



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Compte-rendu d'activité annuel 2021 du DPSM – Région Pays de la Loire

Rapport final

BRGM/RP-71701-FR

Version 0 du 8 juillet 2022

Activités réalisées dans le cadre des missions après-mine opérationnelles
annuelles du DPSM pour le compte de l'État

I. Girardeau

Avec la collaboration de : J. Baillet, M. Dietz, V. Guérin, L. de Lary de Latour, et C. Piat.

Vérificateur :

Nom : J.-L. Nédellec

Fonction : Adjoint au chef du DPSM

Date : 23/06/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : J.-D. Barnichon

Fonction : Chef du DPSM

Date : 04/07/2022

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Gestion opérationnelle technique après-mine, Surveillances, Mise en sécurité, Travaux, Pays de la Loire.

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

I. Girardeau (2022) – Compte-rendu d'activité annuel 2021 du DPSM – Région Pays de la Loire. Rapport final V0. BRGM/RP-71701-FR, 33 p., 19 fig., 1 tab., 2 ann.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-20/01/2022

Synthèse

Le présent document constitue le rapport annuel d'activité en région Pays-de-la-Loire relatif à la mission après-mine exercée en 2021 par le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) pour le compte de l'État. Il dresse la synthèse de cette mission et reprend les principales conclusions établies pour chacune des activités concernées.

• Travaux de mise en sécurité

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays-de-la-Loire a missionné l'Unité Territoriale Après-Mine Centre-Ouest (UTAM Centre-Ouest) du Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) pour réaliser des travaux de mise en sécurité après-mine en tant que maître d'ouvrage délégué de l'État.

L'année 2021 a permis de réaliser les travaux suivants sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44) :

- la mise en sécurité du chemin de randonnée autour du site avec l'interdiction d'accès aux zones non compatibles (suite à l'IEM) par la pose de clôtures ;
- la réalisation d'un Plan de Conception de Travaux, comprenant :
 - des essais de traitabilité des eaux acides à l'échelle laboratoire, permettant de déterminer la solution technique optimale de traitement passif des eaux acides à tester à l'échelle pilote sur site en 2022. La réalisation d'une piste d'accès et la mise en place de l'alimentation électrique de la future station de traitement sont également prévues dans le courant de l'année 2022,
 - la pose de piézomètres et le suivi mensuel de la qualité des eaux souterraines, superficielles et des sédiments sur et hors site. Ce suivi sera poursuivi en 2022 et une étude hydrogéologique complémentaire sera réalisée pour améliorer la compréhension des transferts du Drainage Minier Acide (DMA) dans le milieu souterrain et les sens d'écoulements locaux. La poursuite de la surveillance de la qualité des milieux est également prévue en 2022,
- des travaux d'urgence de gestion de l'érosion/emport des résidus miniers ont été réalisés pour i) réparer les désordres avec notamment le décapage de certains champs agricoles, et ii) éviter que le phénomène ne se reproduise notamment par le comblement de certains fossés d'évacuation d'eau pluviale. Un suivi instrumenté de cette érosion a été mis en place et sera poursuivi en 2022 ;
- le lancement d'une étude d'Avant-Projet de gestion de l'érosion des résidus miniers au droit du site, dont le rendu est prévu au 1er trimestre 2022.

La mise en sécurité du puits n° 9 sur la concession de Teillay à Soulvache (44) a été initiée par le lancement d'une étude d'incidence faune/flore liée à la présence de chiroptères hébergés dans ce puits, dont le retour est prévu au 1^{er} semestre 2022. La conception des travaux de mise en sécurité sera réalisée dans le courant du second semestre 2022.

Concernant la concession de Saint-Pierre-Montlimart (49), les travaux suivants ont été réalisés :

- la mise en sécurité d'une cheminée d'aérage, chez un particulier, liée au débouillage des produits de remblais ;
- la reprise du site des lagunes de traitement des eaux en raison de la forte érosion des résidus miniers susceptible de porter atteinte à la pérennité des installations, notamment par du remodelage des terrains et la mise en place de techniques de phytostabilisation. Le suivi du site est prévu pour 2022.

- **Surveillance d'anciens sites miniers**

Une évolution notable a été relevée lors de la surveillance d'une cavité, à faible profondeur, au droit d'une habitation à Chazé-Henry (49). Aucune évolution des fissures suivies sur l'habitation n'a cependant été notée. L'expert en bâtiment a constaté que les fissures ne rendent pas le bâtiment impropre à sa destination et ne représentent pas de danger à ce jour. Il est recommandé de poursuivre en 2022 la surveillance selon les mêmes modalités qu'en 2021, en rapprochant néanmoins l'échéance de la prochaine inspection.

En l'absence d'observations de déformations du sol en surface en 2021, la DREAL n'a pas sollicité le DPSM pour réaliser les mesures de nivellement cette année sur les réseaux de L'Huisserie (53).

- **Études transverses**

Dans le cadre de la gestion des sites miniers, le DPSM étudie des solutions pour stabiliser les résidus miniers sur le long terme à partir de techniques végétales. L'étude de la phytostabilisation des résidus miniers sur le site d'Abbaretz (44), par le suivi de deux parcelles pilotes, s'est poursuivie en 2021 et a montré un bon développement de la végétation sur les deux parcelles, en lien notamment avec une météo favorable en 2021. Le suivi des parcelles sera poursuivi en 2022.

Dans l'objectif d'améliorer la compréhension des phénomènes de drainage minier acide, l'apport de méthodes spectroscopiques pour la caractérisation des résidus et du minerai a été évalué afin de relier la géologie du gisement d'Abbaretz et les éléments traces métalliques retrouvés dans les eaux acides du DMA. Une campagne géophysique par résistivité électrique a également été finalisée pour évaluer les structures des dépôts de résidus, les zones de production du DMA et les mécanismes de transfert vers les eaux souterraines. En 2022, d'autres tests vont être menés sur des échantillons de résidus issus de sondages carottés plus profonds afin de mieux comprendre la géochimie des résidus et notamment les teneurs et la stabilité des sulfures présents dans les terrils et à l'origine du DMA. Ces tests seront réalisés sur le site d'Abbaretz en 2022 et pourront être déployés sur d'autres sites en 2023.

Sommaire

1. Mission	7
2. Budget	9
3. Organisation	11
4. Activités	13
4.1. MAÎTRISE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉE DES TRAVAUX DE MISE EN SÉCURITÉ	13
4.1.1. Travaux de mise en sécurité en Loire Atlantique (44)	13
4.1.2. Travaux de mise en sécurité en Maine-et-Loire (49)	19
4.2. INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENTS DE PRÉVENTION ET DE SURVEILLANCE DES RISQUES MINIERES, RELEVANT DES ARTICLES L.174-1 ET L.174-2 DU CODE MINIER	22
4.2.1. Surveillance de cavités	22
4.2.2. Surveillance des déformations (réseaux de nivellement)	23
4.3. ÉTUDES TRANSVERSES	23
4.3.1. Phytostabilisation des résidus miniers	23
4.3.2. Étude des résidus miniers	24
5. Gestion de l'information technique	27
6. Conclusions et perspectives	29
6.1. BILAN 2021	29
6.1.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers	29
6.1.2. Surveillance d'anciens sites miniers	29
6.1.3. Études	29
6.2. PERSPECTIVES	30

