



## LES ÉCO-TECHNOLOGIES

En images

Objets d'un plan d'action européen et d'un programme de l'Agence Nationale de la Recherche, les éco-technologies sont aujourd'hui une priorité gouvernementale.

Technologies « propres » susceptibles de satisfaire les besoins socio-économiques tout en minimisant les impacts sur l'environnement, elles représentent un formidable enjeu de développement durable.

Le BRGM mène depuis plusieurs années, seul ou en partenariat avec des entreprises ou des établissements scientifiques, des travaux de recherche, d'exportation, et participe au développement de procédés techniquement fiables et écologiquement responsables, mais aussi de techniques de mesure et de suivi des impacts, et de maîtrise des évolutions.

Il intervient ainsi dans des domaines tels le traitement et la gestion des eaux, la dépollution de sols, l'extraction de matières premières, la maîtrise des émissions et du stockage du CO<sub>2</sub>, l'élimination et la valorisation des déchets...

Également pilote ou coordinateur d'un nombre croissant de programmes de recherche confiés par les pouvoirs publics ou l'Europe, le BRGM est aujourd'hui l'un des acteurs les plus engagés dans le domaine des éco-technologies, nouveaux facteurs d'innovation et de croissance...



## Des procédés innovateurs, respectueux de l'environnement

**P**ollutions de l'air, des sols et des eaux, raréfaction des matières premières, changement climatique : les conséquences environnementales des activités humaines n'ont jamais été ressenties de manière aussi aiguë. Et jamais, non plus, elles n'ont suscité une telle mobilisation. Quelques années après l'avènement du concept de développement durable, la volonté de promouvoir les éco-technologies est l'une des réponses apportées aux défis de l'avenir. À l'échelle européenne, la volonté politique s'est traduite en 2004 avec l'adoption d'un « Plan d'action de l'Union européenne en faveur des éco-technologies » (ETAP). Celui-ci définit ainsi les éco-technologies : « l'ensemble des technologies dont l'emploi est moins néfaste pour l'environnement que le recours aux techniques habituelles répondant aux mêmes besoins ». Le programme souligne que l'enjeu de ces nouveaux procédés n'est pas qu'environnemental, mais qu'ils doivent être facteurs d'innovation technologique, de modernisation, de compétitivité et donc de développement économique.

**Une priorité française**  
Les éco-technologies constituent également une priorité française. L'Agence Nationale de la Recherche a lancé en 2005 un programme d'appel à projets, PRECODD (Programme Éco-technologies et Développement Durable), articulé autour de trois axes : nouveaux procédés de production et de traitement ; protection des ressources naturelles ; maîtrise rationnelle et intégrée des émissions polluantes. Et en juillet 2006, le premier ministre, soucieux « que la France puisse être à l'avant-garde de ce mouvement », confiait à Thierry Chambolle, président de la Commission Environnement de l'Académie des Technologies, une mission visant le développement des éco-technologies, « enjeu essentiel pour la protection de l'environnement et la création d'emploi ». « Les éco-technologies, explique Hervé Gaboriau, adjoint du chef du service Environnement Industriel et Procédés

Innovants du BRGM, couvrent un champ très large, qui va au-delà du strict domaine de la protection de l'environnement et de ce que l'on appelle les éco-industries. Tous les secteurs industriels sont concernés, dans la mesure où il est partout souhaitable de mettre en place des technologies limitant les impacts sur l'environnement ».

**Une forte implication du BRGM**  
Pour le BRGM, cette préoccupation n'est pas nouvelle. L'établissement mène en effet depuis longtemps non seulement des travaux de recherche et développement de procédés « curatifs » des atteintes à l'environnement, mais également de méthodologies et de procédés technologiques (depuis la récupération de métal dans un minerai jusqu'à la gestion optimisée des eaux de process, en passant par la maîtrise des émissions polluantes, par exemple) plus économes en énergie, en eau ou en matières premières, plus rationnels, plus propres... « Le domaine des éco-technologies, poursuit H. Gaboriau, recoupe parfaitement les missions du BRGM, missions traditionnelles de service public, consacrées aux méthodologies de maîtrise des impacts environnementaux des activités humaines et de gestion durable du sol et du sous-sol, mais également activités de recherche et développement d'outils d'aide à la décision et de procédés industriels plus respectueux de l'environnement. À mesure que l'on cessait d'opposer développement économique, création de richesse et protection de l'environnement, et que la notion de développement durable commençait à s'imposer, une part de notre activité s'est en effet fortement orientée vers les éco-technologies et nous menons aujourd'hui de nombreux travaux en partenariat – notamment industriel. Ces partenariats entre recherche publique et secteur privé ont récemment valu au BRGM de recevoir le "label Carnot" ». (voir encadré p.2).

