne Noire et dans le Briovérien breton. Au Vigan, les dolomies phosphatées d'origine karstiques du cambrien montrent les teneurs les plus élevée en U (1777 ppm) en terres rares légères (1170 ppm) et terres rares lourdes (456 ppm) accompagnées de teneurs en fluor supérieures à 2 % et en Th de l'ordre de 1473 ppm.
 - On connaît des argilites noires enrichies en terres rares et Ni dans le callovien-oxfordien du Jura et du SO. Une réinterprétation ciblée en croisant géologie et anomalies inventaire en P, Ni, Cu, Sb, Mo, Ce permettrait de localiser les cibles intéressantes dans l'optique d'une minéralisation stratiforme à métaux de base, métaux rares et éventuellement terres rares et U.

- **Les gisements de type IOGC (Iron oxyde copper gold)** : Ces gisements dont l'exemple majeur est Olympic Dam en Australie (réserves de 600 Mt @ 1,8% Cu, 0,5 kg/t U₃O₈, 0,5 g/t Au et 3,6 g/t Ag) regroupent une famille de gisements associés à des intrusions de granitoïdes de type A ou alcalin mis en place dans des zones de discontinuités profondes entre des plaques (extension ou zone de shear ou trans-tension). Ils ont des analogies avec les gîtes porphyriques mais leurs fluides sont contaminés par des fluides hyper salés provenant d'évaporites et des fluides superficiels d'où les altérations sodiques importantes à hématite. En France, plusieurs anomalies et indices de cuivre dans des contextes de brèches à hématite et filons de bordure de rift (Alsace) mériteraient un contrôle dans cette optique. La recherche d'hématite, oxydés de cuivre dans les concentrés alluvionnaires est également une piste possible. D'autres indices situés à proximité d'intrusions sub-volcaniques mériteraient un contrôle dans cette optique.
- **D'autres types de gisements anciens**, bien connus, qui ont donné des anomalies importantes ont encore un potentiel économique à développer :
 - **Les gisements de scheelite stratiforme associés à des skarns ou gneiss à silicates calciques (GASC)** : Ces gisements ne sont pas nouveaux et leur exploration avait été bien engagée dans les années 80 notamment au niveau de la division SO. Elle a abouti à la découverte du gisement de Fumade qui devrait intéresser de nouveaux investisseurs vu la hausse des cours du tungstène. Des indices stratiformes sont décrits également dans les Vosges. La recherche de nouvelles cibles en combinant anomalies géochimiques en tungstène et scheelite alluvionnaire ne devrait pas poser de problème. En Autriche, ces niveaux sont associés à des sulfures disséminés (Cu, Sb) et avaient été interprétés à l'époque comme des exhalatifs métamorphisés. Dans les Alpes, ce type n'a pas été décrit. Dans la zone axiale des Pyrénées, les zones gneissiques ont été a priori exclues de l'Inventaire comme non prospective à l'époque !
 - Les gisements de **coupoles leucogranitiques à W, Sn (Nb, Ta, Li) Au et U**. Un grand nombre d'anomalies de ce type sont restées non contrôlées faute de temps et de moyens. Un bel exemple est l'intrusion de Chavence au SW du Morvan (Salpéteur, 1988) qui a été suivie en tactique avec des anomalies très contrastées en Sn (max. 1930 ppm), W (max. 666 ppm), Li (max. 2760 ppm) et Cu, Zn, Ag qui seraient liée à l'intersection de l'intrusion avec un sedex à Cu-Zn.
 - Autres exemples, les anomalies W, Sn, Li de Trezin Ponchale et Montpensier (Au sud du granite de Saint-Goussaud) avec latéralement une anomalie Ag, Pb, As, Sb, qui évoque une minéralisation épithermale en lien avec la zone broyée d'Argentat. Sur tous ces indices, la ré-analyse du Nb et du Ta est recommandée.

Les pistes à suivre pour redynamiser l'exploration du territoire :

La France, dans le domaine hercynien ou alpin garde un fort potentiel de découvertes pour des ressources en tungstène, étain, lithium uranium et or et pour les métaux de base et l'or associés aux gisements de type VMS (Chessy, Bodennec, Porte aux moines..). Elle possède également des ressources potentielles en fluor et barytine. Pour la recherche de métaux rares (Ge, In, Cd, REE) associés aux éléments Ni, Mo, V, et U, le potentiel des séries noires graphiteuses est important. Le croisement des anomalies correspondantes de l'Inventaire avec la radiométrie aéroportée et les cartes de résistivité, les données géologiques devrait permettre une sélection rapide des cibles prioritaires.

Pour la recherche de concentration en tungstène stratiforme, la réinterprétation des anomalies W, As (Mo, Cu, P) en contexte métamorphique corrélées à de la scheelite alluvionnaire devrait optimiser la sélection de cibles.

Pour la recherche de minéralisations de type IOGC, la cartographie des anomalies or-hématite alluvionnaires avec le Cu géochimique dans un environnement marqué par des intrusions comportant une altération albitique importante devrait isoler les secteurs prioritaires.

Enfin, une réévaluation des prospectes sondés antérieurement pour or et ou métaux de base devrait se faire à la lumière des cours actuels et surtout du contenu en métaux rares (Ge, In, Re...) dont le dosage doit être envisagé par des méthodes modernes très sensibles.

Programme proposé :

Le programme d'action proposé vise à valoriser les connaissances acquises autrefois et non refaire une prospection géochimique de type « inventaire » comme celle réalisées dans les années 1970 - 1980.

Les priorités de l'inventaire minier français (1975-1992) avaient été focalisées sur les métaux de base et l'or, celui de la Guyane presque exclusivement centré sur l'or. Les concepts scientifiques guidant la connaissance du patrimoine minéral et les techniques d'exploration ont profondément évolué, ainsi que les contextes économiques par rapport à l'époque de l'inventaire.

L'inventaire a permis d'obtenir de nombreuses informations en termes de données géologiques, géochimiques et de prospection alluvionnaire (voire géophysique). La réinterprétation de l'ensemble des données permettra à l'État d'avoir une vision actualisée de nos connaissances sur le patrimoine minéral. Cette approche nationale encouragera les initiatives privées sur le territoire ; les contacts récents d'opérateurs confirment cette attente et l'intérêt porté au potentiel français.

L'approche proposée se situe à un stade amont des reconnaissances. Nous nous limiterons au stade des ressources supposées voire indiquées mais en aucun cas au stade des réserves qui est du ressort des opérateurs miniers.

Ressources minérales supposées : correspond aux ressources dont on peut estimer la quantité et la teneur ou qualité sur la base d'évidences géologiques et d'un échantillonnage restreint.

Ressources minérales indiquées : désignent la partie des ressources minérales dont on peut estimer la quantité, et la teneur ou qualité, la forme et les caractéristiques physiques avec un niveau de confiance suffisant pour émettre une hypothèse raisonnable sur la continuité de la géologie et des teneurs.

Ressources mesurées : désignent la partie des ressources minérales dont la quantité et la teneur ou qualité, la densité, la forme et les caractéristiques physiques sont suffisantes pour appuyer l'évaluation de la viabilité technique du dépôt.

Les **réserves minérales** (probables ou prouvées) désignent la partie économiquement exploitable des ressources minérales mesurées ou indiquées, démontrée par au moins une étude de faisabilité préliminaire.