Liste des figures

Figure 1 : Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest	11
Figure 2 : Bureaux de l'UTAM Centre-Ouest (BRGM, Orléans)	11
Figure 3 : Photographie aérienne du site du Bois Vert (de nos jours)	13
Figure 4 : Essais de traitabilité du DMA à l'échelle laboratoire (source : Tauw)	14
Figure 5 : Exemple de passerelle sur Drainage Minier Acide	15
Figure 6 : Préparation du sol et mesures pXRF sur le chemin mis en sécurité.	16
Figure 7 : Mobilisation de résidus sur le site du Bois Vert	17
Figure 8 : Prise de vue par drone d'une ravine sur le site du Bois Vert	17
Figure 9 : Vue aérienne du puits n° 9 de la concession de Teillay (04/11/2021)	18
Figure 10 : Coupe de principe de l'ouvrage à mettre en sécurité	18
Figure 11 : Talus végétalisés (août 2021)	19
Figure 12 : Dispositifs anti-érosion autour du fossé de contournement des eaux amont (à gauche lors de la pose en avril 2021, à droite en août 2021)	20

Figure 13 : Travaux d'investigations au droit de la cheminée d'aérage.....	20
Figure 14 : Bras de distribution articulé lors du coulage.....	21
Figure 15 : Vue aérienne du jardin après travaux	21
Figure 16 : Observation d'éboulis depuis un des deux forages	22
Figure 17 : Réseaux de nivellement de surface au niveau de l'ancienne mine de l'Huisserie	23
Figure 18 : Essais pilotes de phytostabilisation sur Abbaretz : à gauche, sur le terri tabulaire, à droite, dans la zone du drainage minier acide (août 2021).....	24
Figure 19 : Observations réalisées au MEB : électrons rétrodiffusés (BSE) et cartographies élémentaires (S, Fe Cu, Ni et Co) sur un échantillon de minerai d'Abbaretz.....	25

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Pays de la Loire en 2021.	9
---	---

Liste des annexes

Annexe 1 : Index des acronymes	31
Annexe 2 : Indicateur de performance.....	33

1. Mission

Les dispositions du Code minier confèrent à l'État un large champ de responsabilités, notamment techniques après la fin de l'exploitation. Le BRGM s'est vu confier, par modification de son décret d'organisation administrative et financière¹, la mission de gestion technique des surveillances et travaux dans le cadre de l'arrêt définitif des travaux miniers et des préventions des risques miniers. Le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a été créé spécifiquement pour cette mission.

Le DPSM, pour le compte de l'État, opère des installations hydrauliques de sécurité et met en œuvre des équipements de prévention et de surveillance d'anciens sites miniers, appartenant à l'État ou ayant été transférés à ce dernier par les anciens exploitants. De plus, le DPSM fait exécuter les ouvrages et travaux de sécurité que l'État lui demande de réaliser en tant que maître d'ouvrage délégué.

Cette mission a pris effet au 1^{er} mai 2006, avec une montée en charge progressive et géographique jusqu'en 2008, qui s'est encore accrue en 2011 avec la prise en charge des installations des MDPA, en 2017 avec celles des installations de stockage pétrolier souterrain de Gargenville (77), et 2018 avec les stations de traitement des eaux minières de Chessy (69) et de Largentière (07), et en 2021 avec le transfert de la station de traitement des eaux minières de Bodennec (29). La mission de maîtrise d'ouvrage déléguée a été renouvelée, par décret du 7 juillet 2016, pour une durée de six ans².

Le DPSM assure la gestion des activités opérationnelles après-mine issues de tout opérateur minier et toute substance pour le compte de l'État. Cette mission est régie par voie de convention pour les dépenses « d'intervention » et par décision attributive de subvention pour les dépenses de « fonctionnement » avec le ministère de la Transition écologique (MTE).

Les activités techniques couvrent :

- la gestion d'installations hydrauliques de sécurité et de traitement des eaux mises en place par les exploitants miniers qui n'ont pas été reprises par les collectivités locales, après renonciation à concession, et qui ont été transférées à l'État ;
- la surveillance de zones à risques d'instabilité de surface et d'accumulation de gaz dangereux, ou plus généralement présentant des risques pour les biens et les personnes ;
- la gestion, la remise en état et la surveillance d'installations soumises au code de l'environnement se trouvant sur des sites miniers ;
- la maîtrise d'ouvrage déléguée pour des travaux de mise en sécurité (après sinistre ou non) ou d'implantation ou de démantèlement d'ouvrages de surveillance et de prévention ;
- la suppléance des exploitants miniers défaillants ou disparus, notamment en matière de constitution de dossier technique ;
- l'accompagnement technique consécutif à une procédure d'expropriation ;

¹ Décret n°59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM modifié notamment par le décret n°2006-402 du 4 avril 2006.

² Décret n° 2016-933 du 7 juillet 2016 modifiant le décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM.

- la gestion de l'information (renseignement minier, archives, plans et documentations minières, bases de données et SIG³) ;
- l'appui technique aux services de l'État tant pour l'instruction des dossiers relatifs aux dégâts miniers que pour des études techniques ;
- la gestion du patrimoine foncier mis en dotation ;
- la gestion des archives techniques intermédiaires minières nécessaires à l'exercice des missions.

Les listes des installations surveillées au titre des trois premiers items ci-dessus sont publiées annuellement par arrêté interministériel⁴.

Les activités de cette mission après-mine sont couvertes par un financement spécifique sur budget de l'État au sein de la mission « *Écologie, développement et mobilité durables* » du MTE, programme LOLF181 : « *Prévention des risques* ».

Cette mission fait l'objet d'une comptabilité séparée au sein des budgets et des comptes de l'établissement public BRGM

3 Système d'Information Géographique.

⁴ Arrêté du 22 février 2021 modifiant l'arrêté du 5 octobre 2016 fixant la liste des installations gérées par le BRGM au titre des 9 et 10 de l'article 1er du décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du Bureau de recherches géologiques et minières.

2. Budget

L'activité du Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM est financée par l'État. Les dépenses, dans le cadre des dispositions de la LOLF, s'inscrivent au sein de la mission « *Écologie, développement et mobilité durables* » du ministère de la Transition écologique (MTE).

Le programme 181 : « *prévention des risques* » comporte quatre actions. L'action n°11 : « *Gestion de l'après-mine et travaux de mise en sécurité, indemnisations et expropriations sur les sites* » assure le financement des activités confiées au DPSM.

Ces dépenses relèvent des « *dépenses de fonctionnement* » et de deux catégories : « *subventions pour charges de service public* » pour un montant de 22,88 M€ et « *dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel* » pour les travaux de mise en sécurité pour un montant de 7,5 M€.

Ces budgets font l'objet :

- d'une décision attributive de subvention pour charges de Service public n° 2103221432 des 25 janvier et 2 novembre 2021, pour les dépenses de « *fonctionnement* » de 22,88 M€ ;
- d'une convention financière n° 181 SU 2201278903 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 9 mars 2021, convention pluriannuelle dite « *de travaux* » pour les dépenses « *d'intervention* » de 7,5 M€ ;
- d'une convention financière complémentaire n° 181 SU 2201310961 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 15 novembre 2021, convention pluriannuelle dite « *de travaux* » pour les dépenses « *d'intervention* » de 0,6 M€.

En région Pays de la Loire, l'État a consacré en 2021 à l'après-mine, par l'intermédiaire du DPSM, un montant de 1 142 k€ dont 763 k€ de charges de sous-traitance pour les travaux de mise en sécurité et de remédiation (Tableau 1).