Mais le BRGM est également coordinateur de plusieurs projets pour le compte de l'ANR, dont le programme PRECODD recoupe largement le champ de ses missions et ses domaines de compétences, mais aussi pour le compte d'autres agences d'objectifs (ADEME, ANDRA) ou de la Commission européenne (Projets BIOMINE, BIOSHALE, ELMAA... voir articles).

Cela devrait se développer encore avec la mise en place du 7<sup>e</sup> PCRD (Programme-Cadre de Recherche, de Développement Technologique et de Démonstration Européen). Le caractère référent du BRGM en matière d'éco-technologies lui vaut, enfin, de se voir régulièrement confier par les pouvoirs publics des missions de tierce expertise visant la validation d'études réalisées pour le compte d'industriels.

**Contacts :** h.gaboriau@brgm.fr  
d.darmendrail@brgm.fr

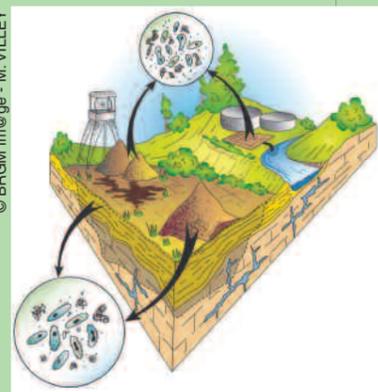
© BRGM im@gé



Mise au point d'un procédé de piégeage des métaux lourds.

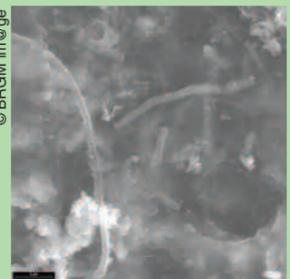
## Cinq exemples...

### Les micro-organismes



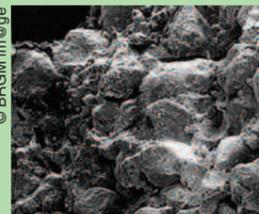
Présents naturellement dans le sol, ils peuvent être des agents efficaces pour traiter les effluents, les eaux et les sols pollués mais aussi pour extraire des minerais.

### Des bactéries qui agissent...



Bactéries sulfato-réductrices engluées dans du sulfure d'arsenic.

### Stocker le CO<sub>2</sub> dans des roches réservoirs



Roche gréseuse dans laquelle on distingue les vides.

### Séparation, tri et recyclage



Petits déchets d'équipements électroménagers broyés à 15 mm.

### Ressources en eau : capter l'eau douce des sources sous-marines



Ici, la source de la Vise dans l'étang de Thau (Hérault).

Mise au point  
d'un procédé de  
dépollution d'eau  
contaminée  
par l'arsenic.

## PROJETS BIOMINE, BIOSHALE

# Des bactéries pour extraire des métaux

Certains micro-organismes ont la propriété de dégrader les minéraux sulfurés, « libérant » ainsi les métaux qu'ils contiennent. Le BRGM mène actuellement deux projets fondés sur ce principe, avec pour finalité l'exploitation de nouvelles ressources en Europe.

L'utilisation de bactéries dans l'industrie minière n'est pas totalement une nouveauté. Il y a une dizaine d'années, le BRGM fut le premier au monde à concevoir et à implanter en Ouganda un procédé industriel d'extraction de cobalt par biolixiviation, autrement dit par mise en contact d'une solution bactérienne et du minerai de ce métal. Le procédé fonctionne depuis lors avec succès.

Avec le projet BioMinE, de nouvelles perspectives s'ouvrent aujourd'hui.

