



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Compte-rendu Annuel Régional d'Activité 2025 du BRGM/DPSM – Région Pays de la Loire

Rapport final

BRGM/RP-75429-FR

Version 0 du 24 avril 2026

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

BRGM

Ce rapport a été vérifié le 22/05/2026 et approuvé le 01/06/2026 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

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 contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé 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 [Questionnaire d'évaluation de satisfaction BRGM \(2026\) – Remplir le formulaire](#) 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 :

BRGM, 2026. Compte-rendu Annuel Régional d'Activité 2025 du BRGM/DPSM – Région Pays de la Loire. Rapport final V0. BRGM/RP-75429-FR.

Synthèse

Le présent document constitue le rapport annuel d'activités en région Pays-de-la-Loire relatif à la mission après-mine réalisée en 2025 par la Direction Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM 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 et études de mise en sécurité

En 2025, les travaux suivants ont été réalisés sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44) :

- concernant la gestion des eaux du drainage minier acide :
 - l'arrêt du pilote de traitement de petite dimension et la mise en place du pilote de traitement de taille intermédiaire afin de disposer d'un saut d'échelle et de sécuriser le dimensionnement de la construction de la station de traitement à l'échelle 1,
 - l'acquisition semestrielle de données relative aux eaux superficielles et souterraines. Ce suivi a été optimisé en 2025 en termes de nombre de points suivi, de paramètres suivis et de fréquence ;
- concernant la gestion de l'érosion :
 - le curage de la lagune au nord-est du site pour en restaurer la capacité de stockage (par remodelage et la mise en place de rideaux de palplanches afin d'en faciliter la gestion future) et travaux associés (création d'une piste d'accès),
 - la mission de maîtrise d'œuvre pour les travaux de gestion globale de l'érosion à l'échelle du site en privilégiant les mesures basées sur la nature/méthodes de phyto-gestion (fascines, végétalisation, etc.), avec notamment, un travail sur la définition de l'ensemble des points singuliers devant faire l'objet de mesures de gestion et un travail sur le phasage des travaux.

En 2026, pour le site du Bois Vert à Abbaretz sont prévus :

- concernant la gestion des eaux du drainage minier acide :
 - le suivi du pilote de traitement de taille intermédiaire ;
 - l'acquisition semestrielle de données relatives aux eaux superficielles et souterraines ;
- concernant la gestion de l'érosion :
 - la reprise d'un défaut sur les rideaux de palplanches mis en place à l'automne 2025 au niveau de la lagune nord-est,
 - le lancement de l'appel d'offre pour les travaux de gestion globale de l'érosion à l'échelle du site et la réalisation des premiers travaux à l'automne.

L'ensemble des travaux et études réalisées sur le site du Bois Vert à Abbaretz fait l'objet d'une présentation annuelle aux mairies de Nozay et Abbaretz et d'une synthèse sur le site internet <https://dpsm.brgm.fr/>.

Enfin, pour ce qui concerne la mine de la Lucette au Genest-Saint-Isle (53), suite à la saisine du BRGM/DPSM par la DREAL Pays de Loire en juillet 2023, un appel d'offre a été lancé en 2025 puis attribué. Il s'agit d'une mission d'études en vue de travaux destinés à limiter voire stopper le phénomène de sapage des dépôts et l'entraînement des résidus vers les eaux du ruisseau de la

Chalottière. Les études ont démarré au dernier trimestre 2025 et les résultats sont attendus au printemps 2027.

Surveillance d'anciens sites miniers

Pour ce qui concerne la cavité de Chazé-Henry (49), la surveillance en 2025 n'a mis en évidence aucune évolution notable, tant du point de vue de la géométrie de la cavité (pas de chutes de blocs) que des fissures de l'habitation sus-jacente.

La station de traitement des eaux de la Bellière (49) est une installation hydraulique de sécurité (IHS) suivie par le BRGM depuis 2017, et relevant de la surveillance depuis 2023. En 2025, les paramètres mesurés sur la station présentent des résultats globalement du même ordre de grandeur que lors de la période 2017 - 2024. L'objectif de traitement de 100 µg/L en sortie de station est donc atteint en arsenic dissous (40 µg/L) mais pas en arsenic total (173 µg/L). Les abattements sont :

- pour l'arsenic d'environ 80 % pour l'arsenic total et de 95 % pour l'arsenic dissous ;
- pour le fer d'environ 82 % pour le fer total et de 100 % pour le fer dissous ;
- pour le manganèse d'environ 41 % pour le manganèse total et de 42 % pour le manganèse dissous.

L'ensemble témoigne globalement d'un fonctionnement acceptable au regard du traitement passif utilisé.

En 2025, un entretien de la végétation a été réalisé ainsi que l'installation d'un pluviomètre et de débitmètres avec télétransmission.

La surveillance de l'IHS sera poursuivie à l'identique en 2026. Une opération de curage des lagunes et du chenal de la station est également prévue en 2026.

▪ Études transverses

Dans le cadre de la gestion des sites miniers, DPSM étudie des solutions pour stabiliser les résidus miniers sur le long terme à partir de solutions fondées sur la nature incluant la phytostabilisation. 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 2025 et a montré un bon développement de la végétation sur les deux parcelles et une bonne stabilisation du substrat. Le suivi des parcelles sera prolongé en 2026.

En 2025, des tests, visant à évaluer l'apport du suivi des particules en suspension dans les cours d'eau pour estimer les emports depuis les sites miniers, ont été réalisés notamment sur le site de Montrevault-sur-Èvre (49). Les premiers tests montrent que la fraction fine piégée est différente des sédiments selon les campagnes. Enfin des tests, afin de définir le choix de la meilleure méthode de détermination des débits à déployer selon la conformation des cours d'eau et les incertitudes associées à chaque type de méthode, ont été menés sur les sites de Montrevault-sur-Èvre (49) et d'Abbaretz (44).

Ces tests seront poursuivis en 2026 et intégreront aussi le site de Genest-Saint-Isle (53) et de Budelière (23) pour la partie relative aux particules.

Sommaire

1. Mission	7
2. Budget	9
3. Organisation	11
4. Activités	13
4.1. CONCESSION MINIÈRE D'ABBARETZ (44)	13
4.1.1. Contexte minier	13
4.1.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité	14
4.2. CONCESSION MINIÈRE DE MONTJEAN (49)	19
4.2.1. Contexte minier	19
4.2.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité	19
4.3. CONCESSION MINIÈRE DE LA BELLÈRE (49)	20
4.3.1. Contexte minier	20
4.3.2. Saint-Pierre-Montlimart - La Bellière (49) – Surveillance du site des lagunes	20
4.4. CONCESSION MINIÈRE DE CHAZÉ-HENRY (49)	23
4.4.1. Contexte minier	23
4.4.2. Équipements de prévention, de surveillance et de sécurité	23
4.5. CONCESSION MINIÈRE DE LA LUCETTE, LE GENEST SAINT ISLE (53)	24
4.5.1. Contexte minier	24
4.5.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée de travaux de mise en sécurité	25
4.6. CONCESSION MINIÈRE DE LA BAZOUGE DE CHÉMÉRÉ (53)	26
4.6.1. Contexte minier	26
4.6.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée de travaux de mise en sécurité	26
5. Études et programmes transverses	27
5.1. PHYTOSTABILISATION DES ANCIENS SITES MINIERES	27
5.2. GESTION DES DÉPÔTS DE RÉSIDUS MINIERES	28
6. Gestion de l'information technique	31
7. Conclusions et perspectives	33
7.1. BILAN 2025	33
7.1.1. Travaux et études de mise en sécurité d'anciens sites miniers	33
7.1.2. Surveillance d'anciens sites miniers	33
7.1.3. Études	33
7.2. PERSPECTIVES	34
7.2.1. Travaux de mise en sécurité d'anciens sites miniers	34
7.2.2. Surveillance d'anciens sites miniers	34
7.2.3. Études	34

Liste des figures

Figure 1 : Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest.....	11
Figure 2 : Abbaretz - Vue aérienne du site du Bois Vert (de nos jours).	13
Figure 3 : Configuration finale du troisième pilote de taille réduite.....	15
Figure 4 : Site du Bois-Vert. Enrochements (en haut à gauche), pelle mécanique enlisée (en haut à droite), piste périphérique et curage (en bas à gauche), rideau de palplanches (en bas à droite).	18
Figure 5 : Montjean-sur-Loire, vue du désordre après travaux.	20
Figure 6 : Emplacement des points de prélèvement pour le suivi 2025.	21
Figure 7 : Vue des lagunes en mars 2025.....	22
Figure 8 : Capteur de suivi n° 0A002821 sur fissure n° 1.	23
Figure 9 : Plan de recollement du site sur fond orthophotographique (modifié d'après GEODERIS, 2020).	25
Figure 10 : Parcelle pilote de phytostabilisation sur Abbaretz, proche de la zone du drainage minier acide (à gauche lors du semis en 2020, à droite en 2025).	27
Figure 11 : Parcelle pilote de phytostabilisation sur le terri tabulaire d'Abbaretz. À gauche, évolution de la biomasse végétale. À droite, variation des hauteurs de sols dans la parcelle et sur les résidus alentours.	28
Figure 12 : Teneurs en % en SiO ₂ et Al ₂ O ₃ pour les pièges à gauche et les sédiments à droite en mars et juillet 2025 – site de Saint-Pierre Montlimart.....	29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Pays de la Loire en 2025.....	9
Tableau 2 : Abbaretz – Résultats du troisième pilote de traitement des eaux sans finition (février 2024 – mars 2025).....	15
Tableau 3 : Abbaretz – Résultats du troisième pilote de traitement des eaux avec finition (août 2024 - mars 2025).	16

Annexe 1 :

Annexe 2 :

Liste des annexes

Index des acronymes	35
Indicateur de performance	37

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. La Direction Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM a été créée spécifiquement pour cette mission.