Région	Dépenses 2021 (en k€)		
	Dépenses totales ⁽¹⁾	dont charges externes opérationnelles	
		Fonctionnement ⁽²⁾	Travaux ⁽³⁾
Pays de la Loire	1 142	12	763

Tableau 1 : Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Pays de la Loire en 2021.

(1) dépenses totales 2021 : dépenses comptabilisées comprenant les charges opérationnelles de travaux et de fonctionnement de chaque région ainsi que les charges de fonctionnement (personnel et structure) des Unités Territoriales Après-Mine proratisées sur chaque région en fonction du nombre de journées de l'UTAM consacrées à ces régions.

(2) charges opérationnelles externes de surveillance comptabilisées en 2021 dans chaque région (hors charges inter régions).

(3) charges opérationnelles externes de travaux TTC comptabilisées en 2021 dans chaque région.

3. Organisation

L'Unité Territoriale Après Mine (UTAM) Centre-Ouest du DPSM est constituée d'une douzaine d'agents (techniciens et ingénieurs de surveillance, de travaux et d'étude, ainsi que personnel administratif). Son périmètre d'intervention s'étend sur huit régions métropolitaines : Auvergne-Rhône-Alpes, Bretagne, Centre-Val de Loire, Île-de-France, Pays de la Loire, Normandie, Occitanie et Nouvelle-Aquitaine (Figure 1, en vert).

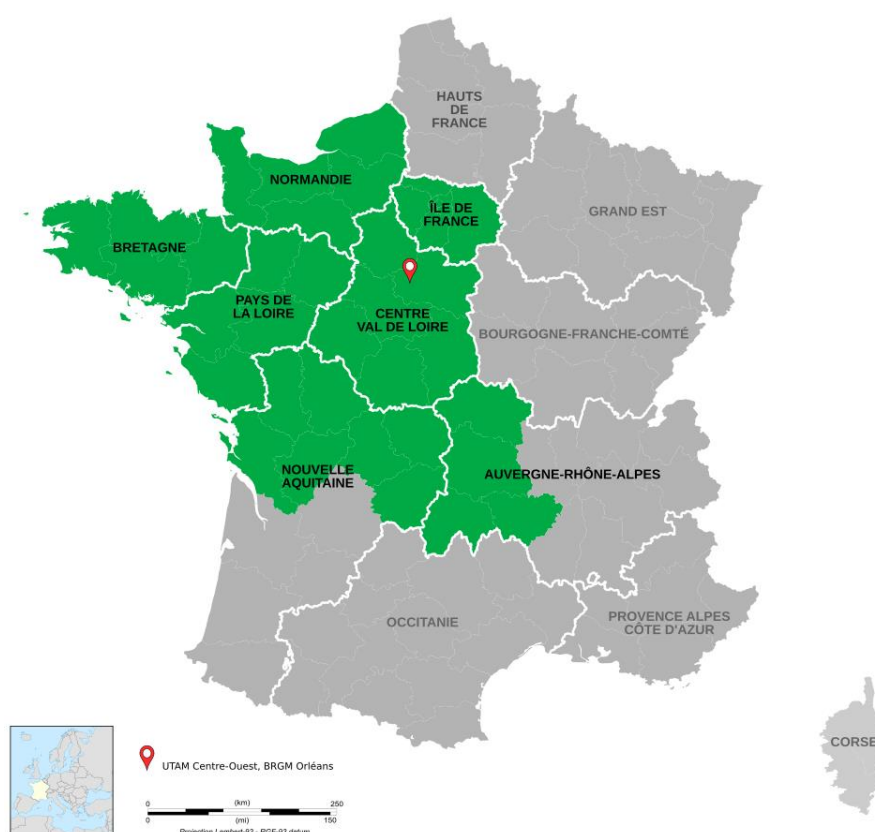


Figure 1 : Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest

L'UTAM Centre-Ouest est implantée à Orléans, au centre scientifique et technique et siège social du BRGM (Figure 1 et Figure 2).



Figure 2 : Bureaux de l'UTAM Centre-Ouest (BRGM, Orléans)

4. Activités

4.1. MAÎTRISE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉE DES TRAVAUX DE MISE EN SÉCURITÉ

4.1.1. Travaux de mise en sécurité en Loire Atlantique (44)

a) Traitement passif des effluents (Phase 2) sur le site du Bois Vert à Abbaretz

L'exploitation principale de la concession minière d'Abbaretz (mines d'étain) a été réalisée à ciel ouvert sur le site du Bois Vert à l'ouest du bourg d'Abbaretz à partir de 1952. À ce jour, l'ancienne exploitation à ciel ouvert s'est remplie d'eau (lac de la Mine situé au sud du site) et le site du Bois Vert comprend des terrils de stériles et de résidus miniers couvrant une superficie de 50 ha environ (Figure 3). Ces résidus, soumis aux eaux météoriques, génèrent un Drainage Minier Acide (DMA) qui engendre des écoulements d'eaux acides et chargées en métaux sur le site.

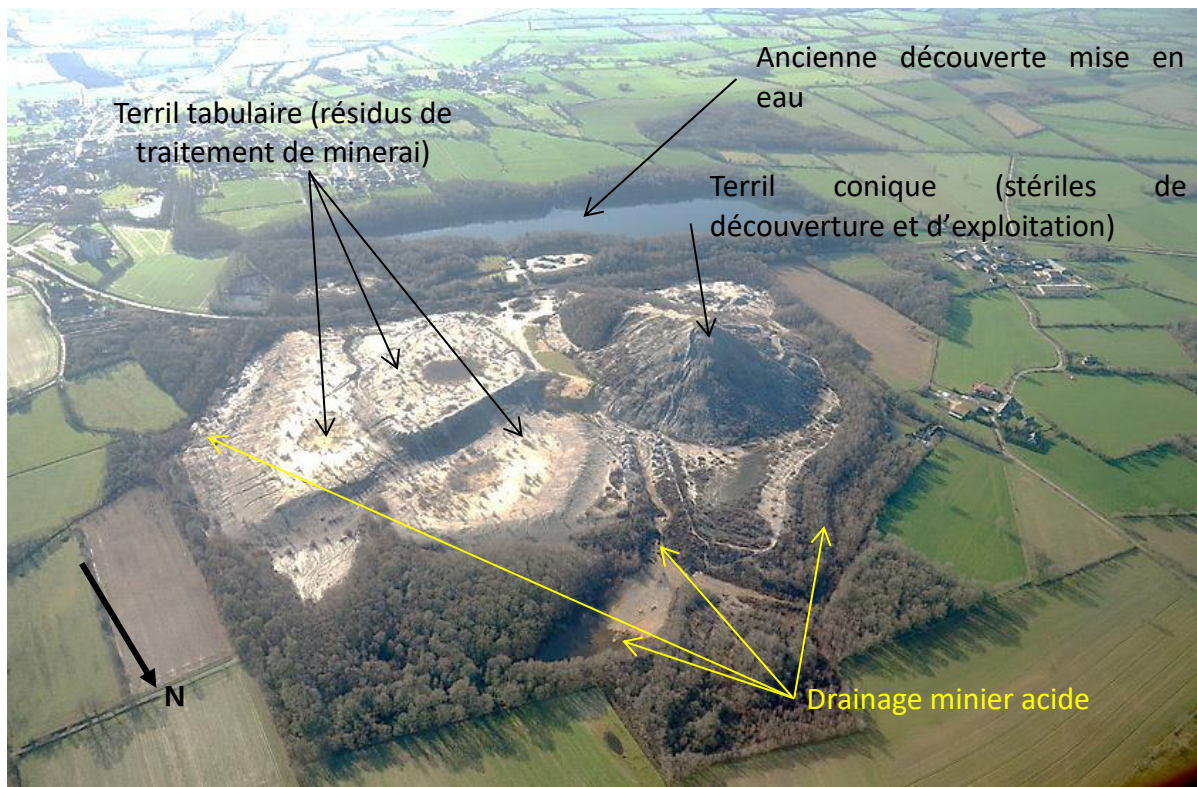


Figure 3 : Photographie aérienne du site du Bois Vert (de nos jours)

Les études environnementales, menées par GEODERIS et le BRGM (de 2008 à 2010), ont mis en évidence la présence de ce DMA au pied des terrils dont l'impact s'étend jusqu'au réseau hydrographique en aval du site.