« Il s'agit, explique Dominique Morin, responsable de l'unité éco-technologies, d'un projet européen regroupant trente-six partenaires sous coordination BRGM. Son objectif est de permettre à l'Europe d'accéder à de nouvelles ressources minières. Grâce aux possibilités offertes par les procédés de bio-hydrométallurgie, en effet, les minerais à faible teneurs en métaux, jusqu'alors techniquement ou économiquement inexploitable, sont désormais susceptibles d'être exploités. Ces éco-technologies, plus souples et moins coûteuses, donnent ainsi accès à de nouveaux gisements, dont nous allons pouvoir évaluer le potentiel ».

### Un mieux environnemental

« Les possibilités ouvertes vont au-delà de la seule exploitation de nouvelles ressources, poursuit D. Morin. Le procédé a en effet vocation à s'appliquer également aux déchets contenant des métaux, de type plomb ou zinc, par exemple.

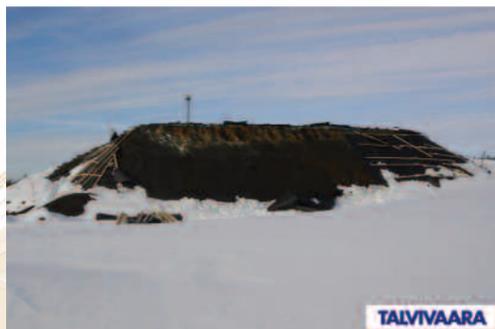
Mais l'utilisation des propriétés de ces micro-organismes pourrait aussi venir en substitution de procédés habituels, notamment pour limiter les impacts environnementaux. La pyrométallurgie, qui consiste à brûler le minerai pour libérer le métal, génère, par exemple dans l'extraction de l'or, une production de dioxyde de soufre, d'acide sulfurique, d'arsenic... Il n'en va pas de même de la bio-hydrométallurgie où l'on reste confiné en milieu aqueux ».

Lancé il y a deux ans, BioMinE est aujourd'hui au stade des essais de laboratoire, en attendant une expérimentation sur site en vraie grandeur.

Un projet européen similaire, Bioshale, est lui exclusivement axé sur une ressource européenne importante, les schistes noirs, minerais riches en métaux rares. Il vise en particulier une extraction optimisée de l'or, l'argent, le platine, le palladium, le ruthénium, l'osmium... qu'ils contiennent, tout en s'affranchissant des problèmes techniques et environnementaux que le carbone organique pose en procédé conventionnel.

Deux gisements sont visés, en Pologne et Finlande. Un essai de démonstration est déjà en cours en Finlande : il s'agit du traitement par biolixiviation de deux tas de 50 000 tonnes de schistes noirs contenant principalement du nickel.

Contacts : [d.morin@brgm.fr](mailto:d.morin@brgm.fr)  
[f.battaglia@brgm.fr](mailto:f.battaglia@brgm.fr)



Opération pilote de biolixiviation en tas sur le gisement de Talvivaara (Finlande) par la société TVK - Collaboration avec le projet Bioshale sur les aspects du suivi microbiologique.

Pilote de biolixiviation.



© BRGM im@gé

## EAUX POLLUÉES

# Des procédés biologiques de décontamination

Biba et As-Thiox : deux projets de recherche qui s'appuient sur l'utilisation de bactéries pour dépolluer des eaux contaminées au chrome et à l'arsenic...

La dépollution in situ des sols et des eaux est une voie de recherche que le BRGM explore depuis plusieurs années, en particulier avec le développement de procédés biologiques de traitement.

Le projet Biba, cofinancé par l'ADEME et mené en partenariat avec la société Soletanche-Bachy, est l'un des plus récents.

Il vise la dépollution d'eaux souterraines contaminées par du chrome VI du fait d'une activité ancienne de traitement de surface, et s'appuie sur l'utilisation de bactéries capables de « réduire » le chrome VI en chrome III, moins dangereux parce que moins toxique et peu soluble.

« Le principe, explique Fabienne Battaglia-Brunet, responsable du projet, est, à terme, d'intercepter et de traiter la panache de pollution en installant dans le sous-sol, entre des panneaux étanches, des bioréacteurs constitués de cartouches contenant un support qui héberge les bactéries ». L'expérience est actuellement menée à l'échelle du laboratoire, où ont été reconstituées fidèlement les conditions du milieu.