La revalorisation du potentiel du territoire comprend les phases suivantes

1 : réinterprétation des données existantes

Cette première étape correspond au rassemblement de l'ensemble des données existantes

- Les cartes géologiques éditées et leurs notices ;
- les résultats des prospections antérieures (géochimie, alluvionnaire) ;
- Les données indicielles connues ;
- Les anciennes mines (localisation, nature, tonnages exploités...) ;
- La documentation disponible sur les recherches antérieures (rapports, publications scientifiques) ;
- Les couvertures géophysiques régionales ;
- L'imagerie satellitaire (résolution métrique) et son interprétation.

Cette phase comportera 3 volets :

Volet 1.1 : réinterprétation des données existantes à l'échelle du territoire (géochimie, géologie, géophysiques, alluvionnaire,...). L'inventaire a mis en évidence environ 5000 anomalies. La réinterprétation visera à sélectionner environ 200 – 250 anomalies ;

Volet 1.2 : réévaluation des indices connus suite à un tri par substance ;

Volet 1.3 : réévaluation économique de gisements connus (anciennement exploités ou non).

Un grand nombre de « métaux stratégiques » n'ayant jamais été valorisés, il est très probable qu'ils soient concentrés dans des gisements connus voire dans les stériles et résidus de traitement d'exploitations anciennes. Une réévaluation sera proposée.

Durée de la phase 1 : 1 an.

2 : Vérifications complémentaires

Cette phase « légère » comportera des études complémentaires de terrain dans le but de valider les sélections de la phase 1 et consistera essentiellement en des compléments de cartographie, un échantillonnage roches voir quelques échantillonnages géochimiques

Elle comportera 2 volets

Volet 2.1 : études d'anomalies issues de 1.1. Ce volet comprend la visite de terrain sur les anomalies issues de 1.1 et la prospection tactique sur une dizaine

Volet 2.2 : études complémentaires sur indices retenus suite à 1.2

Durée phase 2 : 4 ans

2.3.2. Participation à la conception d'un observatoire des ressources minérales

Dans le cadre de ses travaux, du Comité pour les Métaux Stratégiques (COMES) a identifié la nécessité de développer un support ou système qui permettrait de rassembler, améliorer la connaissance et faciliter l'accès à l'information sur les ressources minérales.

Les informations sur les approvisionnements domestiques et internationaux et les usages des minéraux et substances minérales sont essentielles à l'économie et la sécurité nationale. Les organismes publics et privés doivent pouvoir compter sur des informations objectives pour prendre en connaissance de cause des décisions, comprendre les impacts de ces substances sur l'économie et prévoir quels seront les besoins futurs et la demande. Les informations doivent donc porter sur les ressources potentielles, les mines, les productions, la consommation, le recyclage, les importations (et éventuelles exportations de produits transformés), les industries de traitement et de transformation, et les cycles de vie des substances minérales.

Un tel système doit permettre de suivre un certain nombre de pays et de substances, afin de pouvoir évaluer en permanence - la criticité de tel ou tel métal qui est susceptible de changer brutalement en liaison avec les évolutions (éventuellement rapides) politiques, économiques, technologiques dont l'impact n'est pas toujours facile à estimer (e.g. le boom sur les téléphones portables, ...).

Au préalable, il est nécessaire de :

- Identifier les fournisseurs d'informations, institutionnels ou non (est-ce acceptable? Quid de la fiabilité de l'information dans ce cas ?), puis les différentes populations d'utilisateurs à satisfaire (ministères et agences gouvernementales, décideurs publics et privés, universitaires, ...).

- Définir les modalités d'accès, libre pour les données brutes et des "panoramas" substances/pays, restreint (gratuit et limité à un certain nombre d'acteurs bien identifiés, ou payant avec abonnement, sans autre contrainte ?) pour les données à valeur ajoutée et les synthèses à caractère stratégique.
- Définir les périmètres concernés par ce système d'information :
 - (i) En termes de ressources : ressources primaires (terrestres et marines) et secondaires (recyclées) ? ;
 - (ii) En terme de substances : quelles substances parmi les métalliques, les métalloïdes et les non-métalliques ? ;
 - (iii) En terme d'extension géographique : France et Europe, sélection de pays clés hors Europe ? ;
 - (iv) En terme de suivi des activités minières : depuis l'amont (anomalies, indices, projets aux différents stades de développement, gisements et ouverture de mines) à l'aval (fin d'exploitation, remédiation et après-mine) ?

Un questionnaire en direction des industriels a été élaboré pour permettre d'évaluer les besoins et ainsi contribuer à la conception de cet observatoire.

2.3.3. Cartes de potentiel en Métaux Stratégiques

Dans le cadre des travaux du COMES, le BRGM a réalisé des cartes sur le potentiel en lithium (Li) et en terres rares (TR) dans le monde, ainsi que sur le potentiel en métaux stratégiques du Canada, de la Côte d'Ivoire et du Kazakhstan.

Ces cartes ont été élaborées sur la base du recensement des indices et gisements métalliques connus (exploités ou en développement par des compagnies minières), à partir de données disponibles auprès des sociétés minières ou compilées par divers organismes (MEG, RMD, USGS, BRGM, etc.).

À l'échelle d'un pays, il est très difficile de faire apparaître des provinces possédant un potentiel pour les métaux stratégiques, à l'exception des zones où des indices ou gisements sont décrits, principalement pour les métaux tels que le niobium (Nb) et/ou tantale (Ta), béryllium (Be), tungstène (W), lithium (Li), terres rares (TR).

En effet, un grand nombre des métaux considérés comme stratégiques font partie de la famille des métaux rares, et se présentent en sous-produit de métaux que l'on qualifiera de « communs » (Cu, Pb, Zn, Au...). Ainsi, on peut citer quelques exemples comme :

- Les gisements de Pb-Zn de type sédimentaire (MVT), de type amas sulfurés (SEDEX ou VMS) ou filoniens auxquels peuvent être associés des métaux comme l'antimoine (Sb), l'argent (Ag), le cadmium (Cd), le baryum (Ba), le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le nickel (Ni), le cobalt (Co), le mercure (Hg), l'indium (In), le gallium (Ga), le germanium (Ge), le sélénium (Se) ou le tellure (Te) ;

- Les gisements de type « or orogénique » auxquels peuvent être associés, selon les contextes géologiques, le tellure, l'antimoine, l'étain, le tungstène, le plomb, le zinc, le molybdène (Mo), l'argent, le bismuth (Bi) ou les EGP ;
- Les gisements liés au plutonisme basique et ultrabasique auxquels sont associées des minéralisations à Ni-Cu-Cr-EGP (\pm Co) ou des minéralisations à Fe-Ti-V ;
- Les gisements liés au plutonisme intermédiaire de type porphyre à Cu-Mo-Au auquel peut être associé le rhénium (Re) en sous-produit du molybdène, mais aussi des minéralisations à Sn-W / Ag / Bi ou à Nb-Ta / Li / Be dans les coupoles et pegmatites associées au système de porphyre ;
- Les gisements de bauxite (Al) auxquels peut être associé le gallium.

Cette liste non exhaustive montre la diversité et la complexité des gisements métalliques qui sont susceptibles de contenir des métaux stratégiques.