Dans sa saisine du 28 février 2011, la DREAL a chargé le DPSM de mettre en place un système de traitement passif des eaux issues de ce drainage minier acide. Après une mission de maîtrise d'œuvre non satisfaisante, le plan de gestion pour la maîtrise de ce DMA a été directement réalisé par le DPSM et remis à la DREAL en 2015.

Le plan de gestion comprend trois étapes successives :

- étape 1 : Collecte des flux du DMA par la réalisation de fossés et d'un bassin de rétention des fines afin de créer un point de rejet unique. Cette étape est précédée par la réalisation d'un état initial de la qualité des eaux transitant au droit du site ;
- étape 2 : Suivi pendant un an pour caractériser le flux collecté (débit, concentrations, variations saisonnières, etc.), définir et dimensionner le dispositif de traitement des eaux le plus passif possible ;
- étape 3 : Construction du dispositif de traitement des eaux avant rejet dans le milieu naturel.

La première étape a été réalisée en 2017. Le DPSM a réalisé un suivi mensuel de la qualité des eaux entre décembre 2018 et novembre 2019. Le site a par ailleurs été équipé d'un pluviomètre à télétransmission en juillet 2019. Les données collectées ont montré que des essais de traitabilité des eaux à l'échelle laboratoire, puis probablement à l'échelle pilote sur site, étaient nécessaires pour définir et dimensionner le futur dispositif de traitement des eaux.

Le Plan de Conception de Travaux (PCT), dont l'objectif était : *i)* de compléter le dispositif de suivi de la qualité des milieux de l'étape 2, par la réalisation de piézomètres notamment, et *ii)* de réaliser des essais de traitabilité à l'échelle laboratoire (Figure 4), mais aussi *iii)* via un bilan coûts-avantages, de définir la solution de traitement la plus adaptée au site, a été finalisé fin 2021.



Figure 4 : Essais de traitabilité du DMA à l'échelle laboratoire (source : Tauw)

Le bilan coûts-avantages a démontré que la technique à privilégier serait un traitement passif basique type substrat alcalin dispersé (drain de traitement mixte à copeaux de bois et calcaire). Des essais pilotes sur site sont prévus en 2022 afin d'acquérir les éléments nécessaires au dimensionnement de la future station (temps de séjour, colmatage, etc.). Parallèlement, des campagnes de prélèvements des eaux souterraines et superficielles se poursuivront pour continuer l'acquisition de connaissances sur le site.

Par ailleurs, les mesures réalisées dans les piézomètres installés ont montré la nécessité de réaliser une étude hydrogéologique complémentaire pour mieux comprendre les circulations d'eaux souterraines au droit du site. Cette étude sera réalisée courant 2022.

b) Travaux de mise en sécurité du chemin de randonnée sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44)

Suite aux constats d'usages importants sur le site du Bois Vert à Abbaretz, le BRGM a réalisé une étude d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) en 2019. Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués de la DGPR (2017), celle-ci a pris en compte les usages actuels constatés en parallèle de la mise en œuvre du plan de gestion du drainage minier acide. Cette IEM démontrant l'incompatibilité de la qualité des sols superficiels du site avec la majorité des usages recensés, des scénarios de gestion ont été proposés dans un plan de gestion simplifié des risques relatifs à la qualité des sols, qui a été transmis à la DREAL Pays de la Loire le 19 décembre 2019.

La DREAL a saisi le DPSM le 4 décembre 2019, parallèlement à la finalisation du plan de gestion, afin de mettre en sécurité du chemin de randonnée autour de l'ancien site minier.

Pour atteindre cet objectif, il s'agissait de supprimer les voies de transfert et d'exposition par ingestion et inhalation de terre et de poussières contaminées et supprimer l'accès aux autres zones non compatibles du site.

Les travaux se sont déroulés du 5 janvier au 28 mai 2021 (Figure 5). Les Opérations Préalables à la Réception (OPR) ont eu lieu le 10 mai 2021. La réception des travaux a été prononcée le 31 mai 2021.



Figure 5 : Exemple de passerelle sur Drainage Minier Acide

Une campagne d'analyse à la fluorescence X portable (pXRF) a été réalisée fin mai et début juin 2021 par le DPSM (Figure 6). Elle a permis de confirmer l'atteinte de l'objectif en démontrant que les teneurs résiduelles en arsenic étaient compatibles avec l'usage public des lieux.



Figure 6 : Préparation du sol et mesures pXRF sur le chemin mis en sécurité.

La pose des clôtures pour baliser le sentier a permis de sécuriser et interdire l'accès aux autres zones non compatibles.

Le conseil municipal d'Abbaretz a acté, lors de la séance du jeudi 20 février 2020, la prise en charge de l'entretien futur du chemin de randonnée et des clôtures à la suite des travaux réalisés par le DPSM.

c) Travaux d'urgence pour remédier à l'empot de résidus sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44)

Suite à des évènements pluvieux importants début 2021, l'empot — hors du site — de résidus miniers issus des terrils du site du Bois Vert à Abbaretz a été constaté (Figure 7). Les actions d'urgence suivantes ont donc été entreprises :

- réhausse d'une canalisation de vidange d'une lagune pour favoriser la décantation sur site des eaux chargées en résidus érodés et condamnation de l'ancienne canalisation ;
- rebouchage des fossés d'évacuation d'eau pluviale sur les terrils ;
- mise en place d'une chambre à sable de collecte en aval des principales ravines formées sur le site ;
- excavation des résidus déposés sur les parcelles agricoles, remplacement des terrains décapés par de la terre végétale propre et indemnisation des exploitants agricoles concernés ;
- curage des fossés d'eau pluviale hors site pour enlever les embâcles et limiter les inondations.

Une surveillance de l'érosion du site a été mise en place (suivi drone par techniques Lidar et photogrammétrie, suivi photographique et mesures d'érosion ; Figure 8). Cette acquisition de données sera poursuivie en 2022.



Figure 7 : Mobilisation de résidus sur le site du Bois Vert



Figure 8 : Prise de vue par drone d'une ravine sur le site du Bois Vert

Par ailleurs, la forte érosion observée sur site entraîne également l'arrivée conséquente de fines au niveau du point de collecte des eaux du DMA mis en place en 2018, nécessitant un entretien régulier. De plus, le suivi réalisé grâce au débitmètre installé montre que les débits peuvent varier de 2 à 56 m³/h. Afin d'évaluer les possibilités techniques de réduire l'érosion du site et de séparer encore les eaux générées par le DMA des eaux pluviales, une étude d'avant-projet (AVP) visant à définir un dispositif de maîtrise de l'érosion et de gestion des eaux superficielles a été lancée fin novembre 2021. Un prestataire a été retenu suite à une consultation publique durant l'été 2021. La restitution de cet AVP est prévue au premier semestre 2022.

d) Travaux de mise en sécurité à Soulvache (44)

La dalle en béton armé équipée d'un passage à chiroptères du puits n° 9 de la concession de Teillay (Figure 9), situé sur la commune de Soulvache (44), présente un risque de basculement, suite à la rupture des terrains en tête de puits.