« Nous utilisons, poursuit F. Battaglia-Brunet, une population de bactéries sélectionnées lors d'un projet antérieur de traitement hors site de sols et eaux pollués au chrome VI (Métalbioreduction) mais en expérimentant désormais le traitement in situ. Les premiers résultats sont très encourageants. Nous parvenons en effet à ramener la concentration de chrome VI en dessous de la norme de potabilité avec une eau initialement fortement contaminée ».

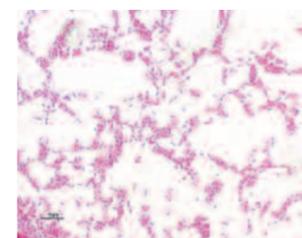
Un autre projet, baptisé As-Thiox, vise, lui, l'arsenic III présent naturellement dans beaucoup de ressources en eau et dans les eaux de mines.

Son objectif : oxyder l'arsenic III en arsenic V beaucoup plus facile à piéger dans l'eau où il se trouve.

« Le recours aux bactéries, explique F. Battaglia-Brunet, est prometteur, notamment pour la pré-potabilisation d'eaux contaminées, car il est assez simple à mettre en œuvre, mais aussi moins coûteux que les procédés traditionnels d'oxydation. » Les bactéries (du genre Thiomonas) ont été isolées sur un ancien site minier, à Cheni (Limousin), où elles se développent naturellement en se « nourrissant » d'arsenic III.

Deux pilotes sont en place, en laboratoire et sur site et les résultats définitifs sont attendus en 2007.

Contacts : [d.morin@brgm.fr](mailto:d.morin@brgm.fr)  
[f.battaglia@brgm.fr](mailto:f.battaglia@brgm.fr)



Thiomonas arsenivorans : la bactérie utilisée pour oxyder l'AsIII / arsenic (microscopie optique en coloration GRAM).

© BRGM im@gé



© BRGM im@gé

## RECHERCHES EN PARTENARIAT

### LE BRGM LABELLISÉ « CARNOT »



Le BRGM est l'un des vingt lauréats du label « Carnot », mis en place en 2006 par le ministère délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche. Mesure du « Pacte pour la Recherche » destinée à favoriser les collaborations entre recherche publique et recherche privée, le label concerne des laboratoires, instituts ou établissements de recherche disposant d'une solide expérience dans la conduite d'activités de recherche en partenariat, tout particulièrement avec

des entreprises, des collectivités... Les recherches partenariales proposées par le BRGM à la labellisation concernent de grands enjeux de société dans les secteurs de l'énergie, de l'eau, du BTP, de l'industrie minière et minérale ou encore de la transformation de matières premières. Pour la période 2006-2009, le BRGM se donne pour objectif, grâce au label, d'accroître de 50 % le niveau de recherche partenariale.

Contact : [a.beauce@brgm.fr](mailto:a.beauce@brgm.fr)

GAZ À EFFET DE SERRE

# Le stockage du CO<sub>2</sub> dans des réservoirs géologiques

Principal gaz responsable du réchauffement climatique, le dioxyde de carbone issu des activités humaines pourrait, demain, être stocké dans des aquifères profonds. Le BRGM est l'un des pionniers européens de ce procédé.

**F**onte massive de la banquise en Arctique, augmentation de l'intensité des épisodes climatiques extrêmes, migration vers le nord d'espèces des climats chauds... partout les signes du réchauffement climatique se font sentir, et les spécialistes\* s'accordent sur un constat : l'homme, gros émetteur de gaz carbonique, est le principal responsable de ce phénomène qui pourrait conduire la température moyenne de la Terre à augmenter de 1,5° à 6° d'ici 2100.

« Parmi les gaz à effet de serre d'origine anthropique, explique Isabelle Czernichowski-Lauriol, chef de projet sur le stockage géologique du CO<sub>2</sub> au BRGM, le dioxyde de carbone représente les deux tiers des émissions, du fait de la domination écrasante des combustibles fossiles, pétrole, charbon ou gaz, dans notre approvisionnement énergétique ».

Depuis un siècle, les émissions de CO<sub>2</sub> ont crû de façon vertigineuse et sa concentration dans l'air est la plus forte jamais atteinte sur les 400 000 dernières années, ainsi qu'en témoignent les glaces fossiles des pôles, véritables « pièges » de l'atmosphère des époques antérieures.