C'est pour le compte de l'État que le BRGM 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 BRGM 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 accrue avec la prise en charge en :

- 2011 des installations des mines de potasse d'Alsace (MDPA) ;
- 2017 de l'installation de stockage pétrolier souterrain de Gargenville (77) et de la station de traitement des eaux minières de Chessy (69) ;
- 2018 de la station de traitement de Largentière (07) ;
- 2021 de la station de traitement des eaux minières de Bodennec (29) ;
- 2022 de l'installation hydraulique de sécurité du Thoronet (83) ;
- 2023 de l'installation hydraulique de sécurité de Lopérec (29) ;
- 2023 de l'installation hydraulique de sécurité de Saint-Pierre-Montlimart (49).

La mission de maîtrise d'ouvrage déléguée a été renouvelée une première fois par décret du 7 juillet 2016, pour une durée de six ans², et une seconde fois par décret du 1^{er} juillet 2022³ pour une durée de six ans³, soit jusqu'au 4 avril 2028.

Le BRGM 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 en charge de l'Environnement.

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.

³ Décret n° 2022-977 du 1^{er} juillet 2022 modifiant le décret n° 59-1205 du 23 octobre 1959 relatif à l'organisation administrative et financière du BRGM, *désormais codifié aux articles R.333-13 à R.333-31 du code de la recherche*.

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 ;
- la gestion de l'information (renseignement minier, archives, plans et documentations minières, bases de données et SIG⁴ ;
- 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 interministériel⁵.

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 MTEBFMP, 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.

⁴ Système d'Information Géographique.

⁵ Arrêté du 6 novembre 2025 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 1^{er} 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 de la Direction 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 en charge de l'Environnement.

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 BRGM/DPSM.

Ces dépenses relèvent des « *dépenses de fonctionnement* » et de deux catégories : « *subventions pour charges de service public* » pour un montant de 25,064 M€ et « *dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel* » pour les travaux de mise en sécurité pour un montant de 8,618 M€.

Ces budgets font l'objet en 2025 :

- d'une décision attributive de subvention pour charges de service public n° 2104630397 des 7 avril et 11 décembre 2025, pour les dépenses de « *fonctionnement* » de 25,064 M€ ;
- d'une convention financière n° 181 SU 2201526748 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 25 avril 2025, convention pluriannuelle dite « *de travaux* » pour les dépenses « *d'intervention* » de 8 M€ ;
- d'une convention financière complémentaire n° 181 SU 2201544720 relative à la gestion de l'après-mine – missions et travaux prescrits par la DGPR et les DREAL, du 30 septembre 2025, convention pluriannuelle dite « *de travaux* » pour les dépenses « *d'intervention* » de 0,618 M€.

En région Pays de la Loire, l'État a consacré en 2025 à l'après-mine, par l'intermédiaire du BRGM/DPSM, un montant de 510 k€ dont 323 k€ de charges de sous-traitance pour les travaux de mise en sécurité et de remédiation (Cf. Tableau 1).

Région	Dépenses 2025 (en k€)		
	Dépenses totales ⁽¹⁾	dont charges externes opérationnelles	
		Fonctionnement ⁽²⁾	Travaux ⁽³⁾
Pays de la Loire	510	22	323

Tableau 1 : Répartition des dépenses liées à l'après-mine en Pays de la Loire en 2025.

(1) dépenses totales : 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 dans chaque région (hors charges inter régions).

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

3. Organisation

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

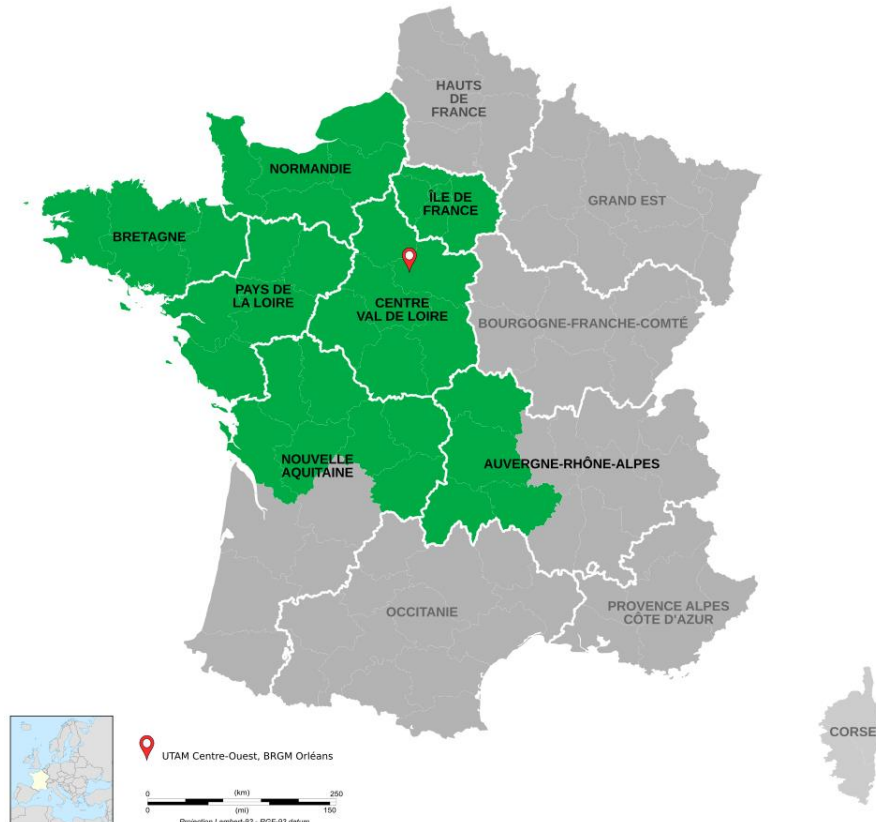


Figure 1 : Périmètre d'intervention de l'UTAM Centre-Ouest.

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

4. Activités

Les activités sont présentées par concession.

4.1. CONCESSION MINIÈRE D'ABBARETZ (44)

4.1.1. Contexte minier

La concession d'Abbaretz est située sur les communes d'Abbaretz et de Nozay, au nord-est du département de la Loire-Atlantique (44).

Le gisement d'étain de la région d'Abbaretz a fait l'objet d'exploitations très anciennes, mais la production industrielle débuta réellement en 1920 par des extractions souterraines. Rapidement gelée, l'exploitation redémarra à ciel ouvert en 1952 pour cesser en 1957 après avoir extrait près de 4 millions de m³ de matériaux dont 1 750 000 m³ de stérile et 2 millions de m³ de minerai à partir duquel auront été produites 3750 tonnes de concentrés de cassitérite (minerai d'étain) par traitement mécanique.

La mine à ciel ouvert a atteint des profondeurs allant de 40 m à 70 m. À ce jour, l'ancienne exploitation à ciel ouvert forme un lac (lac de la Mine situé au sud du site) et le site du Bois Vert comprend, sur une cinquantaine d'hectares, des terrils composés de stériles de découverte (terril conique) et de résidus miniers (terrils tabulaires).