Figure 9 : Vue aérienne du puits n°9 de la concession de Teillay (04/11/2021)

La DREAL a sollicité l'UTAM Centre-Ouest le 21 janvier 2021 pour effectuer le lancement des travaux de mise en sécurité. Le puits servant d'habitat naturel pour une importante population de chiroptères, une étude d'incidence faune-flore globale a dû être entreprise début avril 2021. Le rapport d'étude, qui est attendu pour la mi-mai 2022, précisera les restrictions et les recommandations à suivre avant la réalisation des travaux, vis-à-vis principalement de la préservation de ces espèces.

Dans un second temps, la conception du nouvel ouvrage de sécurité sera réalisée par un bureau d'études spécialisé en génie civil pour en assurer sa tenue mécanique, tout en permettant de mieux accueillir les espèces protégées comme les chiroptères (Figure 10).

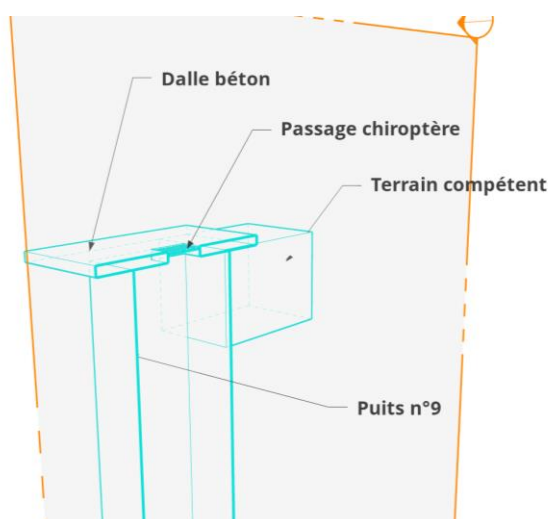


Figure 10 : Coupe de principe de l'ouvrage à mettre en sécurité

4.1.2. Travaux de mise en sécurité en Maine-et-Loire (49)

a) Travaux de pérennisation du site des lagunes à Saint-Pierre-Montlimart (La Bellière)

En 2020 et 2021, des travaux de pérennisation du site des lagunes de Saint-Pierre-Montlimart ont été réalisés. Ces travaux étaient nécessaires en raison de la forte érosion des résidus miniers susceptible de porter atteinte à la tenue des installations et aussi pour mettre en sécurité le site.

Une compréhension fine du site était nécessaire pour cibler les actions. Un diagnostic et une étude de projet ont été réalisés par un bureau d'études spécialisé. Ensuite, les travaux ont consisté notamment en :

- une gestion des eaux en amont du site par un fossé de contournement, et des eaux de ruissellement sur le secteur par la création d'une zone tampon ;
- un remodelage des talus situés autour des lagunes avec végétalisation par un procédé assimilable à la phytostabilisation ;
- la mise en place de dispositifs anti-érosion (bionattes, fascines, filets anti-sédiments...) ;
- le curage des lagunes ;
- la pérennisation des accès et du déversoir ;
- la mise en place d'une enceinte grillagée.

Les travaux ont été réceptionnés respectivement le 23 mars 2021 pour le lot curage et le 6 septembre 2021 pour le lot aménagement (Figure 11 et Figure 12).

Suite à ces travaux, un suivi a été recommandé pour s'assurer que le fonctionnement du site est conforme aux prévisions et pour capitaliser le retour d'expérience relatif aux mesures de maîtrise d'érosion, notamment par végétalisation.



Figure 11 : Talus végétalisés (août 2021)



Figure 12 : Dispositifs anti-érosion autour du fossé de contournement des eaux amont (à gauche lors de la pose en avril 2021, à droite en août 2021)

b) Mise en sécurité d'une cheminée d'aérage à Montrevault-sur-Èvre (Saint-Pierre-Montlimart)

Suite à l'apparition d'un désordre sur la concession de Saint-Pierre-Montlimart (commune de Montrevault-sur-Èvre), la DREAL Pays de la Loire a saisi l'UTAM Centre-Ouest le 11 mars 2021 afin qu'elle procède à des travaux de mise en sécurité d'une cheminée d'aérage dont les produits de remblai auraient pu déboucher.

Suite aux visites de terrain de l'UTAM Centre-Ouest et de GEODERIS, une réunion a eu lieu pour attirer l'attention de la DREAL sur la plausible existence d'une galerie technique à faible profondeur en communication avec le puits Saint-Antoine pouvant passer sous l'habitation proche. Cette réunion a abouti sur la nécessité de poursuivre des investigations au fond du désordre pour vérifier la présence d'un ouvrage minier en direction de l'habitation.

En avril 2021, GEODERIS a précisé que les travaux de reconnaissance de la cheminée Saint-Antoine avaient été réalisés le 23 mars 2021 et qu'aucun départ de galerie n'avait été observé sur une profondeur de cinq mètres (Figure 13).



Figure 13 : Travaux d'investigations au droit de la cheminée d'aérage

Néanmoins, compte tenu des écaillages observés dans le puits et de la méconnaissance de l'état de fracturation des terrains en périphérie de la cheminée, GEODERIS a indiqué que le risque pour l'habitation lié à une éventuelle rupture de tête de l'ouvrage n'était pas à exclure. Dans ces conditions, GEODERIS a recommandé de mettre en sécurité cette cheminée par un bouchon autoportant de béton, après curage des remblais de la cheminée jusqu'à une profondeur définie par le calcul de son dimensionnement.

Le DPSM a donc fait appel à un bureau d'études spécialisé pour réaliser une étude projet visant à définir la hauteur et la profondeur du bouchon autoportant et à assurer la maîtrise d'œuvre de suivi des travaux.

Les travaux de mise en sécurité de la cheminée d'aérage du quartier de Saint-Antoine se sont déroulés du 23 août au 1^{er} septembre 2021 (Figure 14 et Figure 15). La réception complète des travaux a été prononcée par le maître d'œuvre et l'UTAM Centre-Ouest le 5 novembre 2021.



Figure 14 : Bras de distribution articulé lors du coulage



Figure 15 : Vue aérienne du jardin après travaux

4.2. INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENTS DE PRÉVENTION ET DE SURVEILLANCE DES RISQUES MINIERs, RELEVANT DES ARTICLES L.174-1 ET L.174-2 DU CODE MINIER

L'UTAM Centre-Ouest est chargée d'assurer la surveillance de cavités minières dans les Pays de la Loire liées aux anciennes exploitations du bassin ferrifère de Segré à Chazé-Henry (commune d'Ombrière d'Anjou, 49) et du bassin houiller de L'Huisserie (commune de L'Huisserie, 53). Les contrôles se font par moyens directs d'observation dans la cavité et sur l'habitation exposée pour le cas de Chazé-Henry (cf § 4.2.1 « surveillance de cavités »), et par moyens indirects par nivellement de surface pour le cas de la mine de L'Huisserie (cf § 4.2.2 « réseau de nivellement »).

4.2.1. Surveillance de cavités

a) Cadrage

L'objet de la surveillance est une cavité sous-jacente à une habitation située à proximité de l'ancien carreau de mine et placée au centre de la zone d'aléa « effondrement localisé » noté « fort » à Chazé-Henry. L'inspection de la cavité se fait par auscultation laser et vidéo au travers de deux forages recoupant les vides miniers. En 2021, les inspections semestrielles ont consisté à prendre des clichés et à effectuer une image 3D de la cavité, puis de les comparer avec celles des campagnes précédentes.