Les pays concernés par ces cartes présentent des potentiels en métaux stratégiques très différents. La Côte d'Ivoire possède le potentiel le plus faible des trois pays sélectionnés. Ce pays montre un potentiel pour Ni-EGP en relation avec des roches ultrabasiques dans le Nord-Ouest, et quelques indices de Nb-Ta en relation avec des granites alcalins. Le Kazakhstan, pays gros producteur d'hydrocarbures et d'uranium, cherche à valoriser les terres rares associées à ces gisements d'uranium. De plus, la taille du pays, la diversité des formations géologiques et des provinces métallifères, augmentent la probabilité de découvertes en métaux stratégiques en relation par exemple avec les provinces à Pb-Zn, à Cu, ou encore à bauxite (Al). Enfin le Canada, pays immense et à grande diversité géologique, possède un potentiel minier important. Il est parmi les plus gros producteurs mondiaux pour de nombreux métaux (U, Zn, Cd, Ni, Co, Ti, Cu, EGP, Au, Ag, Mo, Pb) et possède de nombreux indices de niobium, tungstène et lithium. Les découvertes régulières de gisements de minerai métallique sur le territoire canadien indiquent que le potentiel minéral est loin d'être épuisé.

Dans le cadre de l'identification de zones d'intérêt plus précises, une étude détaillée préalable sur la géologie et la métallogénie sera dans la plupart des cas à envisager, dans le but de définir le potentiel réel en métaux stratégiques des provinces métallifères choisies, avant le lancement d'opérations de prospection sur le terrain.

3. Relations avec le BGR (Allemagne)

3.1. VISITE AU BGR (HANOVRE) - 11 MAI 2011

Délégation BRGM

- Patrice Christmann ; Directeur Adjoint à la Direction de la Stratégie en charge des ressources minérales
- Christian Braux, Chef du Service Ressources Minérales
- François Robida, Adjoint au Chef du Service Systèmes et Technologies de l'Information

Personnes rencontrées

- Volker Steinbach, Chef du Département Ressources Minérales
- Henrike Sievers, Chef de l'Unité « Économie des Matières Premières » du Service Ressources Minérales
- Peter Buchholz, Adjoint d'Henrike Sievers
- Lindo-Mares Klimesh, Économie des Matières Premières, responsable du bureau de la Rohstoffagentur (Agence des Matières Premières)
- Axel Schippers, microbiologiste, chercheur en biohydrométallurgie (bien connu de Dominique Morin)
- Dieter Huy, responsable de l'informatique scientifique
- Markus Toloczycki, Département de l'Information Géoscientifique et de la Coopération Internationale

Compte rendu

L'objectif de la réunion était d'identifier des sujets de collaboration dans le domaine des ressources minérales dans un double cadre :

- préparation du 4^o colloque franco-allemand de coopération scientifique, les 13 et 14 octobre 2011 à Berlin,
- présentation réciproque des activités liées à l'économie des matières premières minérales,
- identification des domaines de collaboration possibles.

3.1.1. Informations majeures :

- Il existe une volonté de coopération de la part du département « ressources minérales » du BGR, mais celle-ci se heurte à la faible élasticité en termes de ressources humaines le BGR devant d'abord répondre à la forte demande liée à la montée en puissance de DERA, l'agence allemande des matières premières minérales.
- Cette inélasticité est également due au fait que suite aux règles budgétaires applicables en Allemagne le BGR continue à perdre des postes d'employés permanents tout en gagnant des postes de CDD non renouvelables. Les 10 à 12 postes créés au sein de DERA sont de ce dernier type, ce qui pose un problème de capitalisation de l'expérience (cf. CR de J. Varet daté du 3 janvier 2011, donnant une description des activités du BGR dans DERA).
- Le BGR dispose d'un système d'informations d'économie minérale bien structuré (présentation Powerpoint disponible sur le site Ariane de la Direction de la Stratégie), comportant les modules suivants et un outil de gestion de l'information, Zylab, produit de gestion documentaire du commerce permettant – entre autres- des interrogations très complexes de la masse d'informations engrangées. Ces modules sont :
 - « Métaux et minéraux industriels »: consommation, production et ressources mondiales de 60 substances dans 180 pays. 350 000 (trois cent cinquante mille !) enregistrements. Environ 5 000 nouveaux enregistrements par an (équivalent BRGM : annuaire statistique des mines, des minerais et des métaux (AS3M) – 18 substances dans 180 pays, pas de constitution de base de données).
 - « Matières premières énergétiques »: pas d'informations sur le contenu de cette base de données du BGR. Sans équivalent au BRGM.
 - la Base de Données « Allemagne » : données sur les productions minières allemandes depuis 1950, fournies par les Directions des Mines des Länder. 15 000 enregistrements, sur les importations et exportations allemandes de matières premières minérales depuis 1980 (2,3 millions d'enregistrements). En France, ces données sont disponibles, mais pas sous forme de base de données, pour les substances couvertes par l'AS3M. Le dernier panorama minier sur l'industrie minérale française, produit par le BRGM, date de 2000.
 - la base de données documentaire, constituée par de l'information textuelle sur l'économie minérale et l'industrie minérale mondiale. Elle comporte 55 000 articles et s'enrichit d'environ 5 000 articles par mois. Elle est gérée à l'aide du module Zylmage de Zylab. Le BRGM de son côté a complètement indexé les articles de sa revue Écomine, soit près de 10 000 articles. Cependant la recherche libre dans le texte de ces articles est impossible.
 - la base de données « prix » qui comporte des données sur les prix mondiaux des matières premières, sur les stocks disponibles sur la bourse des matières premières minérales de Londres (LME), sur les indices de prix ainsi que sur les taux de change. Au BRGM les prix des matières premières minérales couvertes par l'AS3M et les taux de change figurent dans cet annuaire, ainsi

que la liste des fonderies, avec leurs capacités, couvrant ces différentes matières premières

- « Importations et exportations de l'UE-27 » : constituée à partir des données d'EuroStat, à partir de 1995, cette base de données comporte 28 500 enregistrements. En France, l'AS3M comporte ce type de données pour les matières premières minérales pour la France et pour les principaux pays exportateurs ou importateurs. Ces données ne sont pas engrangées dans une base de données.
- « Projets miniers et base de donnée des coûts » : ce module contient des informations sur les projets miniers mondiaux (30 substances, 15 paramètres par projet, 28 500 enregistrements). Ce module permet l'extraction de données telles que capacité de production par mine, par société ou par pays. Le BRGM dispose de l'accès (payant) aux mêmes sources de données que le BGR mais n'a pas développé de base de données de ce type.

3.1.2. Résultats :

Ce système d'informations permet au BGR de répondre rapidement à des demandes des acteurs économiques et de l'administration allemande.

- Le BGR a invité le BRGM à participer à la réunion de travail du projet 7^o PCRD « EU Policy on Natural Resources : competition and collaboration in access to oil, gas and mineral resources » (POLINARES, site Internet : <http://www.polinares.eu/>) qui s'est tenue le 1^{er} juin 2011 à Paris. REM (J.M. Angel) et DS (P. Christmann) y ont participé. Ce projet, dont le BGR est le seul service géologique européen participant, est très intéressant car il réunit d'excellents experts européens de l'économie et des politiques des ressources énergétiques et minérales dans un projet qui durera jusqu'au 31/12/12. Les objectifs du projet sont :
 - Le développement d'une meilleure compréhension des interactions et interdépendances relatives au pétrole, au gaz et aux matières premières minérales ; de leur évolution et des facteurs de cette évolution ; de leurs relations avec les trajectoires de développement de différentes parties du monde ; de leurs implications pour les relations économiques, sociales, institutionnelles et de sécurité à l'échelle globale.
 - D'identifier les principes qui peuvent sous-tendre le développement de nouvelles politiques, de nouveaux processus d'élaboration de ces politiques, et de nouveaux systèmes de réseaux qui, à leur tour, pourront participer à la promotion d'un équilibre approprié entre compétition et collaboration dans les domaines de l'accès au pétrole, au gaz et aux ressources minérales de manière à minimiser les conflits et à promouvoir un développement économique durable.

3.2. FORUM COOPERATION RECHERCHE : 13 OCTOBRE 2011 À BERLIN – COMPTE RENDU COMMUN

Ce Compte-rendu a été rédigé en anglais comme suit :

BGR (Dr. Volker Steinbach, Head of the Mineral Resources Department and of the German Raw Materials Agency) and BRGM (Dr. Patrice Christmann, Deputy Director for Corporate Strategy) were respectively appointed by their national Ministries for Research as the coordinators of the German-French working group on non-energy mineral raw materials, one of the 12 themes selected for presentation to the 4th German-French ministerial Forum on Cooperation in Research, held in Berlin on October 13th, 2011. The selection of this theme is a direct follow-up to the Symposium on “the supply of Europe with non-energy mineral raw materials and industrial minerals” organised by the German-French Association for Science and Technology (AFAST/ DFGWT) in Paris, in June 2010. The presence of well over 200 high-level participants from both countries underlined the economic, scientific and political importance of the theme.

During the forum BGR and BRGM co-organised a workshop where representatives from academia, research and industry expressed their views and expectations related to the development of German-French scientific cooperation on mineral raw materials related issues.

On the day of the Forum’s closure both parties convened a meeting to discuss the follow-up to the Forum. The following persons attended the meeting:

- From Germany:

- BGR, represented by Pr. Dr. H.J. Kumpel, BGR President; V. Steinbach and C. Reichert, Head of sub-department "Marine Resource Exploration";
- Technische Universität Bergakademie Freiberg, represented by Pr. Dr. Jens Gutzmer, Head of the research group in economic geology and petrology at the Department of Mineralogy;

- From France:

- BRGM, represented by Dipl.-Ing. F. Demarcq, General Manager ; Dr. C. Braux, Head of the Mineral Resources Department and Dr. P. Christmann, Deputy Director, Corporate Strategy, in charge of the mineral resources strategy;
- State Committee on Strategic Minerals (COMES): Dipl.-Ing. F. Bersani, Secretary General;
- IFREMER: Dr. P. Cochonat, Deputy Scientific Director.

BGR and BRGM have many years of experience in mutual cooperation, especially within the framework of EC-funded Research Framework Programme projects. Both are founding members of EuroGeoSurveys, the Association of the European Geological Surveys.

The participants agreed to work on the setting up of four working groups, to build upon the conclusions of the Forum. The working groups and their tentative membership, expandable as further interested parties will be identified, are:

- **Resource availability and economics:**
 - Germany: Dr. V. Steinbach (BGR), Dr. Stephan Krinke (Volkswagen), Dr. G. Angerer (Fraunhofer Institut) + X, Federal Association of the German Industry (BDI)
 - France: Drs. C. Braux and P. Christmann (BRGM), Dr. P. Schultz (Renault), + X, Ores, Metals and Industrial Minerals Federation (FEDEM) + X, Observatory of the Micro- and Nanotechnologies (Atomic and Alternative Energies Commission (CEA) and French National Center for Scientific Research (CNRS)) + X. Institute for the Sciences of the Universe (CNRS-INSU)
- **New Primary Resources (metallogenesis; economic geology; geoscientific data acquisition, processing and modelling; public regional and national-scale exploration for potential mineral onshore and offshore deposits; related methodologies and technologies) :**
 - Germany: Dr. C. Reichert (BGR), X (GEOMAR)
 - France: Dr. T. Augé (BRGM), Dr. P. Cochonat (IFREMER)
- **Resources efficiency (including recycling and secondary resources):**
 - Germany: Dr. C. Hagelüken (UMICORE), Pr. Dr. A. Reller (University of Augsburg)
 - France: x, (Solvay-Rhodia): A. Geldron; French Environment and Energy Management Agency (ADEME); Pr. Dr. C. Vallas, Head of the interdisciplinary programme on materials (CNRS)
- **New technologies (exploration, mining, ore processing, metallurgy):**
 - Germany: X, (Aker Wirth), Pr. Dr. P. N. Martens (Aachen Mining School)
 - France: J. Denègre (Technip), P. D'Hugues (BRGM), Dr. J. Pironon, (Lorraine University, LABEX « Ressources 21 »)

4. Bref rappel d'actions dédiées du BRGM

4.1. MEMENTOS 2011

En 2010 et début 2011, le BRGM a produit les monographies (panoramas) de 9 substances : niobium, germanium, gallium, terres rares, béryllium, molybdène, rhénium, tellure, sélénium. Pour l'année 2011, il a été programmé 5 monographies substances : lithium, graphite, tungstène, antimoine, tantale. Ces rapports, livrés ou en cours de livraison, sont les suivants :

- Audion A.-S, avec la collaboration extérieure de la Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama mondial 2011 du marché de l'antimoine. BRGM/RP-60462-FR, 83 p., 22 fig., 18 tab., 1 annexe.
- Daw G. et Labbé J.-F. (2012) – Panorama 2011 du marché du lithium. Rapport final. BRGM/RP-60460-FR. 157 p., 51 fig., 30 tab., 1 annexe.
- Audion A.S., Piantone P., avec la collaboration extérieure de la Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2012) - Panorama 2011 du marché du tantale. BRGM/RP-60463-FR, 85p., 20 fig., 15 tab., 1 annexe
- Barthélémy F., Labbé J.F. et Picot J.C. (2012) – Panorama 2011 du marché du graphite naturel. Rapport BRGM/RP-60459-FR (en cours)
- Audion A.S. et Labbé J.F. (2012) – Panorama 2011 du marché du tungstène. Rapport BRGM/RP-60461-FR (en cours).

Ces rapports sont publics. Dès leur approbation par le MEDDTL, ils seront accessibles sur : www.BRGM.fr/publication/rapportpublic.jsp.

Une annexe confidentielle présentant une analyse de la vulnérabilité des industriels français (et européens) à chaque substance a été réalisée avec l'appui de la Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) à usage exclusif du Ministère.

4.2. PUBLICATION DES MÉMENTOS DE 2010

Les monographies sur les métaux de 2010 ont été banalisées pour être publiées (cf. adresse web ci-dessus). Elles sont désormais accessibles aux références suivantes :

- Labbé J.-F. , Christmann P. (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du sélénium. BRGM/RP-60202-FR, 90 p., 18 fig., 17 tab.
- Christmann P., Corbineau L., Labbé J.-F, Monthel J. (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du béryllium. BRGM/RP-58927-FR, 58 p., 15 fig., 7 tab.
- Barthélémy F., Christmann P. (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du molybdène. Rapport final. BRGM/RP-60204-FR, 57 p., 14 fig., 5 tab.
- Audion A.-S., Martel-Jantin B. (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du rhénium. Rapport final. BRGM/RP-60205-FR, 76 p., 23 fig., 15 tab.

- Audion A.-S., Labbé J.-F., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2010) - Panorama mondial 2010 du marché du tellure. BRGM/RP-60206-FR, 71 p., 21 fig., 11 tab.
- Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J. (2011) - Panorama mondial 2010 du niobium. BRGM/RP-60579-FR, 51 p., 10 fig., 8 tab.
- Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J. (2011) - Panorama mondial 2010 du gallium. Rapport final. BRGM/RP-60582-FR, 53 p., 8 fig., 10 tab.
- Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-jantin B., Monthel J., (2010) - Panorama mondial 2010 des terres rares. BRGM/RP-60583-FR, 72 p., 14 fig., 22 tab., 4 encadrés.
- Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J., (2010) - Panorama mondial 2010 du germanium. BRGM/RP-60584-FR, 54 p., 14 fig., 6 tab.

Une plaquette de 4 pages, à vocation d'information générale sur chacune de ces substances, a été publiée aussi sur le portail d'informations Mineralinfo (www.mineralinfo.org).

4.3. CONFÉRENCES

C'est principalement Christian Hocquard qui est intervenu pour le compte du BRGM lors de conférences dont on peut citer :

A Paris, sur le thème des métaux critiques, dont les terres rares, on doit signaler des conférences pour :

- Le Centre d'Analyse Stratégique, Groupe d'Analyses de la Mondialisation (CAS-GAM),
- L'Institut Français des Relations Internationales (IFRI),
- Ubifrance,
- L'Usine nouvelle,
- L'Union Française des Géologues (UFG),
- Le Palais de la découverte.

À Bruxelles, pour le compte de :

- IFRI,
- USGS ;

Au Canada, sur invitation du gouvernement du Québec ;

Au Brésil, sur invitation du gouvernement ;

Deux auditions publiques ont aussi eu lieu, d'une part sur les métaux rares/terres-rares et d'autres part la financiarisation des matières premières ;

Enfin, on peut aussi citer une « éconote » dans Écomine sur la crise août 2011 et l'impact sur les matières premières, sans compter les demandes ponctuelles de toutes sortes au quotidien.

5. Congrès SIM 2011 : Participation BRGM

5.1. INTRODUCTION

Plus de 260 stands d'exposants variés confirment la position dominante de ce salon pour le thème « Mines et Carrières » en France qui s'était déjà esquissée à Nantes en 2010. À l'image de ce qui existe depuis quelques années, les exposants sont majoritairement des fabricants de matériels destinés à l'exploitation en carrière.

Le congrès de la Société de l'Industrie Minérale (SIM) s'est tenu du 17 au 21 octobre 2011, à Perpignan, au Parc des Expositions.

Parmi les principaux commentaires, on peut signaler que concernant les granulats et autres matériaux de construction, la crise de septembre 2008 semble continuer à produire ses effets malgré une légère embellie en fin 2010-début 2011. La situation reste contrastée en des zones qui restent en tension d'afflux de population (littoraux notamment) et des régions touchées qui se dépeuplent (Est du Bassin parisien, par exemple). La situation sur les granulats donnera vraisemblablement une production annuelle sous les 400 Mt, plus proche de 380 Mt ? Globalement l'année n'est pas mauvaise, plutôt en dents de scie. Mais surtout, aucune visibilité ne semble s'esquisser sur les évolutions à venir.

5.2. SÉANCE INAUGURALE



Photo 1 : Atelier sur la pierre dimensionnelle

Pour sa partie scientifique, 9 intervenants dont J.-F. Rocchi, Président-Directeur-Général du BRGM, ont inauguré le congrès de 2011. Animé par D. Parlongue (DREAL LRO), un atelier a porté sur les ressources régionales (mines, carrières et eaux souterraines) avec des intervenants régionaux dont géologie régionale (E. Le Goff, BRGM/LRO), eaux souterraines (C. Lamotte, BRGM/LRO) et pierres dimensionnelles (D. Dessandier, BRGM/PACA, Photo 1).



Photo 2 : Stand du BRGM



Photo 3 : Stand de l'ENAG (École Nationale d'Application des Géosciences)

En 2011 le stand BRGM a été accolé à celui de l'ENAG (photos 2 et 3) :

Le stand institutionnel (9 m²) habituel était tourné cette année vers les ressources minérales dans leur globalité (du gisement à l'après-mine) et affichait aussi le recrutement de jeunes ingénieurs.

L'**ENAG** avait un stand dédié (9 m²), accolé à celui BRGM et situé dans le secteur "Formation" du congrès, à proximité des stands de l'ENSG, de l'École des Mines de Nancy et de l'École des Mines d'Alès. Les étudiants de l'ENAG étaient tous présents aux 3 jours du congrès, ce qui leur a permis de nouer des contacts avec des industriels et de renseigner des candidats potentiels. Cette présence de l'ENAG au congrès de la SIM a permis notamment de montrer que la rentrée de l'ENAG était une réalité et de diffuser des informations notamment sur la complémentarité de cette formation professionnalisante et partenariale avec les autres formations nationales, ou sur les principaux axes du contenu pédagogique (écoles de terrain, exploration, gouvernance, gestion des risques, ...).

Parmi les contacts au stand BRGM, il faut souligner :

- Mme Anne Vincent (Mica environnement), M. Buzot (UNICEM), M. Cortial (Placoplâtre), M. S. Dallas (Lafarge granulats).
- Un étudiant de l'ENSG en post-master à Québec a postulé au poste ouvert du BRGM parmi la liste des offres d'emploi.
- Un représentant local d'Areva Centrafrique s'est intéressé aux connaissances géologiques du BRGM sur la région.
- Le représentant de Mica a souhaité signaler au BRGM ses orientations de BET spécialisé dans l'analyse des dossiers d'environnement minier et d'après mine. Ce BET pourrait aussi se mettre sur le marché d'accompagnement des demandes de permis d'exploration minière.
- Deux personnes (LATE et CEMEX) se sont intéressées à l'observatoire des matériaux et aux données fournies sur les carrières, montant leur connaissance du site web publié et d'un usage déjà très maîtrisé de ses fonctionnalités de consultation et d'export.
- Une question de la société SOVEMA a porté sur la construction de sondes verticales pour GTH/TBE.
- M. Diego Federa, ingénieur italien venu se renseigner globalement sur les carrières en France a demandé où trouver des informations variées sur ce thème.
- Melle Delphine Gondoin (ENSG) pour un stage de fin d'année (3 à 5 mois environ), sur les processus de dépollution.

Le même propos a été signalé aux divers visiteurs du stand BRGM appartenant à l'industrie, que l'on peut résumer ainsi : quels sont les besoins l'industrie extractive pour un service géologique national comme le BRGM ? En insistant sur le souhait de voir ces sociétés faire remonter l'expression de leurs besoins futurs, soit individuellement, soit via l'interprofession..

5.3. STANDS TECHNIQUES

Parmi les nombreux stands présents quelques-uns ont pu retenir l'attention :

- **UNICEM – Prévencem** : toujours gros accent mis sur le réaménagement des sites, les guides de bonnes pratiques environnementales, la préservation de la biodiversité. Ce message s'adresse à la profession en termes d'image de marque à respecter autant qu'en terme de marche à suivre. Le recyclage devient un mode très tendance sans pour autant être associé à des chiffres précis.
- **Géo-Hydro Investigations** : il s'agit d'un BET réalisant des études d'hydrogéologies et des diagraphies interprétées d'ouvrage.
- **Géo-Plus Environnement** : BET spécialisé vers l'Eau et Environnement, toujours présent à la SIM.
- **Géocarta** : Équipe de géophysiciens réalisant notamment des trainés de résistivité (usage de moyen légers comme des quads). Ce BET peut contribuer à l'acquisition de données pour le régolithe (de 0.5 m à 6 m) notamment les paramètres géotechniques du proche sous-sol.
- **Mica environnement** (prestataire du DPSM, Eramet en Nouvelle-Calédonie, sur les thématiques géotechnique, environnement...)
- **INERIS** faisant présence comme le BRGM dans la même zone d'exposition, rassemblant institutionnels et écoles cette année.

5.4. SALSIGNE

Le Département de Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a organisé, dans le cadre des visites techniques pré-Congrès, une visite du site de Salsigne le 18 octobre. Cette visité a été complétée d'un dossier publié par la revue Mines et Carrières dans le cadre du Congrès et dont la préparation a été en partie due au travail d'agents du DPSM.

En outre, à l'occasion de la visite technique de Salsigne, la Direction de la Communication et des Éditions (DCE) du BRGM et l'équipe relations presse, en lien avec le SGR Languedoc-Roussillon et le DPSM (UTAM Sud), ont invité plusieurs journalistes de la presse nationale pour une découverte de terrain sur le thème de la gestion après-mine, notamment le traitement des sites et sols pollués.

Ont participé à cette visite de presse organisée par le BRGM :

- Albane Canto, Rédactrice en Chef d'Environnement Magazine ;
- Matthieu Quiret, Journaliste au quotidien Les Échos (article paru le 9/11)

Le 20 octobre, Pierre Le Hir, journaliste au quotidien Le Monde, a également bénéficié d'une visite (article paru le 3/11/2011). Il était accompagné par M. Nicolas, V. Guérin (EPI) et J. Boisson (partenaire : IRH).

6. Conclusion

L'année 2011 a été marquée par la poursuite des actions d'intelligence économique conduites par le Service Ressources Minérales du BRGM et dédiées à l'appui des nouvelles politiques publiques pour ce secteur.

Au niveau national, les actions se sont principalement dirigées pour répondre au fonctionnement du COMES (Comité métaux stratégiques), avec la participation à plusieurs réunions de travail et d'échanges

Au niveau européen, les actions engagées ont principalement répondu aux enjeux mis en avant par l'Initiative Matières premières de la Commission européenne.

Enfin, le BRGM a participé à diverses rencontres, conférences ou manifestations dont le Congrès de la SIM à Perpignan.

Au terme de cette année, il apparaît utile de continuer à renforcer la capacité du BRGM à réponse dans le domaine de l'intelligence économique. Ce thème est un des éléments qui peut permettre de défendre une position d'expert national et européen sur les problématiques d'approvisionnement en matières premières,

On peut envisager sur 2012 les actions potentielles suivantes :

- Poursuite des travaux du COMES,
- Autres réunions de ce type (soit en bilatéral comme les réunions de l'AFASST, soit plus générales comme certaines réunions de Commissions à Bruxelles) ?
- Identification, sur la ligne « appui aux politiques publiques », d'un temps d'ingénieur BRGM mis à disposition pour examiner des questions diverses à la demande du ministère, à l'image des « appuis administration » en région ?
- Après examen et éventuelles révisions, reprise des monographies ou mises à jour des plus obsolètes ?
- Augmentation des relations en services géologiques européens sur ce thème de l'économie des matières premières ?
- Approfondissement des données statistiques sur plus de substances ?

7. Bibliographie

Audion A.-S., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama mondial 2011 du marché de l'antimoine. BRGM/RP-60462-FR, 83 p., 22 fig., 18 tab., 2 annexes.

Audion A.-S., Labbé J.-F., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2010) - Panorama mondial 2010 du marché du tellure. BRGM/RP-60206-FR, 71 p., 21 fig., 11 tab.

Audion A.-S., Piantone P., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama 2011 du marché du tantale. BRGM/RP-60463-FR, 85 p., 20 fig., 15 tab., 1 annexe confidentielle.

Audion A.-S., Martel-Jantin B. (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du rhénium. Rapport final. BRGM/RP-60205-FR, 76 p., 23 fig., 15 tab.

Barthélémy F., Christmann P. (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du molybdène. Rapport final. BRGM/RP-60204-FR, 57 p., 14 fig., 5 tab.

Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2010) - Panorama mondial 2010 des terres rares. BRGM/RP-60583-FR, 72 p., 14 fig., 22 tab., 4 Encadrés.

Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama mondial 2010 du niobium. BRGM/RP-60579-FR, 51 p., 10 fig., 8 tab.

Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama mondial 2010 du gallium. Rapport final. BRGM/RP-60582-FR, 53 p., 8 fig., 10 tab.

Christmann P., Angel J.-M., Bailly L., Barthélémy F., Benhamou G., Billa M., Gentilhomme P., Hocquard C., Maldan F., Martel-Jantin B., Monthel J., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2010) - Panorama mondial 2010 du germanium. BRGM/RP-60584-FR, 54 p., 14 fig., 6 tab.

Christmann P., Corbineau L., Labbé J.-F., Monthel J., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du béryllium. BRGM/RP-58927-FR, 58 p., 15 fig., 7 tab.

Daw G., Labbé J.-F. (2012) – Panorama 2011 du marché du lithium. Rapport final, BRGM/RP-60460-FR. 157 p., 51 fig., 30 tab.

Fischesser R. (1987) – La politique nationale d'inventaire des ressources minérales. *Chronique Recherche minière*, Orléans, Brgm édit., N° 488, p. 5-9.

Labbé J.-F. , Christmann P., Compagnie Européenne d'Intelligence Stratégique (CEIS) (2011) - Panorama mondial 2010 du marché du sélénium. BRGM/RP-60202-FR, 90 p., 18 fig., 17 tab.

Lambert A. (2005) - Les données géochimiques et alluvionnaires de l'Inventaire minier du territoire national. Constitution d'une base de données exhaustive. Rapport BRGM/RP-53546-FR, 116 p., 6 fig., 6 tab., 6 annexes.

Martel-Jantin B., Hocquard C., Christmann P. (2011) - Appui aux politiques publiques et intelligence économique dans le domaine des ressources minérales. BRGM/RP-59594-FR, 76 p., 3 annexes.

Pouit G. (1978) - Différents modèles de minéralisations « hydrothermale sédimentaire » à Pb-Zn du Paléozoïque des Pyrénées Centrales. *Mineral Deposita*. Berlin, Springer-Verlag édit., 13, p. 411-421.

Salpéteur I. (1988) - Prospection géochimique tactique sur le secteur de Chavence (Morvan Sud-Ouest). BRGM, note DAM/DEX n°1563.

Annexe 1

De l'exploration minière à la mine : quelques rappels

Ce texte est une demande du MEDDTL au BRGM. Il est destiné à fournir un aperçu des principales étapes de la prospection minière avant l'exploitation d'un site. Il ne constitue pas une règle ou une procédure mais simplement une forme de guide des principales étapes à envisager lors d'une prospection de recherche d'un site intéressant à terme une compagnie minière qui en fera alors son exploitation, depuis la connaissance géologique et l'identification d'une anomalie en métal jusqu'à la construction d'une mine.

Ce texte synthétise les principales étapes telles que pratiquées généralement dans le monde, sans entrer dans tous les détails de chaque phase ni dans les nuances qui peuvent apparaître au gré des gisements et de leur état de connaissance déjà acquise. Ce mémo d'aide ne remplace ni les traités sur ces sujets, ni les documents législatifs et réglementaires du code minier ou du code de l'environnement.

6 principales étapes sont listées ci-après. Elles peuvent être encore subdivisées selon la complexité des gisements, les substances potentiellement exploitables et le plus ou moins grand succès des travaux.

1. Identification de zones favorables ou à potentiel minier

Cette première étape exploite un stock de connaissances géologiques générales disponibles au moment de la phase d'exploration initiale et qui ont éventuellement permis de définir une « province » ou un « district » minier. Dans cet ensemble de données, on mettra :

- Les cartes géologiques éditées et leurs notices.
- Les données géophysiques à échelle régionale développées par les États au titre des infrastructures géologiques.
- Les données de géochimie régionale du type « Inventaire minier de la France » : géochimie en sédiments de ruisseaux ou en sol à large maille, lorsqu'elles existent.
- Les bases de données métallogéniques (gisements et indices déjà connus)
- Les données ponctuelles connues (banque du sous-sol ou assimilé).
- La documentation relative aux anciennes mines (localisation, nature, tonnages exploités...).

- La documentation disponible sur les recherches minières antérieures (rapports, publications scientifiques), incluant les analyses prédictives réalisées.
- Les données géo-satellitaires et leur interprétation.

Les éléments disponibles pour cette phase sont soit issus de données publiques établies par l'État ou ses services (BRGM, DREAL, Universités...), soit par des documentations privées ouvertes à des professionnels acquéreurs, soit par des travaux de type recherche menés par les sociétés privées au bureau, en laboratoire ou sur le terrain (lever marteau d'un géologue, sans violation du droit d'accès aux propriétés privées et sans utilisation de moyens mécaniques).

L'État veille à favoriser la diffusion de ces données qui constituent généralement la principale porte d'entrée aux investissements privés ultérieurs. Au besoin, il réalisera de nouveaux programmes de développement des infrastructures géologiques afin de promouvoir l'industrie minière.

Les montants investis par les sociétés pour identifier des cibles minières sont de l'ordre de quelques 100 k€ (utilisation de personnel) et concernent souvent de vastes territoires ou des pays.

À l'issue de cette étape, une demande de **PERM** (Permis Exclusif de Recherche de Mines) est déposée afin de pouvoir initier la première phase travaux d'exploration. Le PERM étant la seule protection de la société minière, celle-ci n'investira significativement en travaux qu'une fois la reconnaissance de son titre reconnue.

2. Exploration globale du PERM, recherche et identification de cibles

Cette seconde étape a pour but d'individualiser au sein du PERM un ou des gisements pour les substances demandées. Cette phase reste encore très aléatoire pour l'explorateur ; elle suppose une prise de risque importante, étroitement liée à la stratégie de l'entreprise.

La surface moyenne d'un PERM, généralement dimensionné sur des critères géologiques et métallogéniques est de l'ordre de 300 km² (de 100 à 500 km²). La stratégie d'exploration qui sera mise en œuvre obéira à deux tendances non exclusives.

La première stratégie peut être qualifiée d'« opportuniste » : on tâchera d'identifier sur le PERM au moins un gisement au moindre coût afin d'en estimer l'intérêt économique au plus vite. Dans cette hypothèse, on se contentera généralement d'explorer les zones les plus superficielles des terrains (les plus aisées à explorer) de manière à stopper les travaux le plus vite possible en l'absence de succès (pour limiter les coûts) et de passer à une autre zone (un autre PERM) plus prometteuse.

Les techniques les plus communément employées sont :

- Géophysique aéroportée (magnétisme + scintillométrie) à maille serrée – lignes de vol tous les 100 m.
- Géochimie en sédiments de ruisseaux et/ou en sol et/ou en tarières, en particulier là où il n'existe pas de données géochimiques antérieures
Géologie de détail et échantillonnage en roche (1/5000 à 1/10 000)
- Géophysique au sol (électrique, VLF, gravimétrie, ...)
- Éventuelle modélisation 3D des informations
- Travaux de surface (tranchées)
- Premiers sondages carottés ou destructifs ; généralement courts car les cibles détectées sont proches de la surface. Ces sondages ont vocation à découvrir le gisement ; à ce stade il ne s'agit pas d'évaluer le gisement mais de le mettre en évidence et d'en estimer la nature.

Le risque de cette stratégie est de focaliser rapidement les efforts sur le premier gisement découvert et de « manquer » un gisement de meilleure qualité mieux « caché » ou plus profond.

La deuxième stratégie épouse les thèses du développement durable : on tâchera d'explorer exhaustivement le PERM avant de prendre la décision de privilégier le développement de tel ou tel gisement découvert. Cette approche est aujourd'hui possible par grâce à l'avènement de nouvelles techniques, comme par exemple celles de géophysique électromagnétique aéroportée qui permettent de déceler des gisements à plusieurs centaines de mètres de profondeur (500 à 600 m avec l'HELITEM de Fugro).

Fondamentalement, les outils employés sont équivalents à ceux employés précédemment. On notera les différences suivantes :

- Une géologie plus détaillée, surtout sous les aspects structuraux afin de disposer de modèles 3D fiables en profondeur.
- L'emploi éventuel de techniques hélicoptères coûteuses (275 € le km volé pour l'HELITEM alors que le km volé pour le magnétisme est de l'ordre de 30 €)
- La réalisation de sondages plus nombreux et plus profonds, les cibles profondes s'ajoutant aux cibles plus superficielles.

Bien que plus coûteuse, cette démarche offre de nombreux avantages :

- une meilleure probabilité de découverte
- lors de la réduction de surface légale du PERM, la sécurité de restituer des zones du PERM a priori dépourvues de cibles minières
- choisir le modèle minier le plus adéquat en cas de succès (mine profonde).

Les travaux associés à cette étape peuvent s'étaler sur 2 à 3 années en fonction des difficultés géologiques et de la nature des objectifs recherchés. Cette durée, ainsi que le coût total des travaux engagés ne sont donc pas directement proportionnels aux surfaces travaillées, ils dépendent aussi grandement du nombre de cibles à tester.

Les travaux correspondant à ces trois années représentent un investissement de l'ordre de 2 à 5 M€ pour un PERM, soit une somme approximative de 10 000 € / km².

En cas d'insuccès, une décision d'abandon des travaux peut être décidée à l'issue de cette étape qui comporte le risque majeur pour la société exploratrice.

3. Évaluation des ressources minières des gisements découverts

Cette troisième étape a pour but de préciser l'intérêt économique des gisements découverts au cours de l'étape précédente. Il ne s'agit pas encore de déterminer l'exploitabilité de ces gisements, mais d'en évaluer les ressources minières, la qualité du minerai, la typologie du gîte, la continuité des corps minéralisés, l'aptitude au traitement, leur profondeur, etc.

Les travaux engagés concernent essentiellement les sondages carottés et/ou destructifs suivant la nature des minerais, la profondeur ou la nature des terrains.

L'implantation de ces sondages peut rendre nécessaire l'emploi préalable de géophysique au sol (profils électriques, mises à la masse, VLF, magnétométrie, gravimétrie...), la réalisation de tranchées ou de tarières.

Travaux habituels :

- Géophysique au sol
- Géochimie détaillée (sol, roches, tarières)
- Modélisation 3D (Surpac ou logiciels équivalents)
- Tranchées
- Sondages (poste principal des dépenses)
- Tests minéralurgiques de laboratoire
- Ébauche d'un cadrage économique

Les budgets affectés à cette étape ne dépendent plus de la surface initiale du PERM mais du nombre et de la profondeur des cibles individualisées lors de l'étape précédente. On peut estimer entre 2000 et 15000 m le métrage de sondages nécessaire pour l'évaluation des ressources minières d'une cible de taille moyenne. L'ordre de grandeur du budget nécessaire à cette étude est 1 M€ par cible à tester.

Ces travaux doivent permettre l'évaluation des ressources minières (tonnages et teneurs des différents minerais) avec un niveau de précision compatible avec la notion de Ressources Minérales telles que définies dans les normes internationales JORC (Australie) ou NI 43-101 (Canada). Cette phase impliquera la réalisation d'une

maille régulière de sondages implantés suivant des critères géologiques permettant de réaliser des interpolations avec un degré suffisant de fiabilité.

Cette étape peut être initiée alors que l'étape précédente n'est pas encore finalisée et que l'exploration globale du PERM est en cours. Cette situation sera fréquente si le PERM renferme un gisement connu dont le potentiel est à ré-estimer à la lumière des connaissances et des conditions économiques actuelles. En effet, les connaissances nouvelles acquises sur l'ancien gisement peuvent alors servir de modèle pour les interprétations des travaux en cours. Cette situation pourrait représenter un cas très commun en France suite au gel des travaux d'exploration au cours des 30 dernières années.

4. Étude de pré faisabilité

Une fois des ressources suffisantes identifiées, cette quatrième étape a pour but de faire des examens préliminaires de la rentabilité économique des divers scénarios possibles d'une éventuelle mise en exploitation, Elle tâchera de définir la réalité économique du gisement dans ses grandes lignes. Il s'agit d'une approche économique essentiellement par comparaison avec des projets similaires ; elle aboutit à l'estimation d'un possible cash-flow. Elle s'appuiera sur des compléments d'investigations qui pourront inclure :

- **De nouveaux sondages pour améliorer le degré de précision et de fiabilité des ressources minières (tonnages et teneurs des différents minerais).**
- Des études d'aptitude au traitement du minerai ; ces tests seront plus complets que ceux réalisés lors de l'étape précédente et feront intervenir des volumes de minerai suffisants issus des nombreux sondages déjà réalisés à ce stade.
- Une ébauche du modèle minier qui tiendra compte des spécificités géométriques et géotechniques du gisement.
- Anticipation de la gestion de l'eau sur l'exploitation.
- Une ébauche du type de traitement envisagé ainsi que des investissements nécessaires pour les unités industrielles à installer.
- Une analyse des conditions sociales et environnementales de l'exploitation.

L'ordre de grandeur du budget nécessaire à cette phase se situe entre 2 et 3 M€

5. Étude de Faisabilité :

Cette cinquième étape a pour but de finaliser les connaissances avant la mise en place d'une exploitation. C'est à ce stade que seront précisés les derniers fondamentaux pour établir un dossier de faisabilité d'exploitation et finalement présenter une demande de permis d'exploitation (PEX).

La part des ressources mises en évidence dans les étapes précédentes dont la rentabilité économique de l'exploitation sera démontrée, sera convertie en réserves. Éventuellement et si nécessaire, des sondages complémentaires, voire des travaux miniers, seront réalisés et implantés suivant les nécessités des

calculs géostatistiques. Pour un gisement de taille moyenne (type de cible à rechercher en France), ce complément peut représenter 20 000 à 30 000 mètres de sondages complémentaires. Il n'est pas rare que ce métrage dépasse 50 à 80 000 m dans les grands gisements.

Les estimations financières sont basées sur les cotations réelles, les réserves sont confirmées et calculées pour l'exploitation. Le modèle économique est estimé à quelques % près (moins de 5%) et constituera le dossier bancable qui détaillera particulièrement le capital à investir (CAPEX) et les coûts opératoires (OPEX)

C'est à ce stade que sont fixés :

- Les réserves (suivant normes JORC ou NI 43-101) du gisement ; l'établissement de ces réserves peut nécessiter l'ouverture de travaux miniers de reconnaissance. Par ailleurs, ces travaux peuvent s'avérer nécessaire pour l'alimentation d'une installation pilote pour le traitement du minerai.
- Le modèle minier à employer. Suivant les cas, la mine sera à ciel ouverte ou en souterrain, le dossier pouvant être mixte (début à ciel ouvert et poursuite en souterrain). C'est l'ensemble [Nature du gisement/exploitation du minerai/extraction de la substance utile] qui vont déterminer les moyens mis en œuvre et de facto, les mesures à prendre dès le début pour la gestion la fin de la mine.
- La capacité et la durée de vie du projet minier. On remarque ici l'importance de cerner au mieux la taille du gisement afin de planifier une exploitation sur une durée convenable. Cette durée de vie est généralement supérieure à 10 ans, la moyenne se situant autour de 20 ans pour les gisements de taille moyenne tels que recherchés en France.
- Le séquençement et la planification de l'exploitation
- La nature du ou des traitements à mettre en œuvre pour extraire la ou les substances du minerai, et la nature des produits commerciaux (concentrés, lingots, cathodes, autres...). Au besoin il sera construit une installation pilote afin de réaliser des tests à l'échelle semi-industrielle.
- La nature des équipements fixes et mobiles et des services généraux à développer sur le site pour réaliser l'extraction et/ou les moyens de transport à envisager pour l'export du minerai, s'il n'est pas traité sur place.
- La gestion des minerais à basses teneurs (stocks), le devenir des stériles et des résidus post-traitement.
- La gestion des eaux sur le site et l'analyse des besoins,
- Le plan de gestion environnemental issu d'une étude approfondie d'impact environnemental et social du projet minier, précisant les indicateurs de suivi pendant la vie du projet. Une section « après mine » décrit les prévisions sur le devenir du site lors de sa remise en état post exploitation et de la reconversion du personnel.

- Les besoins initiaux en capitaux du projet, son fond de roulement, son coût de production, et le plan de rémunération des actionnaires.

L'ordre de grandeur du budget nécessaire à cette phase se situe entre 5 et 15 M€ suivant la taille et la complexité du projet.

6. Exploitation minière

Cette sixième étape constitue la mise en place de l'exploitation minière elle-même. En fonction du site et du type gisement, un pilote minier initial peut être réalisé avant de commencer l'exploitation. Elle commence par une phase de construction du projet (2-3 ans), puis de montée en puissance (« ramp up ») jusqu' à l'atteinte au terme de quelques années (1-2 ans) de la capacité nominale prévue par l'étude de faisabilité.

Les chiffres en cause sont de l'ordre de :

- Pour des pondéreux comme le fer ou le manganèse : investissements supérieurs à plusieurs milliards d'euros du fait de la construction de voie ferrées ou de ports minéraliers, plusieurs milliers d'emplois directs et indirects à la clé - durée de vie des projets : 30 à >50 ans.
- Pour les métaux de base (Cu, Zn, Pb, Ni) ou les métaux critiques (W, Sn et associés Nb, Ta) : investissements de l'ordre de 500 à 3000 M€, en fonction de la capacité du projet et surtout de ses unités de traitement du minerai : emplois directs : 300 à 1000 personnes, durée de vie des projets : 10 à 30 ans.
- Pour les métaux précieux (Or) : investissements de l'ordre de 100 à 800 M€, en fonction de la capacité du projet, emplois : 150 à 500 personnes, durée de vie : 10 à 30 ans

Enfin, à titre de rappel, les ressources comme les métaux rares ou les métaux du groupe du platine sont très souvent des sous-produits de l'exploitation des minerais à métaux de base.



**Centre scientifique et technique
Service REM**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34