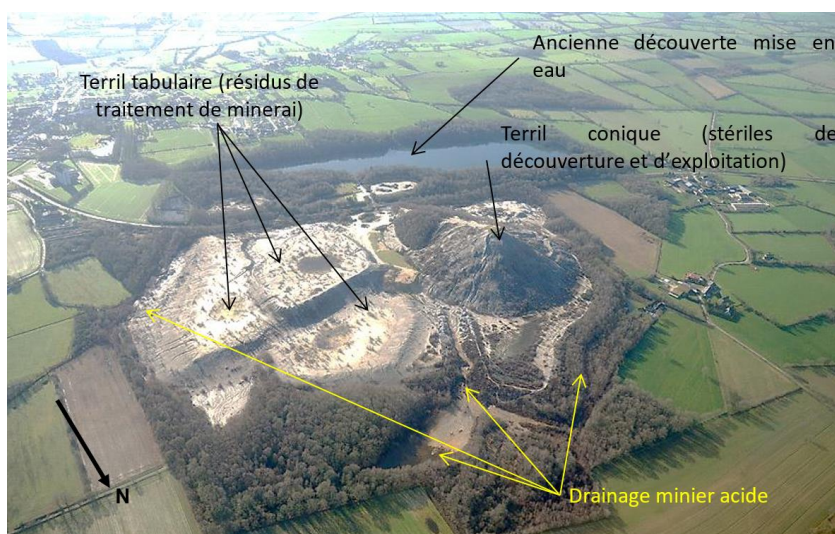


Figure 2 : Abbaretz - Vue aérienne du site du Bois Vert (de nos jours).

Les stériles et résidus, soumis aux eaux météoriques, génèrent un drainage minier acide (DMA) lié à la présence de minéraux sulfurés (pyrite et arsénopyrite notamment) qui engendre des écoulements d'eaux acides et chargées en métaux et métalloïdes sur le site.

Le site fait l'objet d'une surveillance des milieux eaux souterraines et eaux superficielles semestriellement, et d'une surveillance globale de l'état du site trimestrielle.

4.1.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité

En 2025, sur la concession d'Abbaretz, il a été procédé à 3 opérations de travaux sous maîtrise d'ouvrage déléguée au BRGM/DPSM.

a) Abbaretz (44) - Traitement passif des effluents (étape 3) sur le site du Bois Vert

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

Dans sa saisine de février 2011, la DREAL a chargé le BRGM/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 infructueuse, le plan de gestion pour la maîtrise de ce DMA a été élaboré par la 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 fines⁶ 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, à la suite de ces travaux, le site a par ailleurs été équipé d'un pluviomètre et d'un débitmètre à télétransmission, opérationnels depuis juillet 2019 ;

Concernant l'étape 2, BRGM/DPSM a réalisé un suivi mensuel de la qualité des eaux entre décembre 2018 et novembre 2019. Les données collectées ont montré que des essais de traitabilité des eaux à l'échelle laboratoire, puis à l'échelle pilote sur site, étaient nécessaires pour définir et dimensionner le futur dispositif de traitement des eaux.

Après ce suivi renforcé, le suivi est maintenu de manière semestrielle sur un nombre optimisé de points et de paramètres.

L'étape 3 a débuté par un Plan de Conception de Travaux (PCT) finalisé fin 2021. Ses objectifs étaient : i) de compléter le 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 et, via un bilan coûts-avantages, de définir la solution de traitement la plus adaptée au site.

Le bilan coûts-avantages a démontré que la technique à privilégier est un traitement passif basique type substrat alcalin dispersé (drain de traitement mixte à base de copeaux de bois et de calcaire), mais que ce procédé devait être testé dans les conditions du site avant sa mise en œuvre à l'échelle réelle. Des tests pilote doivent permettre d'acquérir les éléments nécessaires au dimensionnement de la future station (temps de séjour, colmatage, etc.).

⁶ Fines : petites particules de diamètre inférieur à 76 µm.

Des premiers pilotes de taille réduite ont été mis en place sur site à partir d'octobre 2022. Depuis, deux autres pilotes ont également été réalisés. Chacun des pilotes testés possédait des configurations différentes afin de définir les configurations idéales. Ces premiers pilotes ont permis de montrer qu'une remontée du pH était possible avec cette technologie et un abattement du fer était bien observé mais qu'une étape d'aération en tête était nécessaire pour améliorer l'abattement du fer et augmenter la durée de vie du réacteur. La 3^{ème} itération du pilote a fonctionné pendant plus de 300 jours (Cf. Figure 3, Tableau 2). Elle a permis de réaliser sur les derniers mois des tests de traitement de finition qui pourraient être nécessaire pour abattre le Mn ainsi que pour améliorer l'abattement de certains métaux divalents (Zn, Co et Ni) selon les performances à atteindre par la station finale (Cf. Tableau 3).

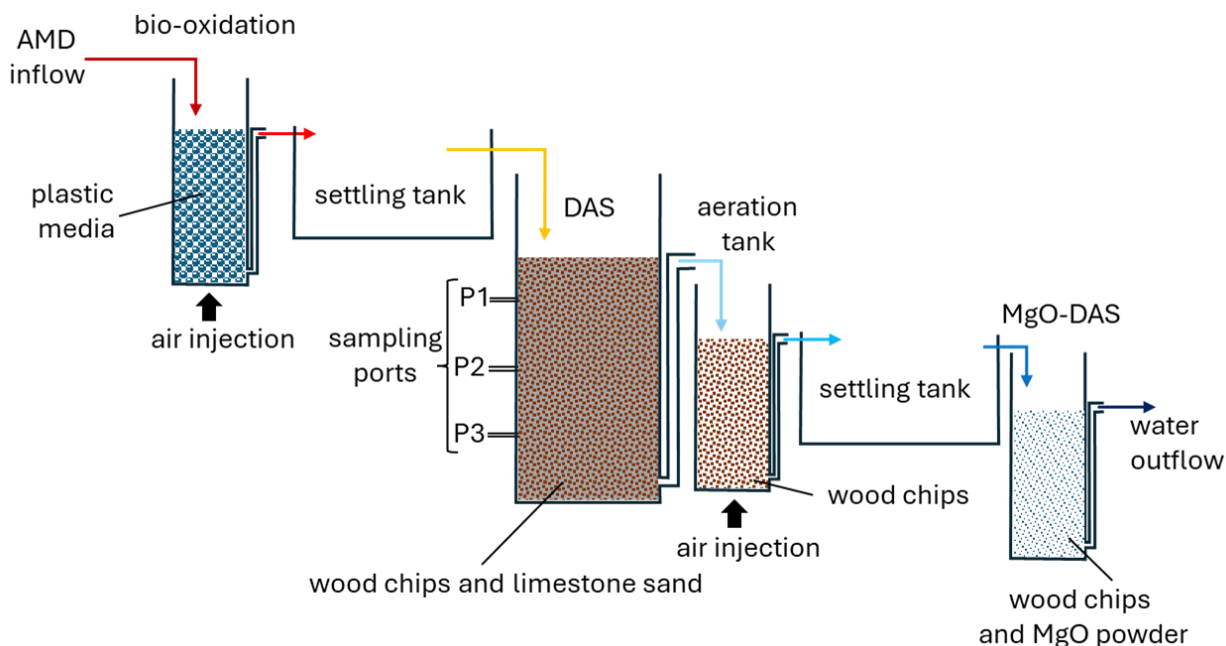


Figure 3 : Configuration finale du troisième pilote de taille réduite.

	Drainage minier qualité moyenne ($\mu\text{g/L}$)	Sortie traitement qualité moyenne aération 1 +DAS ($\mu\text{g/L}$)	Abattement %
Al	16 915	240	99
As	74,4	1,71	98
Co	882	240	73
Fe	159 989	14 820	91
Mn	2 610	2 830	0
Ni	1 027	290	72
Zn	2 310	210	91

Tableau 2 : Abbaretz – Résultats du troisième pilote de traitement des eaux sans finition (février 2024 – mars 2025).

Ainsi la configuration du pilote avec traitement de finition (Cf. Tableau 3), montre :

- un abattement très important de Al, Fe et As avec des taux d'abattement de plus de 99 % et des concentrations moyennes en sortie de pilote respectives de 50, 435 et 0,61 $\mu\text{g/L}$;

- un abattement important de Co, Ni et Zn avec des taux d'abattement de plus de 80 % et des concentrations moyennes en sortie de pilote respectives de 177, 435 et 0,61 µg/L ;
- un abattement restant assez faible pour le Mn avec un taux d'abattement de 60 % et une concentration moyenne en sortie de pilote d'environ 1000 µg/L.

	Drainage minier qualité moyenne (µg/L)	Sortie traitement qualité moyenne aération 1 +DAS (µg/L)	Abattement %	Sortie aérateur 2 + sédimentation + traitement de finition (µg/L)	Abattement Cumulé %
Al	16 985	280	98	50	100
As	72,8	1,88	97	0,61	99
Co	918	280	69	177	81
Fe	166 659	19 450	88	435	100
Mn	2 651	2 930	0	1 054	60
Ni	991	340	66	230	77
Zn	2 379	200	92	85	96

Tableau 3 : Abbaretz – Résultats du troisième pilote de traitement des eaux avec finition (août 2024 - mars 2025).

Fin 2025, un pilote plurimétrique (réacteur de 630 L et débit de 30 L/h) a été mis en place pour assurer un saut d'échelle par rapport aux pilotes précédents (réacteur de 100 L et débit de 1,6 L/h maximum) et enfin aboutir à la station finale qui devra traiter environ 10 m³/h en moyenne annuelle.

b) Abbaretz (44) - Travaux pour remédier à l'emport de résidus sur le site du Bois Vert

À la suite d'événements pluvieux importants début 2021, l'emport hors du site de résidus miniers issus du site du Bois Vert a été constaté. Des actions d'urgence ont été réalisées en 2021. En 2022, des calculs, réalisés sur la base des données Lidar de mars 2020 et de mars et octobre 2021, avaient montré que la cinétique d'érosion des ravines s'était considérablement ralentie.

Néanmoins, l'érosion reste toujours active sur site. Aussi une étude d'avant-projet a été conduite de novembre 2021 à mai 2022 pour définir un dispositif global de maîtrise du phénomène d'érosion et de flux solides et de gestion des eaux de ruissellement du site. Un certain nombre de mesures y avaient été identifiées ainsi qu'un chiffrage de celles-ci. Sur la base de ces préconisations, une note de programmation a été rédigée fin 2022 pour définir un programme d'actions à mettre en œuvre sur la période 2023-2026.

Les actions à mener ont été séparées en 2 lots car les compétences à mobiliser sont multiples et les temporalités sont différentes. Le lot 1 concerne des travaux relevant des terrassements (remodelage, pose d'enrochements, curage de la lagune nord-est) avec des effets rapides attendus, tandis que le lot 2 concerne le génie végétal avec un effet attendu à long terme.

Après consultation d'entreprises et obtention de l'accord de la DREAL PDL et du BSSS sur les prestataires et le coût des opérations, le BRGM/DPSM a confié la maîtrise d'œuvre du lot 1 et celle du lot 2.

b1-Lot 1- Enrochements et curage de la lagune nord-est

Après une phase préparatoire comprenant la validation des cahiers des charges et la passation des marchés de maîtrise d'œuvre, de coordination SPS et de travaux, le chantier a débuté le 16 septembre 2024. Des enrochements ont été posés aux pieds des 3 ravines principales du site.

Les premières opérations de curage de la lagune nord-est ont rapidement mis en évidence des contraintes géotechniques majeures, liées à la saturation en eau des matériaux au sein de la lagune, entraînant l'enlisement des engins et l'arrêt du chantier dès le 26 septembre 2024.

La concertation engagée entre les différents acteurs a permis d'identifier une solution technique alternative, consistant en la création d'une piste d'accès parallèle permettant un curage depuis la berge à l'aide d'une pelle long bras. Cette évolution a nécessité une révision complète de la méthodologie d'intervention, la réalisation d'investigations géotechniques, ainsi que la passation d'un nouveau marché de travaux, conduisant à un allongement du calendrier et à une augmentation significative du coût global de l'opération.

Les travaux ont pu reprendre le 28 juillet 2025 avec la réalisation des travaux préparatoires, puis le 25 août 2025 avec la construction de la piste d'accès, avant d'être poursuivis par le curage de la lagune nord-est et la mise en place des rideaux de palplanches, opérations achevées le 30 septembre 2025. Les opérations préalables à la réception ont été conduites le 7 octobre 2025, et la réception des travaux a été prononcée le 21 octobre 2025, assortie de réserves.

Les réserves concernent notamment un désordre localisé d'érosion au droit du premier rideau de palplanches, ouvrage particulièrement sollicité puisqu'il assure la rétention des eaux issues d'un bassin versant d'environ 50 000 m², soumis à des mises en charge rapides et variables selon les précipitations. Une première reprise du désordre a été réalisée le 12 décembre 2025. Une seconde reprise sera réalisée en 2026, les travaux réalisés s'étant révélés insuffisants.



Figure 4 : Site du Bois Vert. Enrochements (en haut à gauche), pelle mécanique enlisée (en haut à droite), piste périphérique et curage (en bas à gauche), rideau de palplanches (en bas à droite).

Malgré ces aléas, les travaux réalisés ont permis d'atteindre les objectifs fixés, en restaurant la capacité de sédimentation et de rétention de la lagune nord-est, en limitant le transfert de flux solides issus des ravines et en améliorant la gestion globale des eaux sur le site du Bois Vert.

b2-Lot 2 – Phytostabilisation du site

En 2024, les travaux relatifs au lot 2 avaient consistés en la réalisation du diagnostic du site et aux premières esquisses qui seront étudiées en phase PRO. Ces travaux du lot 2 avaient été suspendus pour raison budgétaire. Ils ont repris à l'automne 2025 avec notamment la définition de l'ensemble des points singuliers devant faire l'objet de mesures de gestion et du phasage des travaux. Il a ainsi été décidé de répartir les travaux sur 2 années (2026 et 2027) en limitant les travaux en 2026 au traitement de points prioritaires qui permettront de valider l'efficacité des mesures envisagées. Cette précaution est issue du retour d'expérience sur le site d'Abbaretz qui montre que des tests sont nécessaires au regard du comportement mécanique particulier des résidus de traitement.

- l'ensemble de ces travaux a pour objectif de limiter le départ de résidus vers l'extérieur du site et ainsi d'assurer la pérennité du chemin de randonnée entourant le site et de limiter l'export de particules vers les fossés ceinturant le site.

- en 2025, la maîtrise d'œuvre a été relancée après un arrêt d'un an pour raison financière, avec pour objectif la réalisation de la phase PRO.

Ces solutions proposées reposent sur une combinaison de mesures :

- végétalisation ;
- pose d'enrochement ;
- mise en place de fascines ;
- mises en place de fascines.

4.2. CONCESSION MINIÈRE DE MONTJEAN (49)

4.2.1. Contexte minier

À Montjean-sur-Loire, l'extraction de charbon remonte à l'Ancien Régime, en parallèle d'une importante activité batelière sur la Loire. Cette exploitation s'est structurée et modernisée dès le XVIII^e siècle, avec l'identification d'une dizaine de veines exploitables. Ces couches de charbon présentaient des épaisseurs moyennes comprises entre 0,4 m et 1,5 m, pouvant localement atteindre jusqu'à 7 m de puissance. Elles étaient orientées selon des axes est-ouest ou sud-est/nord-ouest, avec un pendage marqué de 40° à 70° vers le nord, entre les secteurs de La Garenne à l'est et La Corvée à l'ouest.

La concession minière de Montjean a été officiellement accordée le 23 juin 1806. Elle s'étendait initialement sur plus de 10 km², avec des extensions successives en 1846 et 1906, puis une réduction de périmètre en 1911. On estime que près de 500 000 tonnes de charbon y ont été extraites entre 1750 et 1892.

4.2.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux de mise en sécurité

La DREAL Pays de Loire a missionné l'UTAM Centre-Ouest le 17 mars 2025 pour réaliser les travaux de mise en sécurité d'un désordre signalé sur la place de l'église de la commune de Montjean-sur-Loire.

Il s'agissait d'un affaissement correspondant à la réouverture partielle du forage de reconnaissance 3a-SD1, réalisé en 2015 dans le cadre d'une étude de risques menée par GEODERIS. Ce forage avait recoupé une cavité remblayée à environ 14 m de profondeur et avait été rebouché à l'époque par un comblement au tout-venant, avec une rustine cimentaire en tête. Le tassement observé résulte d'un glissement progressif des matériaux de remblai à l'intérieur de la colonne du forage. Les travaux, consistant en la réalisation d'un bouchon en béton et la réfection de la chaussée, ont été réalisés le 16 avril 2025.

La réception complète des travaux a été prononcée le 16 avril 2025.



Figure 5 : Montjean-sur-Loire, vue du désordre après travaux.

4.3. CONCESSION MINIÈRE DE LA BELLIERE (49)

4.3.1. Contexte minier

Le gisement d'or de Saint-Pierre-Montlimart est situé sur la commune de Montrevault-sur-Èvre, à environ 40 km au sud-ouest d'Angers dans le département du Maine-et-Loire.

L'or était connu dans le secteur depuis l'antiquité, mais c'est la première moitié du XX^e siècle qui a été le témoin d'une véritable exploitation industrielle. De 1905 à 1952, quelque 10 400 kg d'or et 1000 kg d'argent ont été extraits de la mine d'or de La Bellière, issus de 1,5 millions de tonnes de minerai provenant de 30 km de galeries.

4.3.2. Saint-Pierre-Montlimart - La Bellière (49) – Surveillance du site des lagunes

Depuis le 1^{er} janvier 2023, la station de traitement des eaux de La Bellière est une installation hydraulique de sécurité relevant de l'article L. 163-11 du code minier et devant être gérée par le BRGM/DPSM.

La surveillance du site comprend :

- trimestriellement, une surveillance visuelle pour vérifier l'état des ouvrages (lagune, chenal, clôture, point de rejet, etc.) et mesurer le débit de l'émergence ;
- semestriellement, une surveillance chimique qui comprend 6 points de suivi : 4 sur la station et 2 sur le milieu récepteur (Cours d'eau de La Bellière ; Figure 6). Cette surveillance comprend la mesure en tous les points :
 - des paramètres physicochimiques ;
 - des sulfates ;
 - de l'arsenic, le fer et le manganèse, total et dissous.

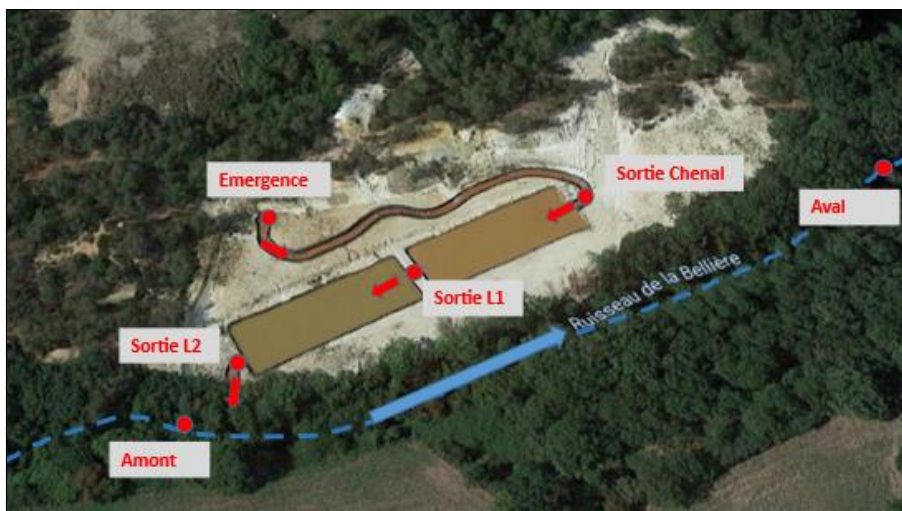


Figure 6 : Emplacement des points de prélèvement pour le suivi 2025.

Les résultats de 2025 pour la surveillance chimique sont synthétisés ci-dessous.

Concernant les débits :

- le débit moyen de l'émergence est d'environ 20,6 m³/h ;
- le débit moyen en sortie de station est de 21,5 m³/h ;
- le débit du cours d'eau récepteur est en moyenne de 471,6 m³/h.

En février 2025, un capteur enregistreur de niveau de type IJINUS LNR06 a été installé au niveau du déversoir en sortie de la lagune 2 et un autre capteur de niveau par ultrasons LNU06V4 a également été installé au niveau du cours d'eau de la Bellière, à proximité du point de suivi amont. Une fois les courbes de tarage établies, ces capteurs permettront d'assurer un suivi en continu de la hauteur d'eau et de mieux appréhender la réactivité hydraulique du site en cas d'épisode de forte pluviométrie.

Concernant la chimie des eaux, pour l'arsenic :

- au niveau de l'émergence (en entrée de station), la concentration moyenne en arsenic total est de 865 µg/L et la concentration moyenne en arsenic dissous est de 751 µg/L. Les concentrations moyennes en arsenic total et en arsenic dissous sont un peu plus faibles que celles de la période 2017 – 2024 (946 µg/L et 856 respectivement) ;
- en sortie de lagune 2 (sortie de station), la concentration en arsenic total est en moyenne de 173 µg/L avec une importante variation entre hautes eaux et basses eaux (260 et 86 µg/L respectivement). La concentration moyenne en arsenic dissous est de 40 µg/L. Ces résultats sont dans la gamme de ceux observés au cours de la période 2017 – 2024 (161 µg/L et 50 µg/L en moyenne respectivement en total et en dissous) ;
- dans le cours d'eau de la Bellière, les concentrations moyennes en arsenic total et dissous en amont du rejet de la station sont d'environ 7,5 µg/L et 4,6 µg/L tandis que les concentrations moyennes en aval sont d'environ 37 µg/L en total et 28 µg/L en dissous. Les valeurs moyennes en aval sont inférieures à celles de la période 2017 – 2024 (60 µg/L pour l'arsenic total et 44 µg/L pour l'arsenic dissous en moyenne).

L'objectif de traitement de 100 µg/L en sortie de station est donc atteint en arsenic dissous (40 µg/L) mais pas en arsenic total (173 µg/L).

Les abattements sont :

- d'environ 80 % pour l'arsenic total et de 95 % pour l'arsenic dissous ;
- d'environ 82 % pour le fer total et de 100 % pour le fer dissous ;
- d'environ 41 % pour le manganèse total et de 42 % pour le manganèse dissous.

Cela témoigne globalement d'un fonctionnement acceptable au regard du traitement passif utilisé.

À noter que l'impact observé sur le cours d'eau en arsenic total entre l'aval et l'amont en flux annuel (129 kg/an) est supérieur au flux sortant de la station (32 kg/an). D'autres sources d'arsenic, extérieures à la station, sont donc actives sur site (échange nappe-rivière, lessivage des résidus en place, *etc.*).

Les constats et actions pour la surveillance 2025 du site sont synthétisés ci-dessous.

Les inspections visuelles de la végétation ainsi que le suivi des dispositifs de lutte contre l'érosion (boudins coco, fascines, *etc.*) montrent une couverture végétale satisfaisante du substrat et l'absence de figures d'érosion significatives, traduisant l'atteinte des objectifs de stabilisation du site (Cf. Figure 7).



Figure 7 : Vue des lagunes en mars 2025.

En 2025, il a été mené les actions suivantes :

- des opérations d'entretien de la végétation ;
- l'aménagement des accès aux points de prélèvement ;
- la mise en service d'un pluviomètre et d'un débitmètre avec télétransmission en sortie de lagunes.

En 2026, les actions suivantes seront menées :

- des opérations d'entretien de la végétation ;
- des opérations de calibration des débitmètres ;

- l'évacuation des boues issues du curage de 2021 de l'alvéole de stockage temporaire ;
- le curage des lagunes et l'entreposage des boues, pour ressuyage, dans l'alvéole conçue à cet effet.

4.4. CONCESSION MINIÈRE DE CHAZÉ-HENRY (49)

4.4.1. Contexte minier

Les anciennes mines de fer de Chazé-Henry se situent sur la commune d'Ombree-d'Anjou, à 50 km au nord-ouest d'Angers, en limite du département du Maine-et-Loire.

Suite aux découvertes de fer dans la région de Segré, une exploitation souterraine débuta après la première guerre mondiale. La mine fut fermée en 1963.

4.4.2. Équipements de prévention, de surveillance et de sécurité

a) *Principes de la surveillance*

L'objet de la surveillance est une cavité sous-jacente à une habitation située à proximité de l'ancien carreau de mine et au centre de la zone d'aléa fort « effondrement localisé » délimitée par GEODERIS.

L'inspection de la cavité se fait par auscultation laser et vidéo au travers de deux forages. Le marché d'auscultation laser et vidéo a été renouvelé en 2023 pour une durée de 4 ans.

Le suivi de l'évolution des fissures de l'habitation était effectué, jusqu'en juillet 2023, à l'aide de six fissuromètres de type G1 fixés sur certains murs. Après chaque campagne d'acquisition, les mesures et observations étaient comparées à celles des campagnes précédentes. Depuis cette date, le suivi de l'évolution des fissures est réalisé à l'aide de capteurs automatiques, constitués d'extensomètres et de boîtiers de télétransmission, dont les données sont collectées en continu sur une plateforme.



Figure 8 : Capteur de suivi n° 0A002821 sur fissure n° 1.

b) Observations

Concernant la cavité, la surveillance de 2025 n'a mis en évidence aucune évolution depuis 2024. Aucune chute de blocs n'a été observée tant au niveau des parements qu'au niveau des couronnes.

Aucune évolution notable des fissures n'a été constatée en 2025. Les données enregistrées par ces capteurs ont tendance à indiquer que les fissures se referment. Le compte-rendu de l'UTAM Centre-Ouest du 17 octobre 2023 rappelait que l'habitation était située à la limite de l'exposition moyenne au retrait gonflement des argiles et qu'un mouvement différentiel des sols au droit de l'habitation dû à ce phénomène ne pouvait être exclu.

À noter qu'une casquette a été installée en 2025 au-dessus du capteur de la fissure n° 3 afin de le protéger des intempéries.

4.5. CONCESSION MINIÈRE DE LA LUCETTE, LE GENEST SAINT ISLE (53)

4.5.1. Contexte minier

Le secteur minier de La Lucette est uniquement constitué du titre minier éponyme. Il est situé dans le département de la Mayenne (53) à environ 10 km à l'Ouest de Laval. Il couvre une superficie de 841 ha et s'étend sur les communes du Genest-Saint-Isle, Saint-Berthevin et Olivet.

La mine a été exploitée de 1904 à 1934, avec une interruption pendant la première guerre mondiale.

Entre 1904 et 1934, la production totale est estimée à :

- 8700 kg d'or ;
- 42 000 t d'antimoine produit à partir de minerai issu de la mine du Genest.

Au total, 6 puits (Minot, Georges, Sainte-Barbe, Portier et 2 puits auxiliaires) ont été foncés pour desservir les galeries d'exploitation. Les techniques employées pour l'abattage ont évolué au cours du temps : méthode des gradins droits, puis des gradins renversés puis, à partir des années 1920, méthode par tranches montantes remblayées. Les minerais ainsi extraits dans les galeries étaient transportés par wagonnets vers le puits puis acheminés vers les unités de traitement.

Les minerais d'or étaient broyés puis amalgamés au mercure et enfin concentrés sur des tables à secousses.

Les minerais d'antimoine étaient traités par procédés thermiques : traitement par liquidation, procédé par précipitation ou procédé par grillage volatilisant.

Les stériles d'extraction et les résidus de traitement ont été stockés dans les zones nord et centrale du site. La zone nord comprend également une ancienne décharge, ayant accueilli des déchets de démolition, des ordures ménagères et des résidus de fonderie. Cette ancienne décharge a fait l'objet d'un confinement par couverture imperméable en 2003 (Cf. point 7 sur Figure 9).

Le site est la propriété d'une société privée. Les trois dépôts recensés dans la partie Nord (53_0011_a_t1 à t3) n'ont pas fait l'objet de travaux de réhabilitation car aucun risque les concernant n'avait été identifié par l'exploitant dans le cadre de son dossier d'arrêt des travaux miniers (dépôts compacts et couverts par de la végétation).

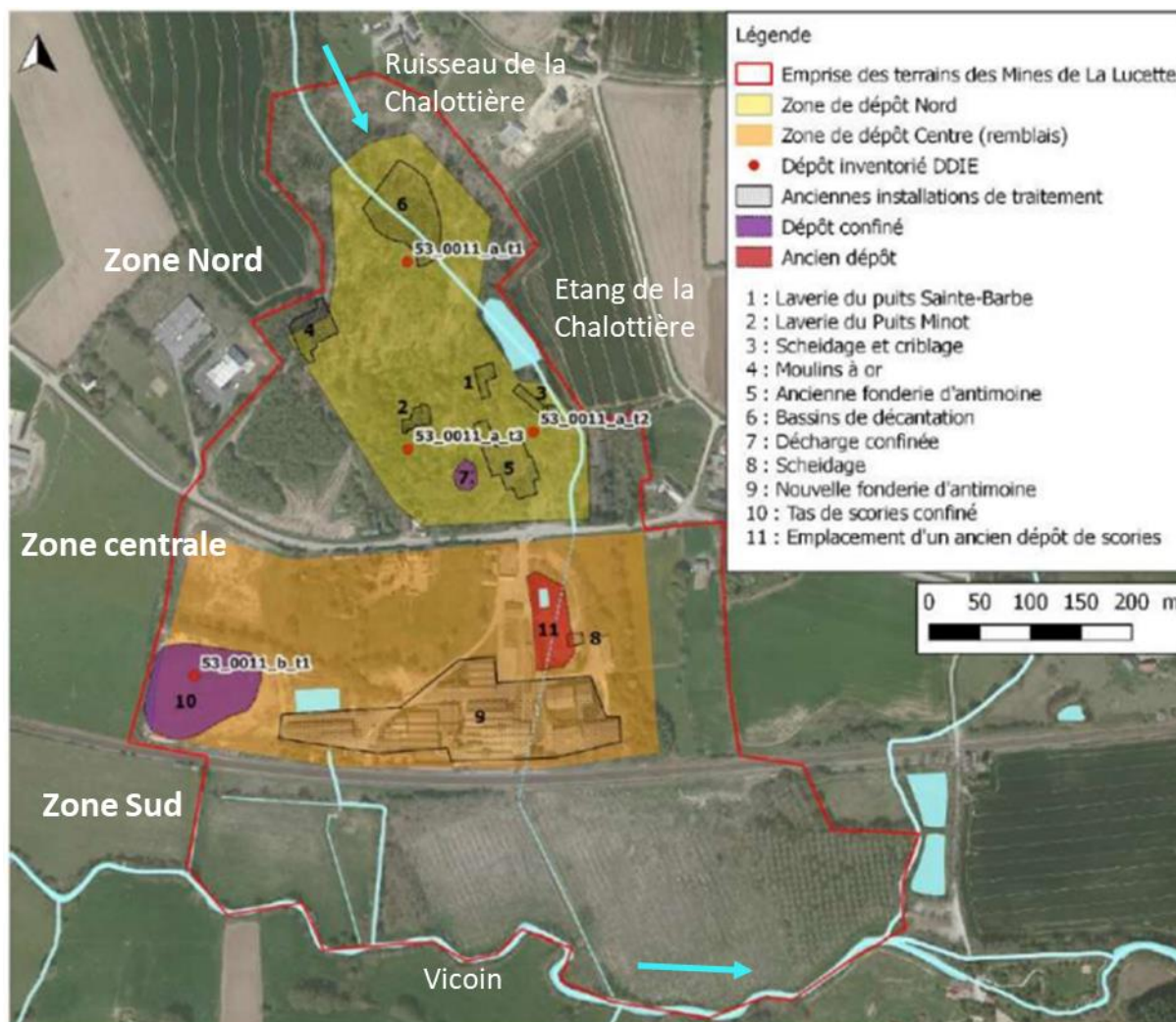


Figure 9 : Plan de recollement du site sur fond orthophotographique (modifié d'après GEODERIS, 2020).

4.5.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée de travaux de mise en sécurité

Les travaux de GEODERIS (2020) ont mis en évidence des départs de résidus vers le cours d'eau le Vicoin.

Par courriel en date du 17 juillet 2023, la DREAL Pays-de-Loire a saisi le BRGM/DPSM pour réaliser des investigations préliminaires complémentaires, et préciser et chiffrer les scénarios possibles pour limiter voire stopper le sapage des résidus de la zone dite « Nord ».

Le BRGM/DPSM a produit en 2023 une note de programmation afin de définir le programme des études à réaliser préalablement aux travaux, identifier les solutions pertinentes et chiffrer les coûts relatifs à ces études.

En 2025, le cahier des charges pour la consultation de bureaux d'études afin de réaliser une mission d'études en vue de travaux destinés à limiter ou stopper le phénomène de sapage des dépôts et l'entraînement des résidus vers les eaux du ruisseau de la Chalottière a été établi.

Cette mission comprend :

- la réalisation d'investigations (diagnostic), afin de mieux définir le régime hydraulique du cours d'eau, élément indispensable au dimensionnement des solutions, et de comprendre et quantifier la mobilisation des résidus, leur emport et leur dépôt.
- l'identification de différents scénarios de gestion, leur chiffrage et la réalisation d'un bilan cout-avantage des solutions identifiées (AVP) devant mener au choix d'une technique (PRO).

À la suite d'une consultation publique et après accord de la DREAL Pays de Loire, la mission d'études a été attribuée le 26 août 2025. La fin de l'étude est prévue pour février 2027.

4.6. CONCESSION MINIÈRE DE LA BAZOUGE DE CHÉMÉRÉ (53)

4.6.1. Contexte minier

La concession de la Bazouge-de-Chéméré a été instituée par ordonnance royale du 6 septembre 1825. Toutefois, dès 1805, des indices de charbon ont été identifiés dans les champs et quelques puits ont été creusés notamment près des affleurements.

L'exploitation de charbon se faisait par puits qui étaient souvent doublés de descenderies réservées au personnel et leur approfondissement s'effectuait en sous-stot de manière à ne pas gêner l'extraction aux niveaux supérieurs. À partir des puits, des galeries en direction étaient creusées et certaines finissaient par se rejoindre.

L'exploitation a été abandonnée en début 1928. La production totale sur la concession est estimée à un peu plus de 1 500 000 tonnes.

4.6.2. Maîtrise d'ouvrage déléguée de travaux de mise en sécurité

Le 28 février 2025, la DREAL Pays de Loire a saisi BRGM/DPSM pour la réalisation des travaux de mise en sécurité d'un effondrement d'origine minière survenu dans un pré au lieu-dit « le Bas Feuchaud » sur la commune de la Bazouge de Chéméré.

Le désordre, *a priori* un ancien puits ayant débourré, est matérialisé par une dépression d'environ 2 m de diamètre et 15 m de profondeur et 2 m de profondeur remplie de déchets divers.

En 2025, le BRGM/DPSM a réalisé une visite de site, produit le cahier des charges pour les travaux de mise en sécurité et consulté plusieurs entreprises locales. Cette consultation n'a pas abouti, les entreprises locales n'ayant pas manifesté leur intérêt. La consultation sera reconduite en 2026 en élargissant le périmètre de recherche d'entreprises compétentes.

5. Études et programmes transverses

5.1. PHYTOSTABILISATION DES ANCIENS SITES MINIER

En 2020, deux parcelles pilotes ont été mises en place sur le site d'Abbaretz (44) afin d'étudier la faisabilité de solutions fondées sur la nature de type phytostabilisation. En 2025, le suivi des parcelles a été poursuivi afin de capitaliser le retour d'expérience et apporter des éléments pour une mise en œuvre à l'échelle du site. Comme les années précédentes, la végétation présente un taux de couvert végétal important (79 % sur la parcelle du terril tabulaire et 100 % sur la parcelle proche du drainage minier acide).

Une forte croissance des ligneux (genêts, saules, bouleaux) a été encore remarquée cette année, notamment au niveau de la parcelle proche du drainage minier. Cette parcelle devient difficilement accessible (Cf. Figure 10) en raison de la densité de la végétation, de plus, la végétation s'est nettement développée sur le pourtour de la parcelle. Ceci montre que l'îlot de végétation créé semble capable de coloniser des zones nues alentours.

La parcelle du terril tabulaire, située en sommet de talus (fortement exposée au soleil et au vent), avait nettement souffert de la sécheresse de 2023, ce qui pouvait être mis en évidence par une diminution des biomasses végétales aériennes (Cf. Figure 11, à gauche). En 2025, les biomasses ont nettement dépassé les valeurs d'avant l'épisode de 2023. Ceci peut être interprété comme un signe de résilience du couvert végétal. Au niveau des herbacées, la diversité végétale reste importante avec 9 espèces identifiées. Les concentrations en arsenic dans les biomasses aériennes sont inférieures à 10 mg/kg, indiquant que les végétaux ont tendance à ne pas accumuler l'arsenic, ce qui confirme le caractère phyto-excluant des plantes et permet d'éviter les transferts vers la biosphère. Le taux de matière organique dans les sols reste supérieur ou égale à 2 % ce qui est un gage de pérennité pour la solution.

Au cours du suivi, aucune trace d'érosion n'a été notée sur les deux parcelles : les végétaux semblent à même de stabiliser le substrat contre l'érosion. Sur la parcelle du terril tabulaire, les mesures de variations de hauteur de sols sur la période 2020 – 2025, effectuées à l'aide de repères (protocole BRGM) montrent une perte de sols sur les résidus nus autour des parcelles et, au contraire, une augmentation de l'épaisseur de sols sur les parcelles (interprétée comme la création d'une litière organique et la décompaction du sol) (Cf. Figure 11, à droite).



Figure 10 : Parcelle pilote de phytostabilisation sur Abbaretz, proche de la zone du drainage minier acide (à gauche lors du semis en 2020, à droite en 2025).

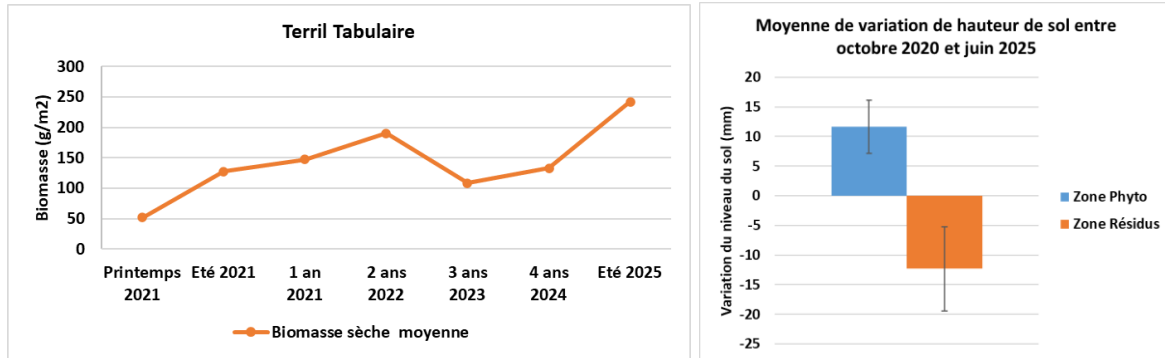


Figure 11 : Parcelle pilote de phytostabilisation sur le terri tabulaire d'Abbaretz. À gauche, évolution de la biomasse végétale. À droite, variation des hauteurs de sols dans la parcelle et sur les résidus alentours.

5.2. GESTION DES DÉPÔTS DE RÉSIDUS MINIERs

Sur les sites miniers, l'emport de matériaux est un phénomène important. Pour l'estimer, on réalise des prélèvements ponctuels et des analyses de sédiments en essayant de viser les sédiments récents (les premiers mm). Ces prélèvements ne sont pas toujours aisés (absence de sédiments, sédiments sous eau, etc.). Cette action vise à évaluer l'opportunité de recourir à des pièges à particules en remplacement de prélèvement de sédiments. Elle a été menée sur les sites de Montrevault-sur-Èvre (49) et d'Abbaretz (44).

Les moyens mis en œuvre sont :

- la mise en place de pièges à sédiments sur certains sites en parallèle de leur surveillance ;
- des analyses chimiques et minéralogiques, avec pour objectifs :
 - de caractériser la chimie des particules (charge en polluant),
 - de caractériser la minéralogie des particules (chimie globale, observations au microscope, DRX⁷).

Les pièges à particules permettent de capter les particules en suspension dans l'eau, ils n'ont donc pas la capacité à intercepter les particules plus grossières qui vont plutôt migrer par saltation en fond de cours d'eau.

Les signatures en proportions d'oxyde de silice et d'aluminium (Cf. Figure 12) montrent que :

- pour les particules des pièges les signatures sont quasiment identiques entre amont et aval et selon les campagnes ;
- pour les sédiments prélevés, entre l'amont et l'aval, on constate un appauvrissement en Al et un enrichissement en Si et des sédiments plus riches en mns qu'en juillet.

La répartition des différents oxydes (en données normalisées) indique que les sédiments prélevés en mars 2025 ont une signature géochimique différente de tous les autres échantillons (pièges et sédiments). Ceci pourrait être liée à l'incorporation au prélèvement de sédiments de fond plus gossiers non présents dans le prélèvement d'octobre ni dans les pièges.

Les résultats sur les éléments traces montrent que les concentrations en As et Cd sont plus importantes dans les sédiments que dans les particules interceptées par les pièges.

⁷ DRX : méthode d'analyse chimique par diffraction aux rayons X.

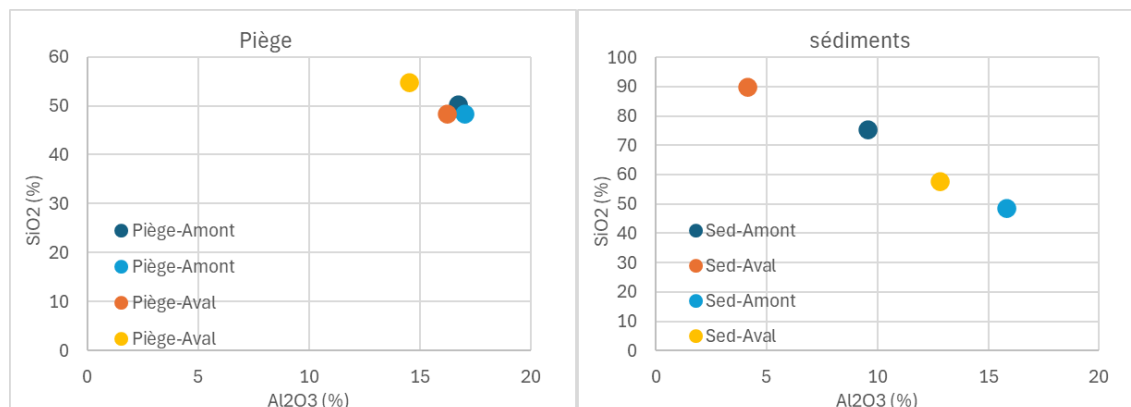


Figure 12 : Teneurs en % en SiO2 et Al2O3 pour les pièges à gauche et les sédiments à droite en mars et juillet 2025 – site de Saint-Pierre Montlimart.

Ces résultats devront être confirmés sur d'autres campagnes et d'autres sites.

À noter que le déploiement des pièges à particules demande plus d'aller-retour sur le terrain et qu'ils sont sensibles au vandalisme et à de possible emports en cas de crue importante.

Sur les sites miniers, outre les emports de matériaux, les polluants en phase dissoute peuvent aussi affecter les eaux superficielles. Dans le cadre de la directive cadre sur l'eau (DCE), au-delà des concentrations, ce sont les flux acceptables par le mieux récepteur qui sont à considérer. Or, pour estimer les flux de polluants, il faut disposer de données de concentration mais aussi de données de débit.

En absence de station hydrométrique sur beaucoup des sites miniers suivi à la DPSM, il est donc nécessaire d'acquérir ces données par des mesures de terrain. Cependant, la configuration des cours d'eau en bordures de sites miniers fait que la méthode par jaugeage n'est pas toujours applicable (cours d'eau avec une lame d'eau peu épaisse, absence de section droite, etc.).

Par ailleurs, si l'incertitude analytique est bien définie, celle associée à la mesure des débits est souvent moins bien connue. Or les deux sont indispensables pour définir l'incertitude associée aux calculs de flux.

Il s'agit ici de mettre en œuvre plusieurs méthodes de mesures de débits pour répondre aux contraintes des sites et, pour les sites où c'est possible, de comparer les différentes méthodes.

Pour cette action, des campagnes de mesures de débit, avec plusieurs méthodes, ont été conduites sur différents sites :

- jaugeage avec un courantomètre électromagnétique ou un micro-moulinet à hélice ;
- traçages au sel (Dirac ou plateau) ;
- mesure volumétrique ;
- méthode de la section mouillée.

L'objectif est de dégager des recommandations pour la mesure des débits des cours d'eau bordant les sites suivis par le BRGM/DPSM.

6. Gestion de l'information technique

Le BRGM/DPSM a pour mission 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, BDLT).

À cette fin, le BRGM/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 de 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 de 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. En 2022, les données de la base Auressia ont été transférées vers une solution PMB, mieux adaptée et plus ergonomique ;
- 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 32413 demandes concernant le territoire national en 2025. Toutefois, aucune d'entre elles ne concernait la région Pays de la Loire.

7. Conclusions et perspectives

7.1. BILAN 2025

7.1.1. Travaux et études de mise en sécurité d'anciens sites miniers

Concernant le site du Bois Vert à Abbaretz (44), plusieurs travaux ont été réalisés en 2025 :

- gestion des eaux acides :
 - le suivi d'un pilote de traitement,
 - l'acquisition semestrielle de données relatives aux eaux superficielles et souterraines,
 - la finalisation de l'étude hydrogéologique complémentaire ;
- gestion de l'érosion :
 - la pose d'enrochements en pieds de ravines pour limiter l'érosion,
 - curage et confortement de la lagune nord-estn
 - la poursuite des études de conception pour la phytostabilisation du site.

Pour ce qui concerne l'ancienne concession de Montjean (49), des travaux de mise en sécurité d'un désordre sous chaussée d'origine minière ont été réalisés en 2025.

Pour ce qui concerne la mine de La Lucette au Genest-Saint-Isle (53), le BRGM a initié en 2025 le diagnostic et les études (diagnostic, AVP et PRO) préparatoires à d'éventuels travaux.

Enfin, pour ce qui concerne le fontis de la Bazouge-de-Chéméré (53), le BRGM a procédé en 2025 à une consultation d'entreprises locales qui n'ont pas répondu favorablement. Cette consultation sera reconduite en 2026, avec un périmètre de recherche élargi.

7.1.2. Surveillance d'anciens sites miniers

Au niveau de la cavité sous habitation surveillée à Chazé-Henri (49), les relevés 3D réalisés en 2025 ne montrent aucune évolution de celle-ci. De même, aucune évolution des fissures suivies sur l'habitation n'a été notée en 2025.

Depuis le 1^{er} janvier 2023, la station de traitement des eaux de La Bellière (49) est une installation hydraulique de sécurité (IHS) relevant de l'article L. 163-11 du code minier et devant être gérée par le BRGM/DPSM. En 2025, la surveillance chimique du site a montré que les paramètres mesurés sur la station sont globalement du même ordre de grandeur que lors de la période 2017 – 2024. L'objectif de traitement de 100 µg/L en sortie de station est atteint en arsenic dissous (40 µg/L) mais pas en arsenic total (173 µg/L), avec des abattements respectifs d'environ 80 % pour l'arsenic total et d'environ 95 % pour l'arsenic dissous.

7.1.3. Études

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 2025 et a montré un bon développement de la végétation sur les deux parcelles et bonne stabilisation du substrat.

En 2025, des tests visant à évaluer l'apport du suivi des particules en suspension dans les cours d'eau pour estimer les emports depuis les sites miniers ont été réalisés notamment sur le site de Montrevault-sur-Èvre (49). Les premiers tests montrent que la fraction fine piégée est différente des sédiments selon les campagnes.

Enfin des tests, dans le but de définir le choix de la meilleure méthode de détermination des débits à déployer selon la conformation des cours d'eau et les incertitudes associées à chaque type de méthode, ont été menés sur les sites de Montrevault-sur-Èvre (49) et d'Abbaretz (44).

7.2. PERSPECTIVES

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

En 2026, il est envisagé de poursuivre les actions suivantes sur le site du Bois Vert à Abbaretz (44) :

- gestion des eaux du drainage minier acide :
 - poursuivre le suivi du pilote de traitement passif de type substrat alcalin dispersé de taille intermédiaire,
 - poursuivre l'acquisition semestrielle de données relatives à la qualité des milieux ;
- gestion de l'érosion :
 - reprise d'un défaut sur les rideaux de palplanches mis en place à l'automne 2025 au niveau de la lagune nord-est,
 - publication et attribution du marché pour les travaux de gestion globale de l'érosion à l'échelle du site et réalisation des premiers travaux à l'automne.

Concernant le secteur minier de La Lucette (53), l'année 2026 sera consacrée à la poursuite du diagnostic du site et à la réalisation de phase AVP. La phase PRO sera réalisée en 2027.

7.2.2. Surveillance d'anciens sites miniers

Concernant la surveillance de la cavité au droit d'une habitation à Chazé-Henry (49), la surveillance sera poursuivie en 2026 selon les mêmes modalités qu'en 2025.

Concernant l'IHS de la Bellière (49), il est prévu en 2026 :

- La surveillance chimique semestrielles du site ;
- La surveillance trimestrielle du site et la mesure du débit de l'émergence ;
- Le curage des lagunes ;
- Des opérations d'entretien de la végétation.

7.2.3. Études

L'étude concernant la phytostabilisation sur le site d'Abbaretz (44) sera prolongé en 2026.

En 2026, les tests, visant à évaluer l'apport du suivi des particules en suspensions pour estimer les emports depuis les sites miniers, seront poursuivis sur Montrevault-sur-Èvre (49) et intégreront aussi le site de Genest-Saint-Isle (53) et de Budelière (23).

- de même les tests de différentes méthodes de mesures de débit seront poursuivis en 2026.

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 : Direction 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 de DPSM

Annexe 2

Indicateur de performance

L'indicateur de performance du BRGM/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 2025.

Année	Écart devis / montant final travaux
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 %
2022	-1,48 %
2023	-0,95 %
2024	-10,39 %
2025	+0,3 %

Pour la région Pays de la Loire : une opération de travaux a été réceptionnée en 2025.

Lieu - objet des travaux	Coût (€ TTC)	Devis (€ TTC)	Écart devis / montant final travaux	Convention	Date réception
Montjean-sur-Loire (49) – Travaux de fermeture du forage 3a-SD1	2 181	3 553	-38,6 %	2014	25/04/2025



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

**Département Prévention et Sécurité Minière
Unité Territoriale Après-Mines Centre-Ouest**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 35 43

www.brgm.fr / <https://dpsm.brgm.fr>



Géosciences pour une Terre durable

brgm