Le suivi de l'évolution des fissures de l'habitation est effectué à l'aide de six fissuromètres fixés sur certains murs. Les mesures sont comparées à celles des campagnes précédentes.

À la demande du DPSM, un expert en bâtiment s'est rendu sur place le 7 septembre 2021 afin de donner un avis sur l'état de l'habitation et sa stabilité.

b) Observations

Concernant la cavité, une évolution notable a été relevée lors de ces inspections en avril et septembre 2021. En effet, sur la Figure 16, un petit volume de roches tombé de la couronne et du parement nord est observé au centre de la cavité. La comparaison des images 3D confirme cette évolution.

Suite à cet évènement, il a été décidé d'avancer la date de l'inspection programmée en 2022 : elle devrait avoir lieu courant février.



Figure 16 : Observation d'éboulis depuis un des deux forages

Parallèlement, aucune évolution notable des fissures n'a été relevé lors de ces inspections. À noter que le constat d'expertise a indiqué que « (les) fissures ne rendent pas l'ouvrage impropre à sa destination mais étant donné les circonstances il faut continuer de mettre en observation les fissures qui à ce jour ne représentent pas de danger ».

4.2.2. Surveillance des déformations (réseaux de nivellement)

En l'absence d'observation de déformation du sol en surface en 2021, la DREAL n'a pas sollicité le DPSM pour réaliser la campagne de mesures de nivellement cette année sur les réseaux de Moësière (zone 1), l'Angerie (zone 2) ni de La Mine (zone 3) dans le secteur de l'Huisserie (53) (Figure 17).

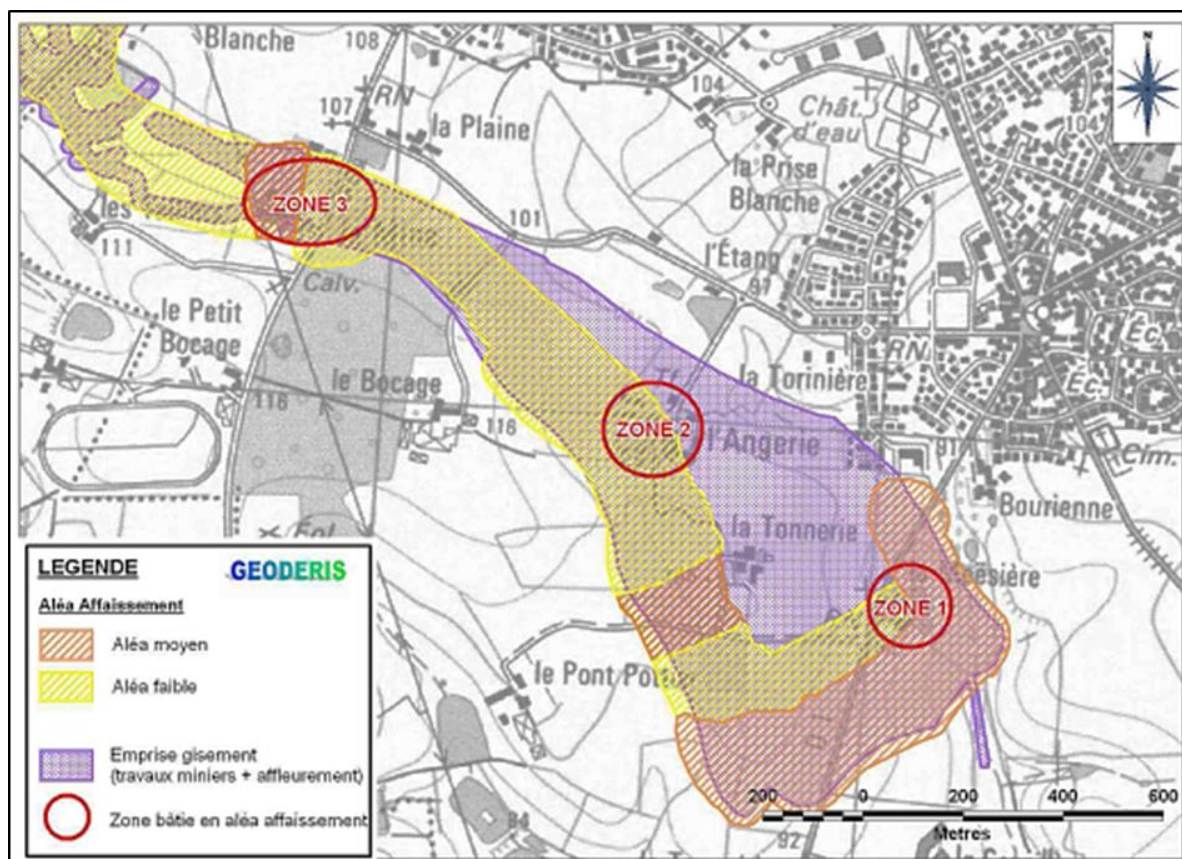


Figure 17 : Réseaux de nivellement de surface au niveau de l'ancienne mine de l'Huisserie

4.3. ÉTUDES TRANSVERSES

4.3.1. Phytostabilisation des résidus miniers

Cette action est réalisée dans le cadre d'un projet transverse qui vise à développer les technologies de phytostabilisation sur les résidus miniers. En septembre 2020, deux parcelles pilotes de 100 m² chacune avaient été mises en place sur le site d'Abbaretz — une sur le terrib tabulaire et une au niveau de la zone du DMA — suite à des essais en pots réalisés en 2019.

En 2021, trois campagnes de suivi des parcelles pilotes ont été réalisées. Ce suivi a montré un bon développement de la végétation sur les deux parcelles (Figure 18). Le recouvrement du sol par les herbacées est très satisfaisant (entre 85 et 100 %) et permet une bonne stabilité des résidus au niveau des parcelles. Néanmoins, ces résultats sont à mettre en regard de la

météorologie de l'année 2021 — plutôt pluvieuse et avec peu de fortes chaleurs — qui a été favorable au développement de la végétation.

En 2022, il est recommandé de continuer le suivi et d'examiner dans quelle mesure ces techniques pourraient être pertinentes pour gérer l'érosion, y compris en saison moins propice au développement végétal.



Figure 18 : Essais pilotes de phytostabilisation sur Abbaretz : à gauche, sur le terril tabulaire, à droite, dans la zone du drainage minier acide (août 2021)

4.3.2. Étude des résidus miniers

Dans le cadre de la gestion des sites miniers, le DPSM étudie des solutions pour gérer les résidus miniers sur le long terme. À ce titre, il effectue notamment une veille scientifique sur les méthodes de caractérisation des résidus miniers et des voies de transfert (géophysique, tests d'évaluation du potentiel acidogène, tests de bioaccessibilité, etc.).

Dans ce cadre, l'apport de méthodes spectroscopiques pour la caractérisation des résidus (microscope optique en lumière réfléchie et microscopie électronique à balayage) a été évalué en 2021 sur trois échantillons de résidus miniers (profondeur 0-3 m) et un échantillon de minerai du site du Bois vert d'Abbaretz (Figure 19). L'objectif était d'identifier l'origine d'éléments traces métalliques non répertoriés dans la bibliographie sur la gîtologie du gisement (cobalt notamment). Les analyses ont montré la présence de cobalt et de nickel associés à des minéraux d'altération appauvris en fer par rapport à des pyrites, arsénopyrites et chalcopyrites.