« Il est impératif, poursuit I. Czernichowski-Lauriol, de stabiliser ces concentrations, ce qui impose de diviser par deux les émissions mondiales d'ici 2050 si l'on veut espérer limiter le réchauffement à 2°. Outre des économies d'énergie, le développement des énergies renouvelables ou la mise au point de transports propres, il existe une solution sur laquelle le BRGM travaille depuis les années quatre-vingt dix : le stockage géologique du CO<sub>2</sub>. Le principe est de stocker le CO<sub>2</sub> émis par les usines dans les immenses

réservoirs que constituent les anciens gisements de pétrole\*\* mais surtout les aquifères profonds ». Manager adjointe du réseau d'excellence européen CO<sub>2</sub>GeoNet, qui regroupe treize partenaires, I. Czernichowski-Lauriol explique : « Les aquifères profonds sont constitués de roches perméables contenant des eaux salées ; il est possible d'y injecter du CO<sub>2</sub> et de le stocker dans des conditions de sécurité pendant des milliers, voire des millions d'années, ce que nous montrent des études menées sur des gisements naturels de CO<sub>2</sub> pur, comme dans la Drôme ».

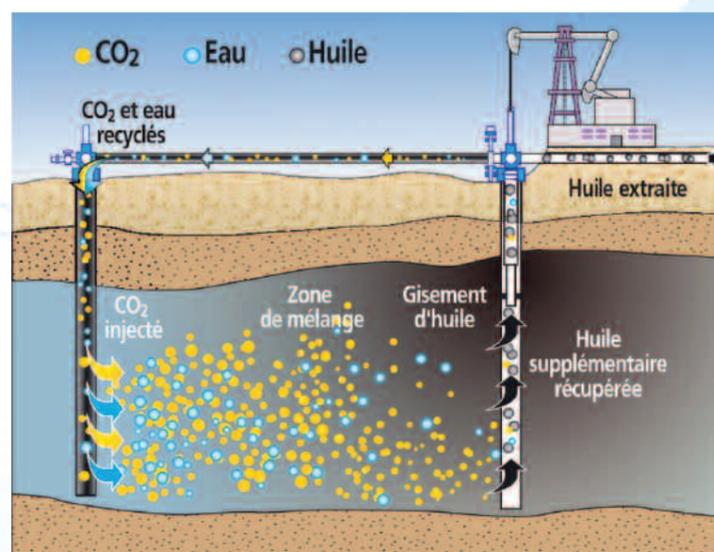
### Un déploiement à partir de 2010

Une première expérience est menée en Norvège depuis 1996 sur un site de production de gaz naturel : le CO<sub>2</sub> émis lors de l'extraction (9 % du volume) est immédiatement réinjecté dans un aquifère à l'aplomb.

« L'intérêt de cette solution, précise I. Czernichowski-Lauriol, est que la plupart des pays, notamment européens, possèdent des bassins sédimentaires et donc des aquifères profonds peu éloignés des sites de production de CO<sub>2</sub>. Nous travaillons actuellement sur la réalisation d'un pilote de démonstration dans le sud du bassin parisien, dont la pré-étude est cofinancée par l'Agence Nationale de la Recherche ».

Le BRGM se mobilise pour assurer que le stockage géologique de CO<sub>2</sub> sera effectué dans des conditions de performance et de sécurité satisfaisantes. Il travaille en parallèle sur des procédés de capture et de transport du CO<sub>2</sub> depuis ses sources (industries...).

La perspective du stockage géologique est aujourd'hui plus qu'une hypothèse séduisante. On estime qu'un déploiement à grande



échelle pourrait intervenir à partir de 2010, les capacités mondiales de stockage étant évaluées à 10 000 milliards de tonnes, à comparer aux 23 milliards de tonnes rejetées annuellement dans l'atmosphère...

Contact : i.czernichowski@brgm.fr

\* Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat – GIEC

\*\* Stocker du CO<sub>2</sub> sur un site pétrolier présente un autre intérêt : depuis 2000, au Canada, on injecte dans un réservoir sur le déclin du CO<sub>2</sub> sous pression issu de l'activité industrielle. Cela devrait prolonger la vie du gisement de vingt ans, en permettant la récupération de pétrole inaccessible autrement.

Principe du procédé de récupération assistée du pétrole qui permet d'améliorer la production des gisements d'hydrocarbures en voie d'épuisement.



Travaux sur la mise au point d'un protocole d'échantillonnage de granulats de pneus usagés non réutilisables (PUNR).

société qui gère pour le compte des gros fabricants la fin de vie des pneus usagés. Les pneus, non réutilisables sont réduits en granulats.

« Le BRGM, explique Philippe Wavrer, responsable du projet, a été sollicité pour intervenir en amont de la valorisation des granulats issus du broyage des pneus. Pour être utilisés dans la fabrication de sols de gymnases ou de gazons synthétiques, ceux-ci doivent en effet répondre à certains critères granulométriques. Nous travaillons à caractériser les granulats issus des différents procédés de broyage afin de définir des normes garantissant des niveaux de qualité en fonction des usages. »

Mais ce n'est là qu'un volet d'une activité « déchets » qui conduit également le BRGM à travailler sur la collecte, le traitement, la valorisation mais aussi bien entendu sur la sécurité des stockages et la maîtrise des impacts.

Contacts : m.save@brgm.fr  
s.touze@brgm.fr

© BRGM im@gé

© BRGM im@gé - J.-C. GUILLANEAU

Objectif : séparer les différents composants par le tri pour permettre le recyclage.

DÉCHETS

## Objectif réduction des coûts

Transposant des savoir faire issus de son expertise dans le domaine minier, le BRGM travaille aujourd'hui à la mise au point de procédés de traitement et de valorisation des déchets.

**R**éduire les flux de déchets : c'est l'objectif de toutes les politiques depuis que le concept de développement durable s'est imposé. Et si la préoccupation environnementale prime (ne pas accumuler des déchets qui peuvent avoir des impacts négatifs), elle se double, dans un contexte de rarefaction des matières premières, d'un souci d'exploiter le potentiel de recyclage des produits en fin de vie.

### Valoriser les DEEE

Dans le cadre d'un appel d'offre de l'ADEME, et en partenariat avec une société de recyclage et un centre de recherche belge, le BRGM a engagé en 2006 un projet de recherche sur les « Déchets d'équipements électriques et électroniques » (appareils électroménagers, audiovisuels, informatiques...), dont la réglementation impose au producteur de les collecter.

« Ces produits, explique Solène Touzé, responsable du projet, comportent des composants toxiques,

tels les tubes cathodiques des téléviseurs, mais aussi des composants nobles, or ou argent, et des plastiques valorisables ».

Un démontage manuel, solution très coûteuse, est aujourd'hui indispensable pour trier ces éléments.

« Notre objectif, poursuit S. Touzé, est de traiter directement le vrac, en mettant au point des procédés de séparation. Au final, ainsi, sous réserve d'un démontage manuel des éléments toxiques ou dangereux, toujours nécessaire, les plastiques, métaux et métaux nobles pourraient être automatiquement triés ».

Pour ce faire, l'équipe du BRGM s'appuie sur des techniques séparatives développées notamment dans l'industrie minière : techniques densimétriques (exploitant les différences de densité des composants), magnétiques, ou encore techniques fondées sur la conduction – ou non – des matériaux.

### Caractérisation des pneus

Une démarche similaire est conduite pour Aliapur,

## SOURCES SOUS-MARINES

# De l'eau douce sous la mer...

Les sources sous-marines karstiques présentes en Méditerranée sont connues depuis l'Antiquité. Dans un contexte de pénuries récurrentes d'eau, leur éventuelle exploitation est devenue plus qu'un enjeu de recherche...

« Le défi auquel doivent faire face plusieurs pays du pourtour méditerranéen, explique Nathalie Dörfliger, hydrogéologue au BRGM, est celui du management de la pénurie, alors même que les populations et les besoins en eau augmentent ». C'est pour tenter d'apporter un début de réponse à ce problème qu'est né Meditate (Mediterranean Development of Innovation Technologies for Integrated Water Management), un projet européen d'aide aux pays méditerranéens qui regroupe neuf partenaires et dont le BRGM assure la coordination.

« L'objectif, poursuit N. Dörfliger, est d'apprécier la plus complètement possible la nouvelle ressource en eau douce que pourraient représenter les sources sous-marines côtières situées à des profondeurs accessibles, de l'ordre de 25 à 30 m. Nous en connaissons déjà beaucoup, notamment grâce aux satellites ».

Il s'agit d'identifier les sources qui pourraient être intéressantes en terme d'accessibilité, de débit, de qualité... ce qui impose d'étudier et de caractériser précisément chacune d'entre elles.

« Nous devons en effet mesurer à la fois le potentiel de chaque source mais aussi la faisabilité de l'exploitation. Pour ce faire, la mise au point d'un robot sous-marin développé par l'Université de Montpellier (LIRMM) a été effectuée dans le cadre du projet ; grâce à ce robot, nous pouvons équiper les sources en instruments de mesure du débit, de la température et de la conductivité de l'eau. Autant de paramètres qui nous permettent de savoir si la qualité, la quantité, les variations saisonnières de débit, le taux de salinité – qui pourrait imposer de désaliniser l'eau –, justifient la mise en place d'un captage ».

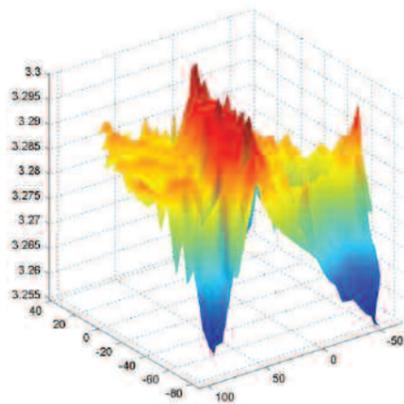
### Des scénarios pour le futur

Testé dans l'étang de Thau, le procédé n'a pas encore pu l'être in situ dans les trois régions (Turquie, Liban, Syrie) retenues par le projet, du fait des bouleversements récents. Les travaux pourraient être conduits en 2007.

« Notre volonté, au-delà de la caractérisation des sources retenues pour l'étude, précise N. Dörfliger, est d'établir une méthodologie de caractérisation des sources sous-marines côtières qui permette, à terme, une évaluation fiable du potentiel de ressources accessibles ».

L'équipe de Meditate travaille également, en parallèle, à l'élaboration de scénarios socio-économiques sur les évolutions possibles des besoins en eau dans les pays concernés, éléments déterminants dans la mobilisation – ou non –, de nouvelles ressources autant que dans le choix de celles-ci (captages de sources sous-marines, désalinisation d'eau de mer, transport d'eau depuis des régions plus favorisées, etc.).

Contact : [n.dorfliger@brgm.fr](mailto:n.dorfliger@brgm.fr)



Champ de la conductivité électrique de l'eau acquise à l'aide du robot sous-marin sur la source de la Vise en Mars 2006. (LIRMM de l'Université de Montpellier II).



Véhicule sous-marin autonome (TAIPAN II) développé au LIRMM de l'Université de Montpellier II.

## PROJET EL'MAA (MAROC - TUNISIE - JORDANIE)

### DU BON USAGE - MULTIPLE - DE L'EAU...

Il faut de grandes quantités d'eau pour traiter (extraction et valorisation) le minerai de phosphate. Or le Maroc, la Tunisie et la Jordanie, plus gros exportateurs mondiaux de cette matière première, souffrent d'une ressource limitée voire rare.

Satisfaire les besoins en eau de l'industrie du phosphate – vitale pour l'économie régionale – tout en limitant les incidences négatives d'une pression excessive sur les autres secteurs dépendant des mêmes ressources (tourisme, agriculture...) est tout l'enjeu du projet El'Maa.

Ce programme de recherche européen mené dans le cadre de la coopération avec les pays méditerranéens regroupe huit partenaires sous coordination BRGM. Lancé en 2005, il vise à fournir à l'industrie minière et aux gestionnaires de l'eau une méthodologie de gestion intégrée des ressources en eau dans la zone d'influence des sites miniers. L'objectif est de développer des technologies et des méthodes permettant de réduire la pression sur la ressource grâce à des utilisations multiples

– et successives – de l'eau. Il pourra s'agir ainsi d'utiliser les eaux usées domestiques pour le traitement du minerai, puis – éventuellement – de les réutiliser pour l'irrigation. Cette méthodologie s'accompagnera d'un système d'aide à la décision intégrant toutes les dimensions (technique, économique, environnementale, sociale...) afin de mesurer les implications de tel ou tel choix technologique en termes d'optimisation de la consommation d'eau, de son recyclage et de la satisfaction des différents usages.

Contacts : [h.gaboriau@brgm.fr](mailto:h.gaboriau@brgm.fr)

Dans la zone des mines de phosphate, le projet El'Maa vise à proposer une méthodologie de gestion intégrée des ressources en eau.



## UTILISATION DE L'EAU

# Les « cycles courts », une nouvelle approche de gestion

Gérer l'eau à l'échelle d'une entité socio-économique locale, en optimisant l'utilisation de la ressource grâce aux méthodes et techniques les mieux adaptées au contexte : c'est le principe du cycle court.

Les pénuries d'eau dans les pays du Sud sont exacerbées par la pression démographique et les impératifs du développement économique. Une réelle optimisation de l'utilisation de leurs ressources est la seule voie possible. Aujourd'hui développé par le BRGM, le concept de « cycle court » est une réponse novatrice à cette question fondamentale : comment utiliser l'eau de manière intelligente, en répondant à l'ensemble des besoins dans des conditions sociales, économiques, environnementales et techniques satisfaisantes ?

« L'eau est rare et son transport est cher, explique Didier Pennequin, responsable du service Eau. Cela induit un principe majeur : la recherche de l'autonomie en eau à l'échelle d'une entité locale. C'est à cette échelle, en effet, qu'il convient de raisonner une utilisation rationnelle et durable de la ressource, en recherchant les modes de gestion et les techniques qui permettent une utilisation maximale, en l'occurrence multiple, d'une même eau ».

Cette démarche requiert de bien définir le périmètre concerné en fonction de la disponibilité et de la qualité des ressources et des besoins présents et futurs. En découle ensuite, en intégrant la production, la distribution et le traitement de

l'eau, un choix des méthodes et des solutions techniques les mieux adaptées. Recyclage des eaux usées ou des eaux pluviales à des fins industrielles (refroidissement, process...) ou pour l'irrigation, en adaptant les traitements au contexte local et aux besoins... sont des exemples de la mise en œuvre de ce principe.

### Un projet de pilote en France

Le BRGM travaille depuis trois ans sur un projet (« Bouclet ») dont la finalité est d'aboutir à une mise en œuvre grandeur nature. « Nous allons, explique D. Pennequin, finaliser les discussions avec un grand groupe pour réaliser un pilote dans le sud de la France. Il s'agit, sur le principe, de réinjecter dans le sol une eau partiellement traitée en station d'épuration, en utilisant les fonctions épuratrices du sol avant de la repomper pour l'irrigation et d'autres usages. Cette injection permettrait également de créer une barrière hydraulique freinant l'arrivée d'eau de mer dans les terres ».

C'est que le principe de cycle court, adapté aux pays en manque d'eau, pourrait bien, également, trouver sa pertinence dans nos pays développés confrontés non seulement à des pressions croissantes sur les ressources mais aussi à des problèmes de pollutions et de gestion des usages qui plaident pour une approche territorialisée. Prenant en compte les dimensions économiques, environnementales et sociales de l'eau dans un contexte donné, il pourrait en effet aider à relever les défis du développement durable et à répondre à l'objectif de « bon état » voulu par la Directive cadre européenne sur l'eau...

Contacts : [d.pennequin@brgm.fr](mailto:d.pennequin@brgm.fr) [j.casanova@brgm.fr](mailto:j.casanova@brgm.fr)



Le bassin de réception des eaux de pluie : une des techniques de gestion de l'eau.

## LE PROJET « SOLSTICE » RÉCOMPENSÉ PAR LE « PRIX DES TECHNIQUES INNOVANTES POUR L'ENVIRONNEMENT »

Le « Prix des techniques innovantes pour l'environnement », décerné par la revue « Mesures », a récompensé en 2006 le projet « Solstice », dont le BRGM (unité Mesures in Situ et Expérimentation) est

l'une des parties prenantes, aux côtés de l'Université de Pau et Pays de l'Adour et des sociétés Quantel et Antea, sous coordination du Laboratoire « Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne (CPMOH) »

du CNRS et de l'Université Bordeaux I. « Solstice » est un projet de type « Recherche en Partenariat Industriel » (RPI), obtenu sur appel d'offres de l'Agence Nationale de la Recherche. Il concerne le développement

et l'optimisation de la technique LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) pour la mesure, sur le terrain, des teneurs en métaux présents dans les sols et les déchets.