En 2022, d'autres tests vont être menés sur des échantillons de résidus issus de sondages carottés plus profonds afin de mieux comprendre la géochimie des résidus et notamment les teneurs et la stabilité des sulfures présents dans les terrils et à l'origine du DMA. Ces tests seront réalisés sur le site d'Abbaretz en 2022 et pourront être déployés sur d'autres sites en 2023.

En 2020, une étude géophysique (finalisée en 2021) a également été menée afin *i)* de mieux comprendre la structure des dépôts d'Abbaretz (base des anciens bassins, toit des schistes, etc.), *ii)* d'identifier les zones de production du DMA et *iii)* de mettre en évidence d'éventuels transferts au sein des terrils (expliquant les résurgences de DMA observées) et vers les eaux souterraines, notamment au nord du site. Sept profils ont été réalisés avec des acquisitions de résistivité électrique. Des zones d'anomalies (fortement conductrices) ont pu être mises en évidence au droit du terril conique, sous le drainage miner acide central et au nord du site. Ces données seront exploitées lors de l'étude hydrogéologique qui sera menée en 2022, avec la mise en place de forages complémentaires pour compléter le réseau actuel et vérifier si les anomalies géophysiques identifiées sont associées au DMA.

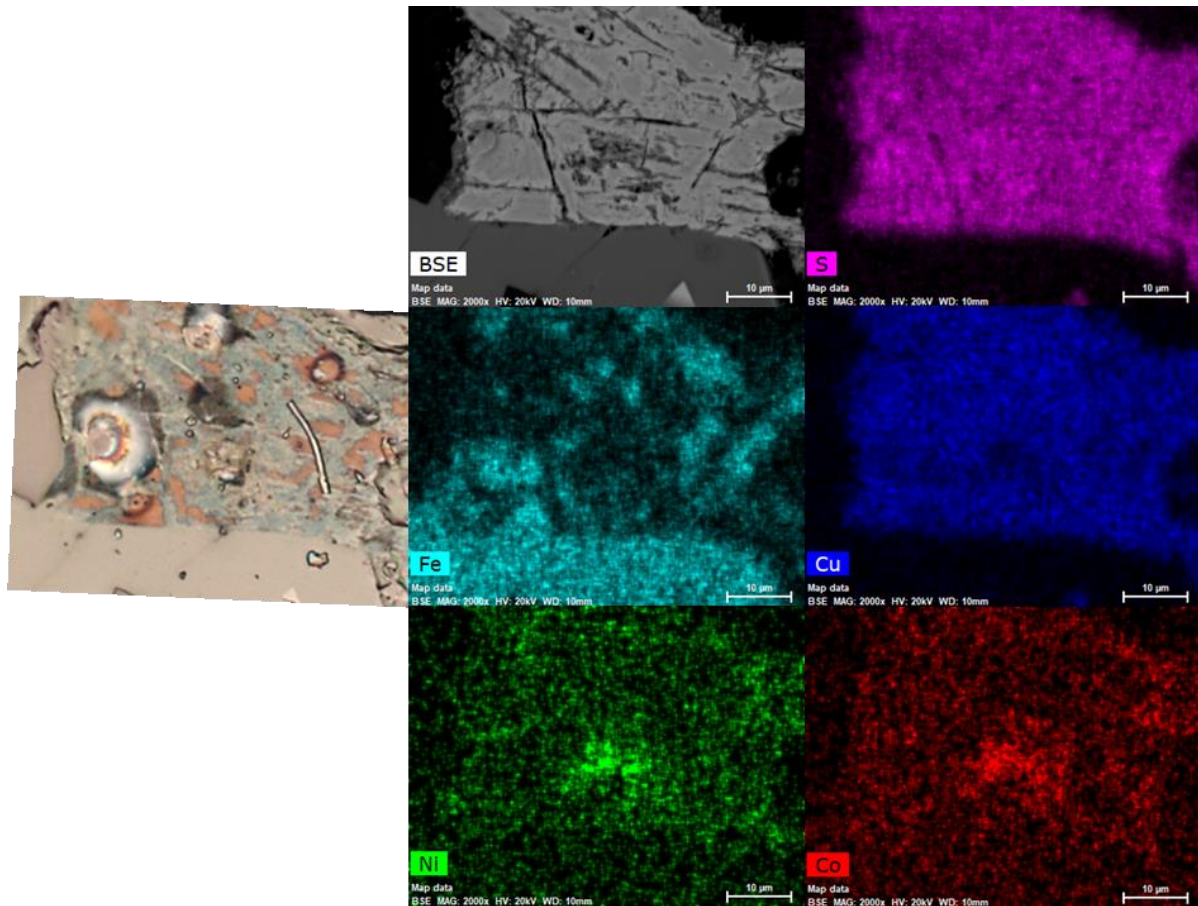


Figure 19 : Observations réalisées au MEB : électrons rétrodiffusés (BSE) et cartographies élémentaires (S, Fe Cu, Ni et Co) sur un échantillon de minerai d'Abbaretz

5. Gestion de l'information technique

Le DPSM a pour missions l'acquisition, la gestion, l'organisation et la diffusion des données de surveillance acquises en application de sa mission après-mine. Les données acquises sont organisées en utilisant les banques de données existantes (BSS, BDES/ADES, BDSurv).

À cette fin, le DPSM a mis en place un site web aux fonctions Internet, Extranet et Intranet : <https://dpsm.brgm.fr>. Ses fonctionnalités permettent une accessibilité rapide aux données de base, notamment pour les interventions en cas de désordre d'origine minier.

La DREAL Pays de la Loire dispose d'un compte d'accès privilégié au site web du DPSM et peut ainsi consulter la majorité des rapports (mémoires de fin de travaux, etc.) et leurs annexes numériques.

De même, les bases de données suivantes sont accessibles par le site web du DPSM :

- base Auressia : les archives techniques intermédiaires provenant de Charbonnages de France (CdF) ont été saisies et stockées dans la base Auressia. La base a été modifiée fin 2011 pour permettre la saisie des archives anciennes relatives aux renseignements miniers et aux dégâts de surface ;
- base BDSurv : recense les ouvrages surveillés au titre des articles L.163-11 et L.174-1 à 4 du code minier, ou au titre du code de l'environnement conformément à des arrêtés ministériels annuels. Les ouvrages surveillés en Pays de la Loire sont tous saisis dans la base de données ;
- base Plans (BDPlans) : aucun plan réglementaire de concession de Charbonnages de France (CdF) en Pays de la Loire n'est disponible ;
- base de textes de procédures d'arrêt des travaux miniers : la numérisation des derniers dossiers d'arrêt des travaux miniers et des dossiers d'arrêt de renonciation de CdF a déjà été réalisée en 2010. Les documents sont disponibles ;
- renseignement Minier En Ligne (RMEL) : cette interface de réponse automatique a permis le traitement par le DPSM de 36 939 demandes concernant le territoire national en 2021. Toutefois, aucune d'entre elles ne concernait la région Pays de la Loire.

6. Conclusions et perspectives

6.1. BILAN 2021

6.1.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers

Concernant le site du Bois Vert à Abbaretz (44), plusieurs travaux ont été réalisés en 2021 :

- la mise en sécurité du chemin de randonnée autour du site avec l'interdiction d'accès aux zones non compatibles par la pose de clôtures ;
- la réalisation d'un Plan de Conception de Travaux (PCT) comprenant :
 - des essais de traitabilité des eaux du drainage minier acide à l'échelle laboratoire,
 - un bilan coûts-avantages des solutions de traitement étudiées,
 - la pose de piézomètres et un suivi mensuel de la qualité des eaux superficielles, souterraines et des sédiments au droit du site ;
- des travaux d'urgence de gestion de l'érosion/emport des résidus miniers avec notamment le décapage de certains champs agricoles et la mise en place d'un suivi instrumenté de cette érosion.

La mise en sécurité du puits n° 9 sur la concession de Teillay à Soulvache (44) a été initiée par le lancement d'une étude d'incidence faune-flore liée à la présence de chiroptères hébergés dans ce puits.

Concernant la concession de Saint-Pierre-Montlimart (49), les travaux suivants ont été réalisés :

- la mise en sécurité d'une cheminée d'aérage chez un particulier, liée au débouillage des produits de remblais ;
- des travaux de pérennisation du site des lagunes de traitement des eaux en raison de la forte érosion des résidus miniers susceptible de porter atteinte à la pérennité des installations, notamment par du remodelage des terrains et la mise en place de techniques de phytostabilisation.

6.1.2. Surveillance d'anciens sites miniers

Une évolution notable a été relevée lors de la surveillance d'une cavité, à faible profondeur, au droit d'une habitation à Chazé-Henry (49). Aucune évolution des fissures suivies sur l'habitation n'a cependant été notée. L'expert en bâtiment a constaté que les fissures ne rendent pas le bâtiment impropre à sa destination et ne représentent pas de danger à ce jour. Néanmoins, il recommande la poursuite du suivi de l'habitation.

En l'absence d'observation de déformation du sol en surface en 2021, la DREAL n'a pas sollicité le DPSM pour réaliser la campagne de nivellement cette année sur les réseaux de L'Huisserie (53).

6.1.3. Études

L'étude de la phytostabilisation des résidus miniers sur le site d'Abbaretz par le suivi de deux parcelles pilotes s'est poursuivie en 2021 et a montré un bon développement de la végétation sur les deux parcelles, en lien notamment avec une météo favorable en 2021.

Dans l'objectif d'améliorer la compréhension du phénomène de drainage minier acide, l'apport de méthodes spectroscopiques pour la caractérisation des résidus et du minerai a été évalué afin de relier la gîtologie du gisement d'Abbaretz et les éléments traces métalliques retrouvés dans les eaux acides du DMA. La campagne géophysique par résistivité électrique a également été finalisée pour évaluer les structures des dépôts de résidus, les zones de production du DMA et les mécanismes de transfert vers les eaux souterraines.

6.2. PERSPECTIVES

En 2022, il est envisagé de poursuivre les actions suivantes sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44) :

- réaliser et suivre un pilote sur site de traitement passif basique (type substrat alcalin dispersé) pour le traitement des eaux acides ;
- réaliser une piste d'accès et l'alimentation électrique pour la future station de traitement ;
- poursuivre le suivi semestriel de la qualité des milieux et améliorer la connaissance de l'impact des eaux acides hors site ;
- réaliser une étude hydrogéologique complémentaire ;
- réaliser des sondages au droit des résidus miniers pour en améliorer la caractérisation ;
- finaliser l'étude d'Avant-Projet pour la gestion de l'érosion et améliorer la séparation des eaux pluviales des eaux du DMA, chiffrer et programmer les travaux préconisés à l'issue de cette étude ;
- poursuivre la surveillance du phénomène d'érosion ;
- poursuivre le suivi des parcelles pilotes de phytostabilisation.

Une fois l'étude faune-flore et les recommandations associées reçues, la mission de maîtrise d'œuvre pour la conception de la mise en sécurité du puits n° 9 à Soulvache (44) sera lancée dans le courant du second semestre 2022.

Les travaux de pérennisation des installations étant terminés sur le site des lagunes à Saint-Pierre-Montlimart (49), il est prévu de poursuivre la surveillance du site pour évaluer les performances de la station de traitement et pour capitaliser le retour d'expérience relatif aux mesures de maîtrise d'érosion, notamment par végétalisation.

Concernant la surveillance de la cavité au droit d'une habitation à Chazé-Henry (49), il est recommandé de poursuivre en 2022 la surveillance selon les mêmes modalités qu'en 2021, en rapprochant néanmoins l'échéance de la prochaine inspection.

Annexe 1

Index des acronymes

ADES : portail d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

AVP : Avant-Projet

BDES : Banque nationale des Données sur les Eaux Souterraines

BDSurv : Base de Données des Surveillances (DPSM)

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

BSS : Banque du Sous-Sol

BSSS : Bureau du Sol et du Sous-Sol de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du MTE

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques du ministère en charge de l'environnement

DMA : Drainage Minier Acide

DPSM : Département Prévention et Sécurité Minière du BRGM

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

GEODERIS : Il s'agit d'un Groupement d'Intérêt Public (GIP) constitué entre le BRGM et l'INERIS. Il apporte à l'État (administrations centrales et services déconcentrés, en particulier les DREAL) une assistance et expertise en matière d'après-mine.

IEM : Interprétation de l'État des Milieux

LOLF : Loi Organique relative aux Lois de Finances

MDPA : Mines De Potasse d'Alsace

MOD : Maître d'Ouvrage Délégué

MTE : Ministère de la Transition Écologique

PCT : Plan de Conception de Travaux

RMEL : Renseignement Minier En Ligne

SIG : Système d'Information Géographique

UTAM : Unité Territoriale Après-Mine du DPSM

Annexe 2

Indicateur de performance

L'indicateur de performance du DPSM s'appuie sur l'analyse de la maîtrise des coûts relatifs aux projets de travaux. Cette analyse est fondée sur l'écart moyen entre les coûts prévisionnels (devis) et les coûts réels des travaux (factures) pour les chantiers achevés et les factures reçues dans l'année.

À l'échelle nationale : aucun écart significatif n'a été constaté sur les travaux achevés en 2021, hormis sur une opération où un nombre de sondages inférieur au prévisionnel a été nécessaire (Decazeville, Aveyron).

Année	Écart devis / montant final travaux
2007	- 0,3 %
2008	+ 0,3 %
2009	- 3,2 %
2010	- 1,4 %
2011	- 5,0 %
2012	- 2,3 %
2013	+ 10,3 %
2014	- 3,8 %
2015	- 0,7 %
2016	- 4,1 %
2017	- 6,9 %
2018	- 7,8 %
2019	- 6,7 %
2020	- 5,7 %
2021	- 9,5 %

Pour la région Pays de la Loire : quatre opérations de travaux ont été réceptionnées en 2021.

Lieu - objet des travaux	Coût (€ TTC)	Devis (€ TTC)	Écart devis / montant final travaux	Convention	Date réception
Abbaretz (44) – Mise en sécurité du chemin de randonnée (Site du Bois Vert)	428 936	451 024	- 4,9 %	2020	31/05/2021
Abbaretz (44) - Traitement passif des effluents (Site du Bois Vert) - Phase 2	165 898	166 598	- 0,4 %	2018, 2019	02/07/2021
Saint-Pierre-Montlimart (49) - Travaux d'entretien du site des lagunes	238 166	223 843	+ 6,4 %	2020	06/09/2021
Saint-Pierre-Montlimart (49) - Mise en sécurité d'un montage de retour d'air	60 177	69 409	- 13,3 %	2021	05/11/2021



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

DPSM – UTAM Centre-Ouest

3, avenue Claude-Guillemain

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 35 43

www.brgm.fr | dpsm.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm