

5.7. Mesures de protection des travailleurs	32
5.8. Restrictions d'usage	32
5.9. Suivi des mesures	33
6. Conclusions	34

Table des figures

Figure 1 : localisation de la zone d'étude (source : Géoportail).....	9
Figure 2 : localisation de la zone d'étude sur fond de photographie aérienne et de plan cadastral (source : Géoportail)	10
Figure 3 : plan topographique de la zone d'étude (source : CAE).....	10
Figure 4 : plan du projet d'aménagement.....	12
Figure 5 : coupe du projet – partie en béton armée du chenal	12
Figure 6 : plan de synthèse des sources de pollution identifiées sur le site	16
Figure 6 : Schéma conceptuel prenant en compte le projet.....	18
Figure 8 : répartition des teneurs en mercure en fonction des échantillons.....	20
Figure 9 : fréquence cumulée des concentrations en Hg (mg/kg MS) – intervalle de 0,5 mg/kg MS...	20
Figure 10 : localisation de la zone de pollution concentrée et des zones anomaliques – état existant et projeté	22
Figure 11 : schéma de principe de recouvrement pérenne des terres (source : SelecDépol)	24
Figure 12 : schéma de principe de l'excavation pour des sols situés à faible profondeur et hors nappe (source : BRGM)	25
Figure 13 : plan de maillage et d'orientation des terres – état existant.....	28
Figure 14 : plan de maillage et d'orientation des terres – état projeté.....	29

Table des tableaux

Tableau 1 : distribution des concentrations sols - Gammes de teneurs en mg/kg MS.....	19
Tableau 2 : différentes techniques de réhabilitation	23
Tableau 3 : estimations des volumes et des surcoûts.....	26
Tableau 4 : bilan coûts-avantages pour un usage de loisirs.....	31
Tableau 5 : dispositions d'aménagement à respecter	35

Table des annexes

Annexe I :	Abréviations
Annexe II :	Méthodologie du Plan de Gestion
Annexe III :	Synthèse des résultats des investigations réalisées sur le site

Résumé non technique

Dans le cadre de l'opération d'aménagement d'un stade d'eaux vives sur la commune d'Epinal (88), la Communauté d'Agglomération d'Epinal (CAE) a mandaté Antea Group pour la réalisation d'un Plan de Gestion du site, dans l'objectif d'étudier la compatibilité du type d'aménagement envisagé (stade d'eaux vives et parc public) avec la qualité des milieux observée au droit du site, objet du présent rapport.

Les enjeux du site sont liés à un impact des sols en métaux lourds nécessitant l'excavation et l'évacuation en centre de stockage et le confinement (recouvrement) des sols pour rendre le terrain compatible avec l'usage de loisirs projeté sur le plan sanitaire.

Une zone de pollution concentrée a été mise en évidence dans les sols autour du point St01 en ce qui concerne le mercure. Elle représente un volume de terres d'environ 150 m³. En outre, trois zones présentant une anomalie en plomb (teneur en plomb supérieure à 100 mg/kg MS)¹ ont été constatées ponctuellement. Par conséquent, **le Plan de Gestion envisage de traiter la zone de pollution concentrée en mercure d'une part et de supprimer tout contact avec les terres présentant une anomalie en plomb d'autre part.** Le Plan de Gestion est indissociable de l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive (cf. rapport n°A106476 version A, établi par Antea group, en date du 18/09/2020).

Les deux scénarios suivants ont été étudiés dans le Bilan Coût-Avantage² :

- scénario A :
 - excavation de la pollution concentrée et évacuation en filière adaptée (ISDND),
 - excavation des terres au droit du chenal et évacuation des terres dépassant les seuils d'acceptation en ISDI vers une ISDND d'une part et remblaiement des talus du chenal par les terres inertes du site et évacuation du surplus en ISDI d'autre part,
 - décapage de la terre végétale sur 10 cm puis évacuation en ISDND des terres anormales et remise en place des terres saines.
- scénario B :
 - excavation de la pollution concentrée et évacuation en filière adaptée (ISDND),
 - excavation des terres au droit du chenal et remblaiement des talus du chenal au maximum par les terres dépassant les seuils d'acceptation en ISDI. Le surplus est à évacuer en ISDND ou ISDI selon leur qualité chimique,
 - décapage de la terre végétale sur 10 cm puis remblaiement des talus du chenal par les terres anormales et remise en place des terres saines.

Le Bilan Coût-Avantage montre que ces scénarios permettent tous les deux un usage de loisir du site. Le scénario A permet de traiter la source de pollution concentrée en mercure et les zones présentant une anomalie en plomb pour des coûts 50 % plus élevés que ceux du scénario B.

Ces deux scénarios sont donc sélectionnés dans le cadre du présent Plan de Gestion pour des surcoûts³ évalués en première approche à environ 290 à 342 k€ HT pour le scénario A et 196 à 241 k€ HT pour le scénario B. L'un ou l'autre de ces scénarios devra être mis en œuvre dans le cadre de l'aménagement du site.

¹ Valeur correspondant au niveau de vigilance définie par le Haut Conseil de Santé Publique pour une concentration moyenne de 100 mg/kg dans les sols en cas d'exposition potentielle d'enfants par contact direct avec les sols – Cf. avis HCSP, « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion », juin 2014.

² Les excavations devront respecter les CMA prises en compte dans l'ARR.

³ Les surcoûts correspondent au coût complémentaire de gestion (élimination et transport) des terres présentant des critères discriminants par rapport à une évacuation en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI).

En outre, il sera nécessaire de joindre une Attestation de compatibilité au Permis de construire. Cette Attestation sera être établie sur la base des documents de la demande du permis de construire, notamment les pièces techniques qui détailleront le choix des mesures de gestion de la pollution retenu par la CAE parmi les scénarios A ou B.

Quelle que soit la solution mise en œuvre, les mesures de gestion complémentaires suivantes devront être appliquées :

- une gestion adaptée des futurs déblais de construction (réutilisation possible sur site sous certaines conditions) – Cf. détails au § 5.4.2.2,
- mesures de protection des travailleurs – Cf. détails au § 5.7,
- mise en œuvre de servitudes d'utilité publique - Cf. détails au § 5.8,
- contrôle des mesures de gestion - Cf. détails au § 5.9.

Par ailleurs, Antea Group recommande le suivi des travaux d'excavation par un bureau d'étude spécialisé et certifié en Sites et Sols Pollués pour assurer :

- la bonne exécution et/ou le contrôle des mesures de gestion préconisées,
- l'élaboration du rapport de fin de travaux.

1. Contexte et objectif de l'étude

Dans le cadre de l'opération d'aménagement d'un stade d'eaux vives sur la commune d'Epinal (88), la Communauté d'Agglomération d'Epinal (CAE) a mandaté Antea Group pour la réalisation d'un Plan de Gestion du site dans l'objectif d'étudier la compatibilité du type d'aménagement envisagé (stade d'eaux vives et parc public) avec la qualité des milieux observée au droit du site, objet du présent rapport.

Cette étude fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées par Géaupole en septembre 2019⁴ et Antea Group en juillet-août 2020⁵ et s'appuie sur les conclusions de l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) réalisée par Antea group⁶.

⁴ Etude historique, documentaire et de vulnérabilité, référencée C.OR.19.097/C.19.21.085 en date du 09/09/2019 et diagnostic environnemental de la qualité des sols, référencé C.OR.19.097/C.19.21.085 en date du 22/11/2019.

⁵ Diagnostic complémentaire de pollution, référencé A105982 version A en date du 01/09/2020.

⁶ Analyse des Risques Résiduels prédictive, référencée A106476 en date du 15/09/2020.

2. Méthodologie

La méthodologie proposée est établie en référence :

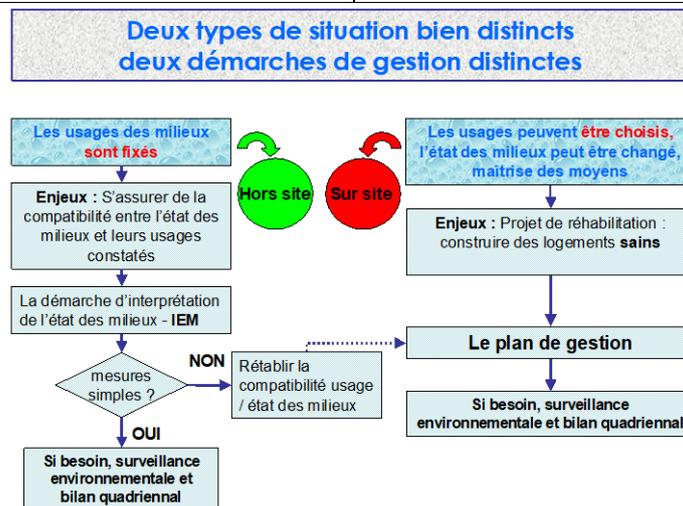
- à la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement,
- aux exigences et préconisations des normes NF X31-620-1 et NF X31-620-2, de décembre 2018 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »,
- aux exigences du référentiel de certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués, révision 5 de juillet 2019.

La mission réalisée par Antea Group intègre la prestation « PG : Plan de gestion ».

Synthèse des démarches de gestion

En application des principes de la politique de gestion des risques suivant l'usage, deux démarches de gestion sont définies pour ce qui concerne les milieux et les sites pollués.

<p>L'interprétation de l'état des milieux (IEM) : il s'agit de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec les usages fixés (constatés). Cette démarche concerne les milieux présents en dehors de toute emprise industrielle ou d'activités de service.</p>	<p>Le plan de gestion est la démarche qui permet d'agir aussi bien sur l'état d'un site (par des aménagements ou des mesures de réhabilitation) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés.</p>
--	--



Ces démarches ne sont pas nécessairement exclusives l'une de l'autre : selon le cas, elles peuvent être mises en œuvre indépendamment l'une de l'autre, simultanément ou successivement. Ces démarches se veulent progressives et réfléchies pour permettre, sur la base d'un schéma conceptuel évolutif, un levé des incertitudes et répondre aux objectifs fixés.

Le détail de la méthodologie est décrit en Annexe II : .

3. Présentation et analyse de l'existant

3.1. Description du site

La zone d'étude est localisée le long du port d'Epinal (88) et occupe une partie de la parcelle cadastrale n°195 section AW, d'une emprise de 24 764 m². A l'heure actuelle, le site correspond principalement à un parc public enherbé, avec un parking en partie sud et une aire de jeux au nord.

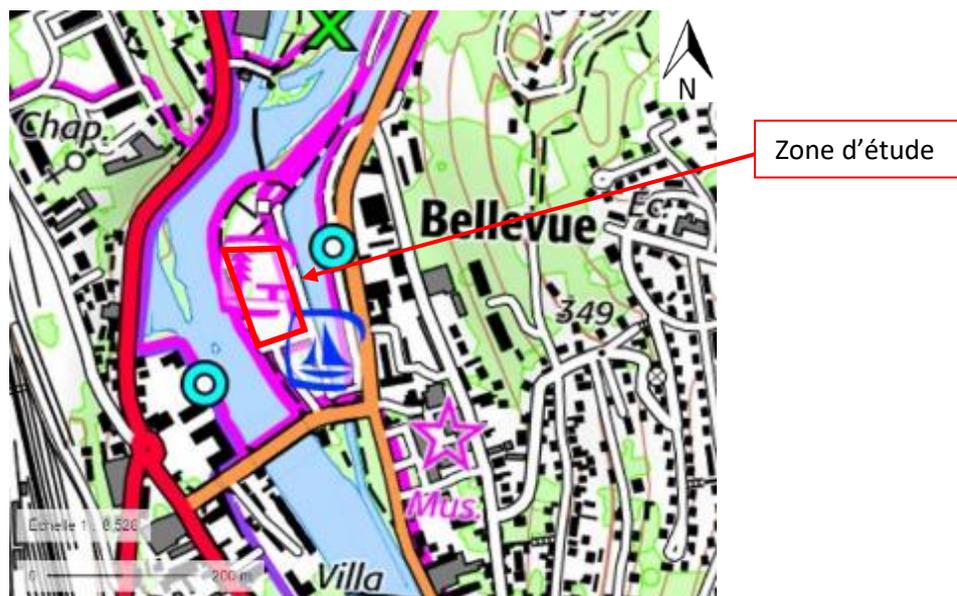


Figure 1 : localisation de la zone d'étude (source : Géoportail)

Le site d'étude s'inscrit dans un environnement urbain et est délimité par :

- la Moselle à l'ouest,
- le canal des Vosges et le port d'Epinal à l'est,
- la continuité du parc public avec des espaces enherbés, une aire de jeux et des voiries au nord,
- un parking et des bâtiments au sud.



Figure 2 : localisation de la zone d'étude sur fond de photographie aérienne et de plan cadastral (source : Géoportail)

Le site étudié est référencé à une altitude moyenne de + 321,5 m NGF, selon le site internet Géoportail. Le terrain présente une légère pente selon l'axe ouest-est : à l'ouest, la cote est à + 322 m NGF et à l'est à + 321 m NGF (cf. Figure 3).

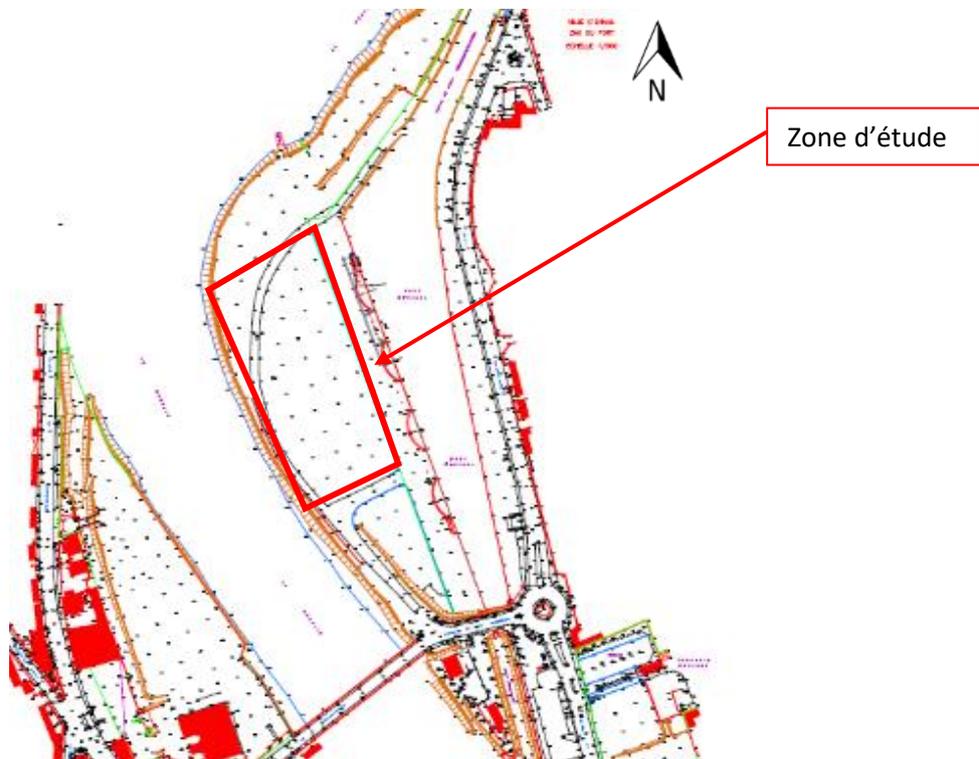


Figure 3 : plan topographique de la zone d'étude (source : CAE)

3.2. Projet d'aménagement envisagé

Selon les informations fournies par la Communauté d'Agglomération d'Epinal (CAE), le site sera réaménagé en stade d'eaux vives avec un local ouvert pour l'entraînement des pompiers (usage ponctuel) et un local technique. L'équipement de 245 m de longueur sera en forme de U où plusieurs disciplines nautiques tels le canoë-kayak, le rafting ou les bouées gonflables sont envisagées. Le terrain sera accessible à tout public tout au long de l'année.

Selon les plans et coupes du projet qui nous ont été communiqués, le projet d'aménagement de stade d'eaux vives comporte la construction de :

- un canal de dérivation de la Moselle avec une rivière d'eau vive en béton armé au nord suivie par une rivière d'eau vive en enrochement au sud,
- trois passerelles,
- une station de pompage,
- un tapis roulant,
- un bâtiment technique,
- une voirie pour les pompiers,
- un accès piétonnier.

La profondeur de décaissement pour la construction de la rivière d'eau vive et la station de pompage varie entre 2 et 5 m, selon l'emplacement.

Il est envisagé de réutiliser une partie des terres excavées. Celles-ci seront mises en place au droit des espaces extérieurs en remblaiement des talus du chenal de la partie en béton armée. Elles seront recouvertes par le revêtement minéralisé du chemin piétonnier lorsqu'il existe.

La terre végétale au droit du projet sera décapée sur l'ensemble du site avant travaux puis réutilisée au droit des futurs espaces verts. Cette hypothèse sera donc prise en compte dans l'étude.

Le plan d'aménagement fourni par la CAE est le suivant (cf. Figure 4 et Figure 5).

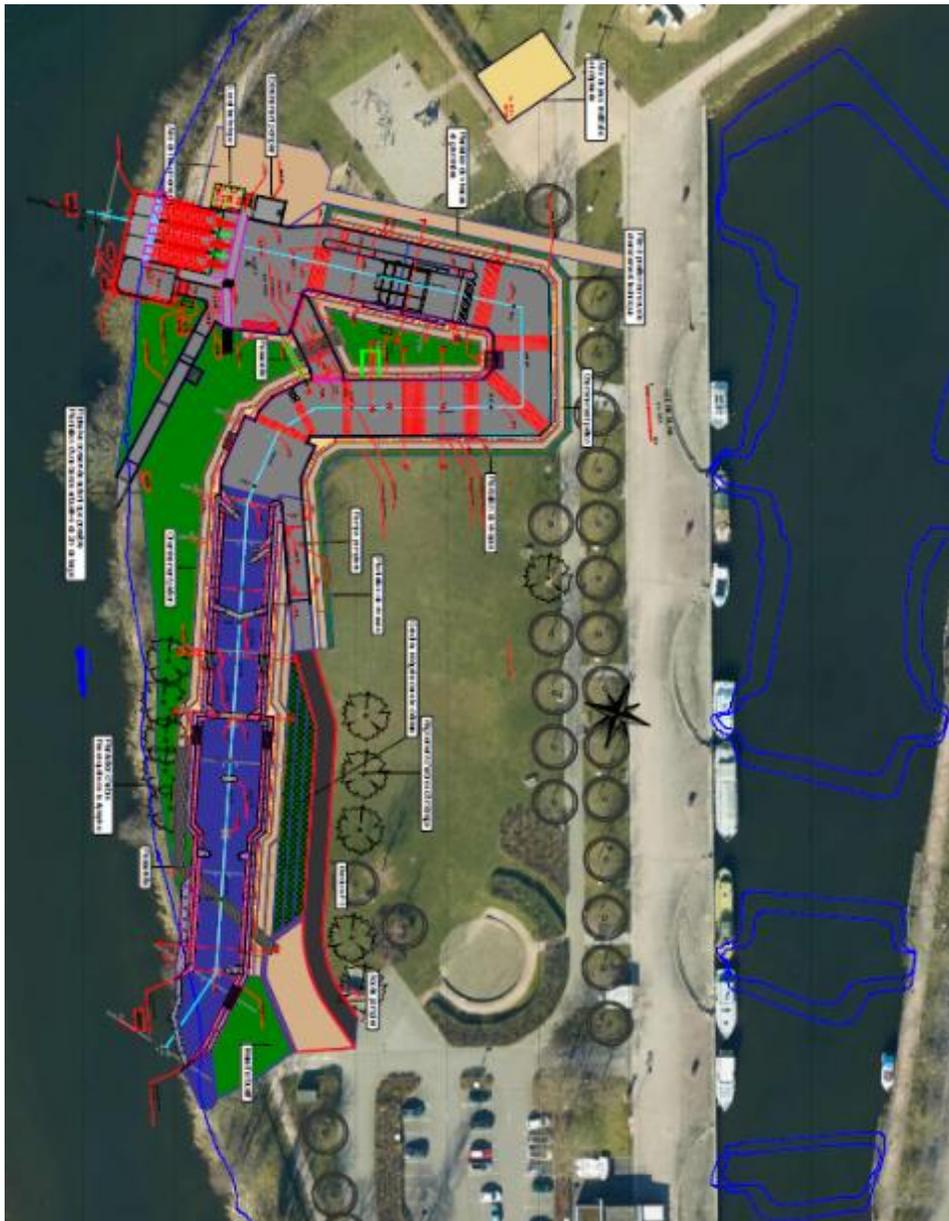


Figure 4 : plan du projet d'aménagement

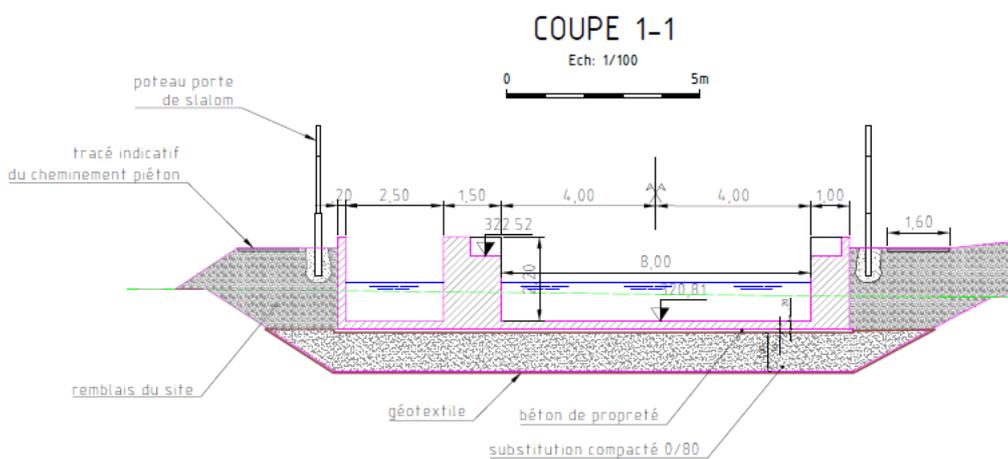


Figure 5 : coupe du projet – partie en béton armée du chenal

3.3. Données consultées

Le terrain étudié a fait l'objet d'études environnementales :

- rapport d'étude historique, documentaire et de vulnérabilité, établi par Géaupole, référencé C.OR.19.097/C.19.21.085 indice A, en date du 06/09/2019,
- rapport de diagnostic environnemental de la qualité des sols, établi par Géaupole, référencé C.OR.19.097/C.19.21.085 indice A, en date du 22/11/2019,
- rapport de diagnostic complémentaire de pollution, établi par Antea Group, référencé A105982, version A, en date du 01/09/2020.

La synthèse de la phase diagnostic est présentée en Annexe III : .

3.4. Contexte environnemental

3.4.1. Contexte géologique

Les phases successives d'investigation ont permis de définir une coupe géologique représentative du site :

- terre végétale sur 0,1 m d'épaisseur,
- remblais sableux et localement argileux brun grisâtre à passages noirâtre avec des graviers et débris divers (briques, béton, scorie, verre, charbon) et localement de la tourbe, jusque vers 1,2 à 2,3 m de profondeur/TN,
- sables et graviers en deçà.

3.4.2. Contexte hydrologique et hydrogéologique

Le site est localisé entre deux bras d'eau (Moselle à l'ouest et canal des Vosges à l'est), donc le risque de transfert d'une éventuelle pollution du site vers les eaux superficielles est élevé.

La première nappe se développe dans les alluvions de la Moselle à une profondeur d'environ 2,5-3 m au droit du site (relevés de septembre 2019). Le sens d'écoulement de la nappe n'a pas été déterminé mais devrait s'orienter vers le nord, voire nord-ouest compte-tenu du contexte hydrogéologique local.

La nappe du grès du Buntsandien moyen est présente en profondeur sous le site et fait l'objet de nombreux captages d'eau dans le secteur d'étude.

Ces nappes sont vulnérables à des pollutions compte tenu de l'absence de formation imperméable sus-jacente.

Le site d'étude est localisé à environ 850 m du captage AEP le plus proche et à 700 m du périmètre de protection rapproché et/ou éloigné du captage AEP qui l'accompagne. Au vu de la profondeur de la nappe, il est peu probable que des puits privés non déclarés se trouvent dans le secteur d'étude.

3.4.3. Occupation des sols

Le site d'étude est bordé :

- au nord, un espace vert avec une aire de jeux pour enfants,
- à l'est, par le canal des Vosges puis par des commerces,
- à l'ouest, par la Moselle puis par des habitations et des commerces,

- au sud, par un parking puis par les bâtiments d'une base nautique.

Le site d'étude se trouve en zone UK (accueil d'activités sportives et de loisirs) d'après le PLU.

3.4.4. Risques naturels

La commune d'Epinal est concernée par les principaux risques suivants :

- inondation : selon le Plan de Prévention du Risque d'Inondation, le site d'étude est situé en zone rouge pour laquelle les constructions nouvelles sont interdites,
- retrait/gonflement des argiles : faible au niveau du site d'étude,
- mouvement de terrain : glissements de terrain sur la commune d'Epinal, mais aucun recensé au droit du site d'étude.

3.5. Contexte historique

Le site a été occupé dès 1923 par des entrepôts liés à des activités portuaires. Entre 1948 et 1991, plusieurs hangars ont été démolis et des plateformes de stockage de camions ont été créées. En 1995, les activités ont été arrêtées et les bâtiments démolis. Depuis le début des années 2000, le terrain est occupé par un parc public.

Le site n'est pas référencé dans les bases de données BASIAS, BASOL et ICPE. En revanche, plusieurs sites industriels sont référencés dans BASIAS, ICPE et/ou BASOL en amont comme en aval hydraulique du site (dépôts de liquides inflammables, station-service, stockage de charbon, sciage et rabotage du bois, entretien et réparation de véhicules automobiles, garages, abattoir, ancienne usine à gaz, stations-services Total en amont proche -200-300 m).

Une activité industrielle non recensée par BASIAS était également présente en limite nord du site, avec des hangars et des stockages visibles sur les photographies aériennes entre 1948 et 1991.

L'analyse des documents et des visites sur site ont permis de mettre en évidence différentes sources potentielles de pollution :

- remblais utilisés dans le cadre de l'aménagement du site, dont l'origine est inconnue et pouvant potentiellement être de mauvaise qualité,
- activités portuaires passées qui ont permis le stockage de matériaux potentiellement polluants,
- sols superficiels du site ayant pu recevoir par le passé des particules potentiellement polluées provenant des activités environnantes.

3.6. Synthèse des investigations menées au droit du site

3.6.1. Synthèse des données disponibles sur les sols

Au total, suite aux investigations menées par GEauPole en 2019 et par Antea group en juillet-août 2020, 12 sondages ont fait l'objet d'analyses de sols de manière à couvrir l'ensemble du terrain – Cf. Figure 6 et Annexe III : .

Les résultats ont principalement montré un impact diffus en métaux lourds (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Hg et Pb), HCT C₁₀-C₄₀ et HAP, avec des traces ponctuelles en BTEX et PCB.

Des teneurs plus importantes ont été détectées en :

- St04-0,1-1,2m : teneur en HCT de 630 mg/kg MS supérieure au seuil d'acceptation en ISDI fixé à 500 mg/kg MS,
- St01-0,1-1,5m : teneur en mercure de 14 mg/kg MS, qui est 40 fois supérieure au fond géochimique fixé à 0,32 mg/kg MS,
- St01-0,1-1,5m, Sm14 et SC3-0,7-1,2m : teneur en plomb variant de 310 à 560, qui est supérieure au seuil de 300 mg/kg MS fixé par le HCSP (Haut Conseil de la Santé Public) pour le risque de saturnisme infantile.

Enfin, pour les échantillons prélevés au droit des sondages St01 et St04, des dépassements des seuils d'acceptation en ISDI ont été constatés. De ce fait, en cas de déblais à gérer dans ces zones, ils ne pourront pas être évacués en ISDI.

3.6.2. Synthèse des données disponibles sur les sédiments

Des analyses de sédiments ont été réalisées dans la Moselle au niveau de la future zone de pompage avec une détection de métaux lourds, HCT, HAP et PCB.

Un dépassement du seuil d'acceptation en ISDI a été détecté pour l'antimoine sur éluât. De ce fait, en cas d'excavation des sédiments, ceux-ci ne pourront pas être évacués en ISDI.

3.6.3. Synthèse des données disponibles sur les gaz du sol

3 piézaires ont été posés entre 0,4 et 1,3 m de profondeur. Les prélèvements et analyses de gaz du sol réalisés en août 2020 mettent en évidence la présence de BTEX, naphthalène et hydrocarbures aliphatiques.

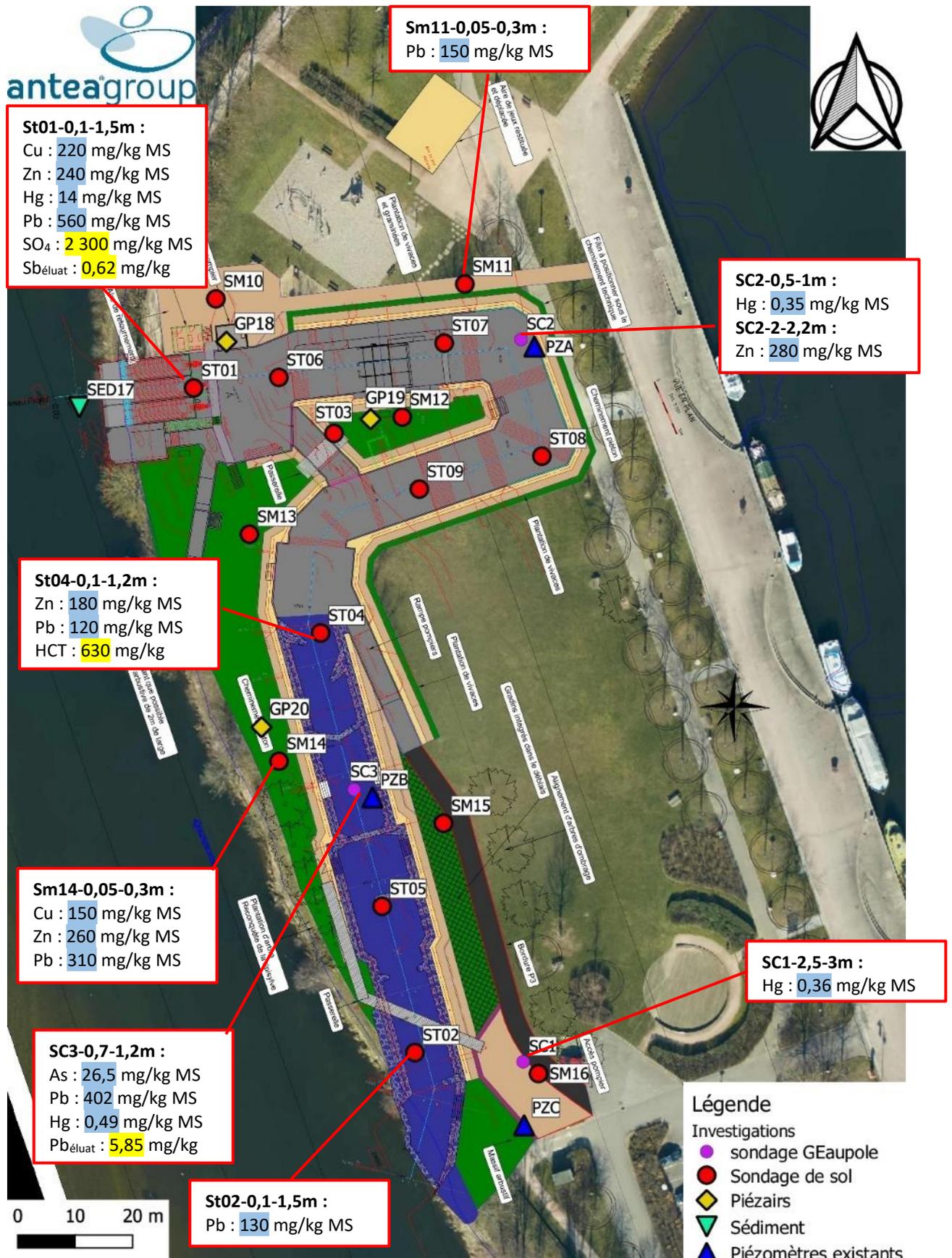


Figure 6 : plan de synthèse des sources de pollution identifiées sur le site

4. Analyse des enjeux sur l'emprise du projet

4.1. Qualité des milieux (état actuel)

Les composés présents dans les sols (emprise du chenal, espaces vert et voies d'accès) sont les métaux (Hg, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn, As), les composés organiques (HCT, HAP) et des traces localisées de BTEX et PCB.

Les principaux composés présents dans les gaz du sol sont les suivants : hydrocarbures aliphatiques, BTEX et naphtalène.

Par ailleurs, les sédiments de la Moselle sont impactés par les métaux (Hg, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn, As), HCT, HAP et PCB.

4.2. Voies de transfert possibles

Compte tenu du projet envisagé, les voies de transferts identifiées pour les composés présents dans les sols du site sont les suivantes :

- ingestion de sol de surface ou contact direct avec les sols de surface non recouverts,
- envol de poussière des sols de surface non recouverts,
- transfert et le dégazage de composés volatils depuis les sols (mercure, hydrocarbures légers, HAP, PCB). Les mesures réalisées dans les gaz de sol en août 2020 ont montré la présence de HCT, BTEX et naphtalène,
- transfert des sols vers les eaux souterraines (nappe alluviale).

4.3. Voies d'exposition possibles et cibles recensées

Au vu des différentes voies de transfert possibles, les voies d'exposition retenues au droit du site sont les suivantes :

- contact direct avec les sols non recouverts (ingestion de sol et inhalation de poussières émises par les sols impactés),
- inhalation de composés volatils, dans l'air intérieur des futurs bâtiments (local technique et local pompier) ou en extérieur.

Les futures cibles à considérer sont :

- sur site : les promeneurs (adultes et enfants), kayakistes, entraîneur/technicien de maintenance, pompier.

Le schéma conceptuel est établi selon l'état futur du site suivant les informations issues des différentes campagnes d'investigations réalisées au droit de la zone d'étude et en tenant compte du projet d'aménagement actuellement envisagé.

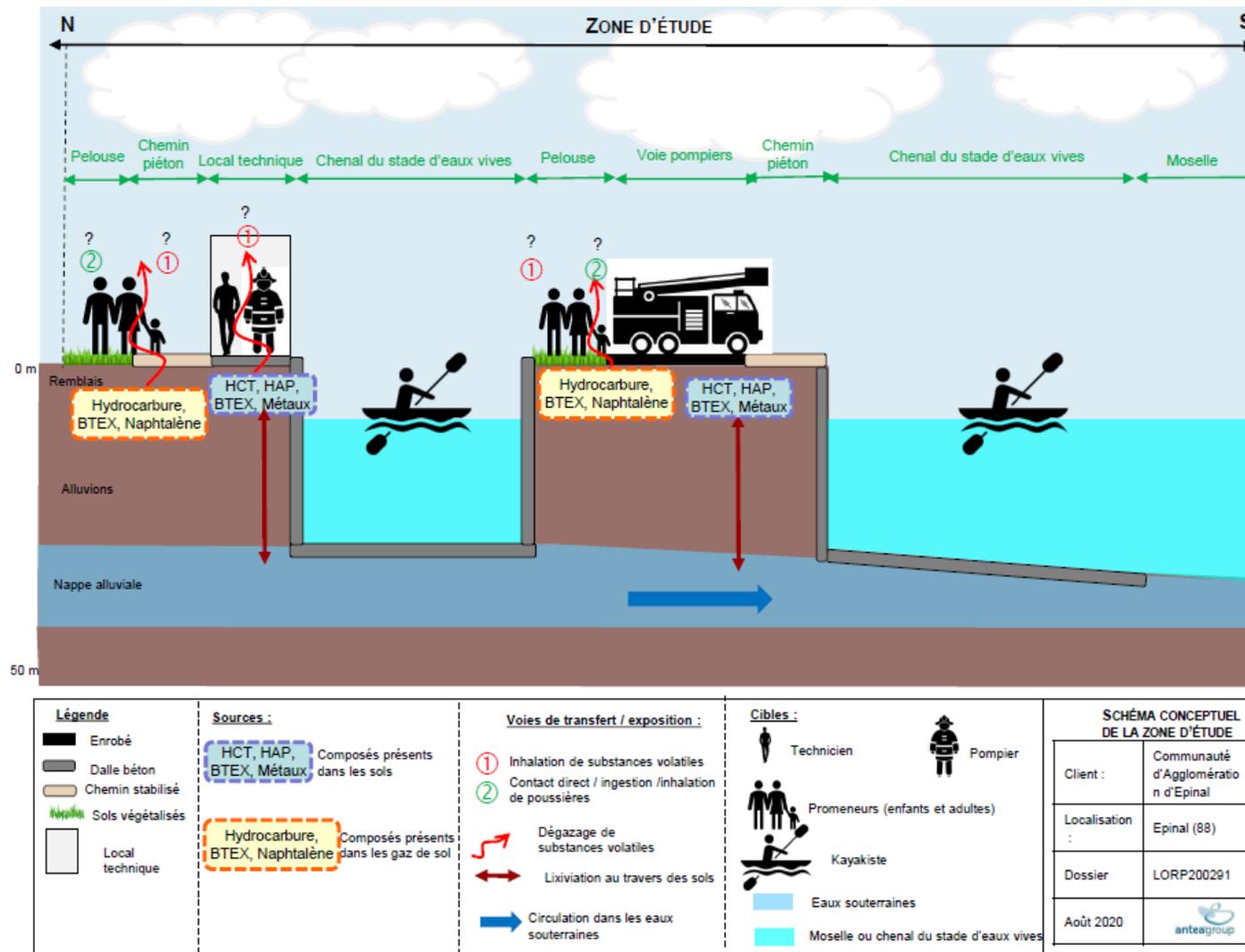


Figure 7 : Schéma conceptuel prenant en compte le projet

5. Elaboration du Plan de Gestion (PG)

5.1. Pollution concentrée

La notion de pollution concentrée ou de zone source dépend de la qualité générale du site. La définition de la pollution concentrée donnée par le guide de l'élaboration d'un plan de gestion de l'UPDS est la suivante :

« Volume de milieu souterrain à traiter, délimité dans l'espace, au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume. ».

La définition de la pollution concentrée, sa délimitation et donc son existence résultent de la convergence d'au moins deux méthodes. Ici deux méthodes ont été mises en corrélation :

- la cartographie fondée sur des méthodes déterministes,
- une analyse statistique des données.

5.1.1. Cartographie

La cartographie visible en Figure 6, montre la présence de teneurs des sols plus élevées en mercure (40 fois plus élevé que le fond géochimique fixé à 0,32 mg/kg MS) au droit du sondage St01.

5.1.2. Analyse statistique

L'analyse statistique des résultats d'analyses disponibles sur les sols montre les valeurs repère suivantes pour le mercure.

Tableau 1 : distribution des concentrations sols - Gammes de teneurs en mg/kg MS

	Maximum	Moyenne	Médiane	Percentile 25	Percentile 75	Percentile 90
Mercure	14	1	0,2	0,1	0,3	0,4

D'après ce tableau, il apparaît que 90 % des concentrations sont inférieures ou égales à 0,4 mg/kg MS pour le mercure, valeur 35 fois moins élevée que la teneur maximale relevée (14 mg/kg MS).

La Figure 8 présente un graphique de la répartition des teneurs en mercure en fonction des échantillons.

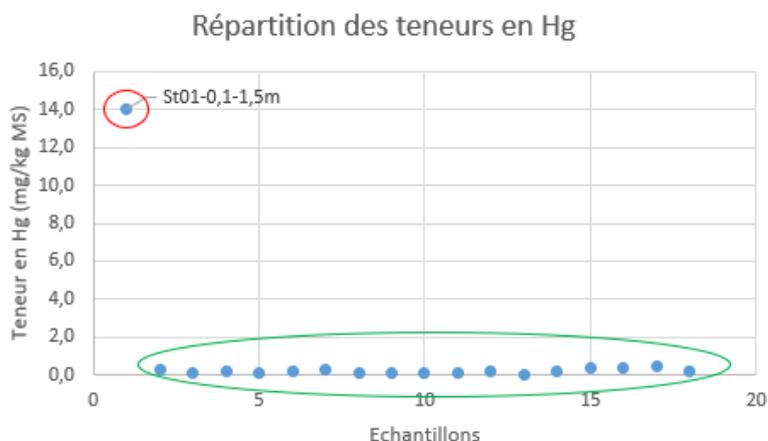


Figure 8 : répartition des teneurs en mercure en fonction des échantillons

Le graphique fait apparaître un pool d'échantillons entre 0 et 0,5 mg/kg MS, qui est assimilable au bruit de fond du site, ainsi qu'un échantillon isolé à 14 mg/kg MS (St01-0,1-1,5m). Ce graphique est cohérent avec l'analyse statistique des données (Cf. Tableau 1) qui montre que plus de 90% des échantillons présentent des concentrations inférieures à 0,4 mg/kg MS.

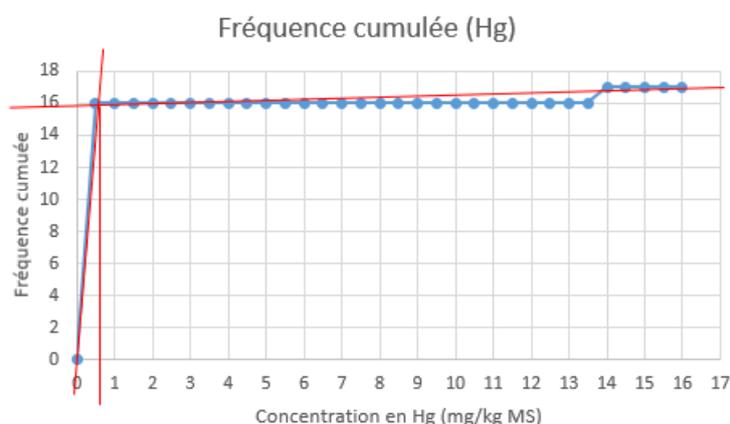


Figure 9 : fréquence cumulée des concentrations en Hg (mg/kg MS) – intervalle de 0,5 mg/kg MS

Par ailleurs, la courbe de fréquence cumulée du mercure montre une rupture de pente à 0,5 mg/kg MS.

D'après ces éléments, on peut considérer que le bruit de fond observé sur le site est d'environ 0,2/0,5 mg/kg MS pour le mercure (valeurs cohérentes avec le bruit de fond géochimique de 0,32 mg/kg MS).

5.1.3. Zone source retenue

Le croisement de la cartographie et de l'analyse statistique fait ressortir la teneur maximale en mercure mesurée au point St01 entre 0,1 et 1,5 m de profondeur/TN de 14 mg/kg MS. Cette teneur est 30 à 40 fois supérieures au bruit de fond anthropique constaté au droit de la zone d'étude.

Compte tenu de ces résultats, une zone localisée autour du sondage St01 est considérée comme pollution concentrée dans le contexte de la zone étudiée. La surface estimée en première approche

autour de ce sondage est de 100 m² et la profondeur impactée entre 0 et 1,5 m/TN, soit un volume total d'environ 150 m³.

5.2. Principe général de gestion des pollutions

Sur la base des principes énoncés dans les circulaires ministérielles de février 2007 relatives à la gestion des sites pollués, le Plan de Gestion doit s'intéresser, dans tous les cas, à étudier les travaux de traitement envisageables pour les « sources de pollution concentrées ».

Les mesures de gestion d'un site n'étant pas uniques, une synthèse des options possibles sur le site est présentée dans un Bilan Coûts-Avantages donné au § 5.5, page 30. Les scénarios de gestion sont évalués sur différents critères tels que leur faisabilité technique, leur mise en œuvre, leur impact environnemental, leur performance et leur coût de mise en œuvre. Le Bilan Coûts-Avantages doit fournir des éléments factuels de comparaison de chacune des solutions pertinentes. La justification des choix des techniques et la définition des mesures de gestion s'appuient sur des critères explicites, argumentés et transparents.

D'une manière générale, les différentes techniques de réhabilitation, pour des contaminations de type mercure, plomb et hydrocarbures totaux et les caractéristiques du site (taille du site, environnement immédiat, etc.), sont présentées dans le Tableau 2.

5.3. Application au site d'Epinal

Le projet du stade d'eaux vives d'Epinal prévoit les travaux suivants :

- création d'un chenal. La partie nord sera en béton avec un coffrage vertical. De ce fait, il est prévu de remblayer les talus par des terres issue du terrassement. La partie sud sera réalisée en enrochement et conservera la forme du talus ; aucun remblaiement n'est prévu,
- création de voirie en enrobé et chemin piéton en stabilisé le long du chenal sur une largeur de 2,5 m environ,
- construction d'un local technique et d'un local pour les pompiers avec aménagement d'une aire de retournement,
- engazonnement des espaces verts. Il est prévu de décaper l'ensemble de la terre végétale du site sur 0,1 m, de la stocker puis de la remettre en place.

Selon les précalculs de l'ARR montrant des risques inacceptables en tenant compte de l'état futur du site, des valeurs maximales dans les sols ont été proposées afin d'établir la compatibilité du site avec l'usage envisagé. Les deux valeurs maximales prise en compte dans l'ARR prédictive concernent :

- le plomb avec une teneur maximale à respecter de 100 mg/kg MS⁷ (dans la terre végétale de surface).
- le mercure, pour lequel il est recommandé d'atteindre une teneur maximale de 0,5 mg/kg MS (maximum mesuré sur site, à l'exception du sondage St01 en surface), au droit du sondage St01 (zone de pollution concentrée).

⁷ Valeur correspondant au niveau de vigilance définie par le Haut Conseil de Santé Publique pour une concentration moyenne de 100 mg/kg dans les sols en cas d'exposition potentielle d'enfants par contact direct avec les sols – Cf. avis HCSP, « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion », juin 2014.

Des concentrations en plomb supérieures au seuil de risque mis en évidence (100 mg/kg MS) ont été constatées pour 6 échantillons :

- St01-0,1-1,5m, qui est également concerné par la pollution concentrée en mercure,
- St02, St04, Sm11, Sm14 et SC3-0,7-1,2m,
- St04, qui est également concerné par une teneur en HCT supérieure au seuil d'acceptation en ISDI.

La Figure 10 indique l'emplacement de la zone de pollution concentrée et des zones présentant une anomalie en plomb et HCT.

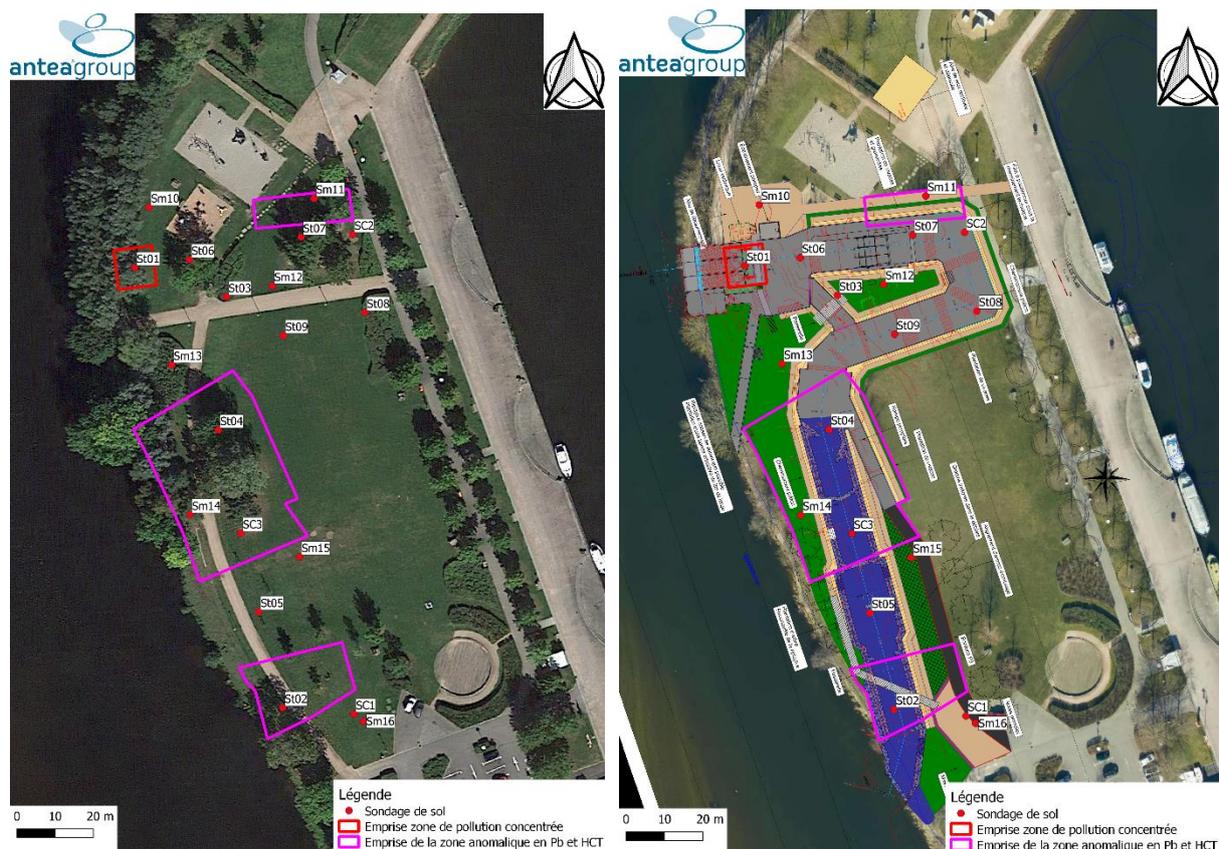


Figure 10 : localisation de la zone de pollution concentrée et des zones anormales – état existant et projeté

Par conséquent, le Plan de Gestion doit envisager de :

- traiter la zone source sol concentrée identifiée en St01 (mercure) d'une part,
- et de supprimer tout contact avec les terres présentant des teneurs supérieures à 100 mg/kg MS de plomb d'autre part, que ce soit par évacuation hors du site ou par recouvrement (couche de remblais ou revêtement minéralisé).

Les mesures de gestion envisageables pour atteindre ces objectifs pour le site d'Epinal sont les techniques d'excavation / traitement des sols hors site d'une part et de confinement des pollutions résiduelles d'autre part. Les autres techniques sont exclues car non pertinentes – Cf. détails dans le Tableau 2.

Tableau 2 : différentes techniques de réhabilitation

Catégorie	Techniques	Durée du traitement	Positif	Négatif	Techniques sélectionnées	Justifications
In situ	Traitements biologiques in-situ (bioventing, atténuation naturelle, phytoremédiation)	Durée longue : 1 à plus de 3 ans	Techniques pertinentes pour les zones peu accessibles (sous bâtiment ou en profondeur) Techniques souvent utilisées pour éviter toute excavation de sol et les nuisances associées	Techniques peu adaptées aux lithologies hétérogènes et aux sols peu perméables Technique relativement coûteuse et longue Phytoremédiation in-situ : adapté uniquement pour zones polluées en surface (50 premiers centimètres)	non	Techniques non adaptées au site car le projet d'aménagement prévoit déjà l'excavation des terres pour la création du chenal du stade d'eaux vives.
	Traitements physico-chimiques in-situ (oxydation chimique, séparation électrocinétique, fracturation, lavage in-situ, soil vapor extraction, solidification/stabilisation)					
	Traitements thermiques in-situ					
	Traitements physiques par évacuation de la pollution (venting, sparging, pompage et traitement, écrémage et traitement)					
Sur site	Traitements biologiques on site après excavation des terres (bioterre, compostage, bioréacteur, landfarming)	1 à 3 ans	Compatible avec excavation/traitement sur site	Nécessite un certain espace afin de réaliser le traitement Prétraitement de type tri granulométrique à prévoir en fonction des techniques	non	Technique peu coûteuse et rapide. Par ailleurs, elle est compatible avec le projet d'aménagement du stade d'eaux vives et des voiries.
	Traitements physico-chimiques on site (écrémage, extraction chimique, réduction/oxydation chimique, déhalogénéation, tri, lavage, solidification/stabilisation)	6 mois à 1 an				
	Traitements thermiques on site après excavation des terres (incinération, pyrolyse, désorption thermique)	Moins de 6 mois				
Sur site	Confinement sur site	Dans le cadre des travaux d'aménagement (rapide)	Confine un très grand nombre de polluants, adapté à de grands volumes Grande fiabilité et compétitivité en termes de coûts et résultats	Pollutions laissées en place, nécessité d'en garder la mémoire et d'instaurer des restrictions d'usage Besoin d'entretien pour s'assurer de la pérennité Limite le transfert vertical mais pas les flux horizontaux	oui	Technique peu coûteuse et rapide. Par ailleurs, elle est compatible avec le projet d'aménagement du stade d'eaux vives et des voiries.
Hors site	Excavation et traitement/mise en dépôt hors site	Moins de 6 mois	Simple, fiable, rapide Adaptée en cas de déblais si l'aménagement prévu en génère Permet de traiter un très grand nombre de composés	Nécessite une phase de travaux préalable à la phase d'aménagement Organisation difficile pour de grands volumes de terres Limité en profondeur	oui	Technique relativement peu coûteuse, rapide et facile à mettre en œuvre. Traitement de tous les composés.

5.4. Solutions de gestion

D'une manière générale, les techniques de traitement envisageables à ce stade sont les suivantes :

- remblaiement des talus du chenal bétonné du stade d'eaux vives puis confinement par recouvrement (pose d'un revêtement minéralisé au droit des cheminements piéton et de la voie pompier ou d'un dallage en béton au droit du local technique),
- excavation et évacuation en filières adaptées.

5.4.1. Recouvrement des terres

Le confinement physique consiste à mettre en place une isolation de surface dans le but d'empêcher tout contact avec les sols en place. Il permet d'isoler les contaminants et prévenir leur propagation. Les mesures à mettre en place sont choisies et modulées en fonction de l'état du site et du projet d'aménagement souhaité. De telles mesures de confinement doivent être pérennes dans le temps et adaptées aux usages du site.

Ce recouvrement sera effectif au droit des futurs cheminements piétons, voie pompier et bâtiments et pourra être assuré au droit des futurs espaces verts **par une couche de terre végétale inerte chimiquement de 30 cm d'épaisseur minimum reposant sur un géotextile jouant le rôle de séparateur/avertisseur.**

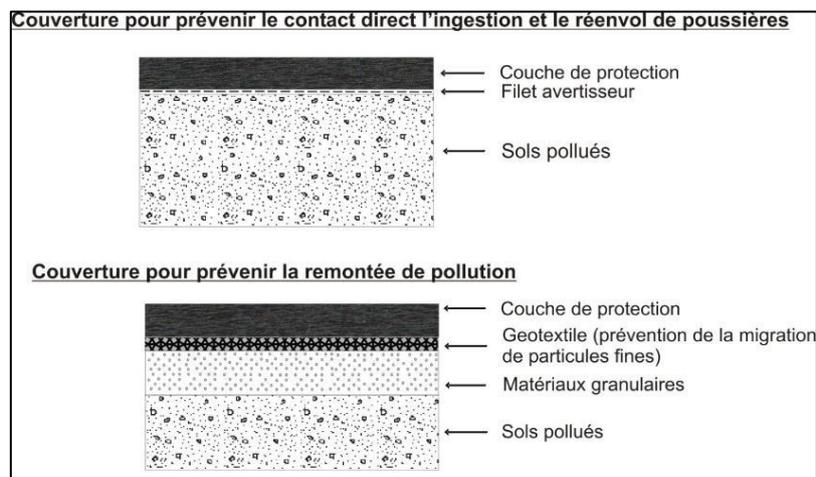


Figure 11 : schéma de principe de recouvrement pérenne des terres (source : SelecDépol)

5.4.2. Excavation et évacuation en filières adaptées

5.4.2.1. Présentation de la méthode

L'excavation est la méthode la plus simple et la plus rapide pour supprimer une source de pollution, en l'absence de bâtiment, pour des profondeurs d'excavation inférieures à 5 m. Une fois excavés, les sols pollués doivent être évacués et traités hors site. Les moyens utilisés lors des travaux de terrassement sont identiques à ceux utilisés par les entreprises de travaux publics (pelle hydraulique, tractopelle, véhicules de transport). Cette technique peut nécessiter la mise en place d'aires de stockage temporaires étanches (tampon) permettant un tri des terres excavées au fur et à mesure de

l'excavation en fonction de leur degré de pollution et des observations de terrain (indices organoleptiques, analyses semi-quantitatives sur site et/ou analyses quantitatives en laboratoire).

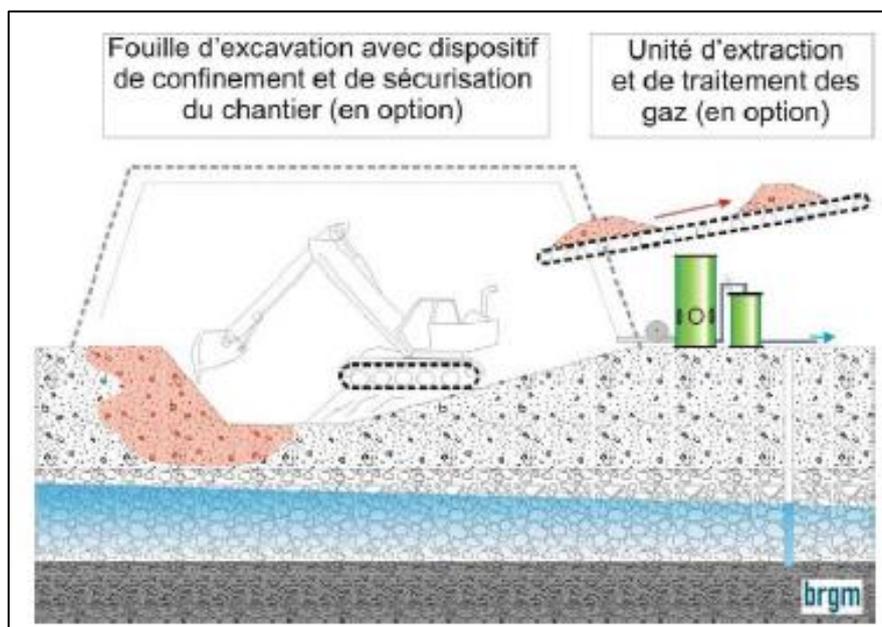


Figure 12 : schéma de principe de l'excavation pour des sols situés à faible profondeur et hors nappe (source : BRGM)

Dans le cas du site d'Epinal, le niveau fini du chenal varie de 321,08 à 318,12 NGF et le fond de fouille de 319,8 à 317,1 NGF. Or, le niveau de la Moselle est situé à la cote 319,28 NGF. De ce fait, une partie des travaux de terrassement du chenal sera réalisé dans la nappe et nécessitera donc une gestion appropriée des eaux en phase de chantier et des surcoûts associés.

Compte tenu de la nature diverses des anomalies à traiter (mercure, plomb, hydrocarbures légers/lourds) et des niveaux variés des teneurs rencontrées, les filières d'évacuation envisagées à ce stade sont une Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) ou une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND), sous réserve d'acceptation.

5.4.2.2. Excavation des terres au droit du chenal du stade d'eaux vives

Au droit du chenal du stade d'eaux vives, en ce qui concerne la détermination des filières d'évacuation des terres à excaver, les analyses chimiques mettent en évidence des dépassements des critères d'admission en ISDI dans les sols :

- HCT en St04-0,1-1,2m,
- antimoine et sulfates sur éluât en St01-0,1-1,5m,
- plomb sur éluât au droit du sondage SC3 entre 0,7 et 1,2 m de profondeur/TN.

Dans un premier temps, les hypothèses suivantes ont été retenues dans le cadre de notre évaluation :

- terrassement retenu : emprise du chenal du futur stade d'eaux vives sur 1,5/2 mètres de profondeur dans la partie nord du site et sur 4,5/5 m dans la partie sud, sans talus,
- densité des terres excavées égale à 1,8,
- afin d'estimer les volumes de terres impactées qui seront évacuées dans le cadre du projet d'aménagement, les sondages ont été répartis au droit du site. Ils ont été implantés selon un maillage et réalisés dans la mesure du possible au centre des mailles, en partant de l'hypothèse qu'un échantillon donné, sur une profondeur donnée est représentatif de la surface totale de la maille donnée, sur toute la hauteur du prélèvement,

- malgré le respect des seuils fixés dans l'arrêté du 12/12/2014, l'aspect des terres (terres odorantes et/ou traces noirâtres) peut être un critère de refus d'un ISDI, critère subjectif sur lequel la décharge est seule à pouvoir se prononcer,
- les volumes de terres liés aux excavations réalisées dans le cadre des fondations (pieux, longrines, ...) ne sont pas inclus dans cette estimation.

Nous attirons également l'attention de la CAE sur le fait que certains exploitants de décharge exigent des résultats d'analyses à moins d'un an de la date de démarrage des travaux d'excavation.

Le tableau suivant présente une synthèse de la caractérisation des terres à excaver, une estimation des volumes associés ainsi que les filières d'élimination possibles, hors décapage de la terre végétale sur les 10 premiers centimètres.

Tableau 3 : estimations des volumes et des surcoûts

Maille	Tranche (m)	Critères discriminants selon l'arrêté du 12/12/2014			Epaisseur (m)	Surface (m ²)	Volume (m ³)	Tonnage (t)	Filières d'élimination possibles
		Analyses sur brut	Analyses sur éluat	observations					
1	0,1-1,5 m	COT	SO ₄ / Sb	-	1,4	468	702	1264	ISDND
	1,5-1,8	-	na	(1)	0,3		140	253	ISDND
2	0,1-2 m	-	-	-	1,9	243	486	875	ISDI
	2-4,8 m	-	na	(1)	2,8		680	1225	ISDI
3	0,1-1,2m	COT	-	(2)	1,1	152	182	328	ISDI
	1,2-2,9 m	-	na	(1)	1,7		258	465	ISDI
4	0,1-1,2 m	HCT	-	-	1,1	486	583	1050	ISDND
	1,2-3 m	na	na	(1)	1,8		875	1575	ISDND
5	0,1-1 m	-	-	-	0,9	318	318	572	ISDI
	1-4,3 m	na	na	(1)	3,3		1049	1889	ISDI
6	0,1-0,4 m	COT	-	(2)	0,5	313	125	225	ISDI
	0,4- 1,9 m	na	na	(1)	1,5		470	845	ISDI
7	0,1-0,6 m	COT	-	(2)	0,5	275	165	297	ISDI
	0,6-1,9 m	na	na	(1)	1,3		358	644	ISDI
8	0,1-1,5 m	-	-	-	1,5	205	308	554	ISDI
	1,5-2,3 m	-	na	(1)	0,8		164	295	ISDI
9	0,1-1 m	COT	-	(2)	0,9	254	254	457	ISDI
	1-3 m	na	na	(1)	2		508	914	ISDI
10	0,1-0,5 m	na	na	(3)	0,4	151	76	136	ISDI
	0,5-1 m	COT	-	(2)	0,5		76	136	ISDI
	1-1,9 m	na	na	(1) et (3)	0,9		136	245	ISDI
11	0,1-0,7 m	na	na	(3)	0,6	283	198	357	ISDND
	0,7-1,2 m	-	Pb	-	0,5		142	255	ISDND
	1,2-1,9 m	na	na	(1) – présence de remblais entre 0 et 1,9 m	0,7		198	357	ISDND
	1,9 -3 m	na	na	(3) – présence d'alluvions à partir de 1,9 m	1,1		509	917	ISDI
	3-3,6 m	-	-	-	0,6		170	306	ISDI

na : non analysé

- (1) Extrapolation des résultats des sols sus-jacents
- (2) Tout de même acceptable en ISDI car $COT_{\text{éluât}} < 500 \text{ mg/kg}$
- (3) Extrapolation des résultats des sols sous-jacents

L'estimation du volume des terres incompatibles avec une évacuation en ISDI représente environ $2\,714 \text{ m}^3$, soit environ 4 886 tonnes.

Le plan de maillage et d'orientation des terres est présenté en Figure 13 et Figure 14.



Figure 13 : plan de maillage et d'orientation des terres – état existant

5.5. Bilan Coûts-Avantages (A330)

Pour le Bilan Coût-Avantage, les deux scénarios suivants ont été étudiés :

- scénario A :
 - excavation de la pollution concentrée et évacuation en filière adaptée (ISDND) (Cf. Figure 10),
 - excavation des terres au droit du chenal et évacuation des terres dépassant les seuils d'acceptation en ISDI vers une ISDND (cf. § 5.4.2.2) d'une part et remblaiement des talus par les terres inertes du site et évacuation du surplus en ISDI d'autre part,
 - décapage de la terre végétale sur 10 cm puis évacuation en ISDND des terres anormales (cf. Figure 10) et remise en place des terres saines.
- Scénario B :
 - excavation de la pollution concentrée et évacuation en filière adaptée (ISDND) (Cf. Figure 10),
 - excavation des terres au droit du chenal et remblaiement des talus au maximum par les terres dépassant le seuil d'acceptation en ISDI. Le surplus est à évacuer en ISDND ou ISDI selon la provenance,
 - décapage de la terre végétale sur 10 cm puis remblaiement des talus par les terres anormales et remise en place des terres saines.

Rappel : la zone de pollution concentrée représente un volume estimé à environ 150 m³ – Cf. détails au § 5.1.

Le Tableau 4 présente le Bilan Coûts-Avantages des deux solutions de gestion étudiées. Les hypothèses prises en compte sont les suivantes :

- densité des terres : 1,8,
- les estimations proposées sont basées sur un surcoût d'élimination c'est à dire le coût complémentaire de gestion (élimination et transport) des terres présentant des critères discriminants par rapport à une évacuation en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI). Ce surcoût inclut la mise en décharge et le transport mais n'inclut pas l'organisation du chantier de recouvrement et tout autre travaux (terrassment des terres, chargement, tri, stockage temporaire, mise en sécurité, rabattement éventuel et traitements associés éventuels des eaux souterraines avant rejet, remise en état, l'éventuelle mise en place de mesures d'hygiène et de sécurité particulières, les démarches administratives préalables inhérentes...),
- sur la base des prix pratiqués par les filières d'élimination en juillet 2019 : surcoût de prise en charge (transport et élimination) en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) de l'ordre de 55 à 65 €HT par tonne (hors frais généraux de l'entreprise, chargement, suivi de chantier, nettoyage des voiries, mesures particulières d'hygiène et de prévention des risques pour les personnels intervenants lors des travaux, mise en sécurité, rabattement éventuel des eaux souterraines, remise en état...),
- malgré le respect des seuils fixés dans l'arrêté du 12/12/2014, l'aspect des terres (terres odorantes et/ou traces noirâtres) peut être un critère de refus d'un ISDI, critère subjectif sur lequel la décharge est seule à pouvoir se prononcer,
- les volumes de terres liés aux excavations réalisées dans le cadre des fondations (pieux, longrines, ...) ne sont pas inclus dans cette estimation,
- les éventuelles mesures particulières de protection des travailleurs pendant la réalisation des travaux ne sont pas non plus incluses dans l'estimation des surcoûts.

Tableau 4 : bilan coûts-avantages pour un usage de loisirs

	Scénario A – source de pollution concentrée excavée et envoyée en ISDND + terre excavée anormale envoyée en ISDND + réutilisation de la terre végétale saine	Scénario B – source de pollution concentrée excavée et envoyée en ISDND + remblaiement au maximum des talus du chenal par la terre excavée anormale + envoi du surplus en ISDND + réutilisation de la terre végétale saine
Détail gestion	Excavation de 150 m ³ de terres (1 zone de source de pollution concentrée) puis évacuation en ISDND + Excavation des terres au droit du chenal puis évacuation de 2 564 m ³ en ISDND ⁸ + Décapage de la terre végétale puis évacuation de 206 m ³ en ISDND et remise en place de 165 m ³ de terre saine ⁹	Excavation de 150 m ³ de terres (1 zone de source de pollution concentrée) puis évacuation en ISDND + Excavation des terres au droit du chenal puis réutilisation d'une partie des terres anormales en remblaiement des talus (814 m ³) et évacuation du surplus (1 750 m ³) en ISDND + Décapage de la terre végétale puis réutilisation des terres anormales en remblaiement des talus (206 m ³) et remise en place de 165 m ³ de terre saine
Critères techniques	Contrôles à prévoir en fonds et bordures de fouilles Nécessité de remblaiement Contrôle de la qualité des terres d'apport (couche de surface) Gestion de la nappe à prévoir en fonction des profondeurs d'excavation à atteindre et rejet des eaux si pompage nécessaire	
Délais	Rapides pour tous les scénarios (quelques semaines à quelques mois)	
Critères environnementaux et HSE	Consommation énergétique et émission de gaz à effets de serre en lien avec le transport des terres Risques sanitaires pour les employés du chantier Risque de saturation des centres de stockages	
Enjeu sanitaire	Risques sanitaires écartés	Risques sanitaires écartés
Critères juridiques et réglementaires	Contraintes résiduelles fortement réduites sur site mais déchets générés	Moins de déchets générés mais contraintes résiduelles plus fortes
Surcoûts estimatifs de mise en œuvre	Surcoût total : 290 à 342 k€ dont 15 à 18 k€ pour l'excavation et l'évacuation de la zone de pollution concentrée, 254 à 300 k€ pour l'excavation et l'évacuation des terres anormales au droit du chenal et 21 à 24 k€ HT pour l'excavation et l'évacuation des terres végétales anormales	Surcoût total : 196 à 241 k€ dont 15 à 18 k€ pour l'excavation et l'évacuation de la zone de pollution concentrée, 173 à 205 k€ pour l'excavation et l'évacuation du surplus des terres anormales au droit du chenal et 8 à 18 k€ HT pour le géotextile (confinement sous voirie ou cheminement piéton)

⁸ Zone de pollution concentrée exclue

⁹ Le surplus est envoyé en ISDI

Le Bilan Coût-Avantage montre que :

- les scénarios A et B permettent tous les deux un usage de loisir du site,
- le scénario A permet en outre de traiter la source de pollution concentrée et les zones anomaliques pour des coûts 50 % plus élevés que ceux du scénario B.

Ces deux scénarios sont donc sélectionnés dans le cadre du présent Plan de Gestion.

En complément de ces travaux, il sera nécessaire de réaliser :

- un contrôle du fond de fouille au droit de la zone de pollution concentrée. Selon les calculs de risque de l'ARR, les CMA (Concentration Maximale Admissible) à atteindre sont de 0,5 mg/kg MS pour le mercure et 100 mg/kg MS pour le plomb,
- un contrôle des sols superficiels avant leur mise en œuvre au droit des espaces verts, au moment de leur stockage sur site (contrôle des tas de terre végétale). Selon les calculs de risque de l'ARR, la teneur en plomb maximale est de 100 mg/kg MS,
- un contrôle de la qualité de l'air intérieur du local technique, afin de vérifier que les concentrations résiduelles corroborent celles retenues dans le rapport d'ARR,
- un contrôle régulier de l'état du recouvrement des sols.

5.6. Gestion des futurs déblais

La réutilisation des futurs déblais issus de la zone d'étude est possible sur site sous recouvrement de surface (dalle béton, enrobé, stabilisé sur géotextile), selon les modalités décrites au §5.4.1.

Concernant les déblais en surplus ne pouvant être réutilisés sur site, il faudra procéder à une évacuation en installations de traitement et/ou stockage adaptées à leur qualité.

5.7. Mesures de protection des travailleurs

Compte tenu de la présence de métaux lourds et de composés organiques divers, il sera nécessaire d'informer les travailleurs sur site intervenant dans le cadre des travaux d'aménagement du stade d'eaux vives mais aussi des travaux ultérieurs (travaux sur les réseaux, ...), de la présence de ces composés, notamment par l'établissement d'un Plan Général de Coordination en matière de sécurité et de protection de la Santé (PGCSPS).

Il sera nécessaire de respecter les consignes habituelles d'hygiène et de sécurité suivantes sur de tels chantiers :

- port d'Equipements de Protection Individuelles adaptés (chaussures de sécurité, gants, masques à poussières, masques respiratoires filtrants si jugé nécessaire, ...),
- surveillance de la qualité de l'air ambiant,
- interdiction de boire, manger ou fumer sur le chantier.

5.8. Restrictions d'usage

Quelle que soit la solution de gestion retenue (scénario A ou B), des matériaux impactés seront laissés en place sur la zone d'étude. De ce fait, il sera nécessaire de mettre en place les restrictions d'usage suivantes à long terme :

- maintien d'un recouvrement des sols pérenne,
- interdiction de tout usage de la nappe d'eau souterraine sur l'ensemble du site,
- passage de canalisations souterraines d'eau potable, dans des remblais d'apport sains ou de nature imperméables aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté).

Un dossier de servitudes devra être établi, conformément au « guide pour la mise en œuvre des servitudes applicables aux sites et sols pollués », publié par le Ministère de l'Environnement. La convention instituant la ou les servitudes devant être formalisée dans un acte authentique, conclue devant un notaire et publiée à la conservation des hypothèques, comprendra :

- une notice de présentation, comprenant notamment l'aménagement du site après réhabilitation et les impacts résiduels,
- un plan parcellaire des terrains indiquant leur affectation actuelle et future,
- l'énoncé des règles de servitudes ou de restrictions d'usage envisagées dans la zone concernée.

5.9. Suivi des mesures

Les mesures de gestion feront l'objet des contrôles suivants :

- en phase travaux :
 - contrôle de la mise en place d'un recouvrement approprié des matériaux en place et contrôle de l'intégrité du recouvrement,
 - contrôle des mouvements de terres (déblais issus du site),
 - contrôle des travaux de traitement de la zone de source de pollution concentrée (suivi des excavations, tri des terres, prélèvements/analyses d'échantillons de sols en bordures et fonds de fouille),
- après travaux :
 - contrôle régulier de l'intégrité des recouvrements réalisés,
 - contrôles liés aux mesures de gestion concernant les locaux techniques (contrôles de qualité de l'air intérieur après construction),
 - rédaction d'un mémoire décrivant les mesures de gestion mises en œuvre.

6. Conclusions

Dans le cadre de l'opération d'aménagement d'un stade d'eaux vives sur la commune d'Epinal (88), la Communauté d'Agglomération d'Epinal (CAE) a mandaté Antea Group pour la réalisation d'un Plan de Gestion, dans l'objectif d'étudier la compatibilité du type d'aménagement envisagé (stade d'eaux vives, parce public) avec la qualité des milieux observée au droit du site, objet du présent rapport.

Cette étude fait suite à aux différentes campagnes d'investigations réalisées par Géaupole en septembre 2019 et Antea Group en juillet-août 2020 et s'appuie sur les conclusions de l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) réalisée par Antea group.

Les données disponibles sur le site montrent principalement :

- la présence d'un parc public avec des espaces verts, des zones de pique-nique et une base nautique,
- la présence de terrains alluvionnaires, perméables,
- la présence d'une nappe alluviale présente à faible profondeur, vulnérable à une éventuelle contamination provenant du site,
- la présence d'une activité industrielle de 1923 à 1995 au droit du site (activité portuaire, stockage d'hydrocarbures),
- un impact diffus en métaux lourds (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Hg et Pb), HCT C₁₀-C₄₀ et HAP, avec des traces ponctuelles en BTEX et PCB, avec des teneurs plus notables localement en mercure, plomb et HCT,
- l'absence de données disponibles sur la qualité des eaux souterraines et superficielles,
- un impact en métaux lourds, HCT, HAP et PCB sur les sédiments de la Moselle,
- la détection de BTEX, naphtalène et hydrocarbures aliphatiques dans les gaz du sol.

La détermination d'une zone source de pollution concentrée a été réalisée via l'examen des cartographies et une analyse statistique des données. **Cette zone a été mise en évidence dans les sols en St01 pour le mercure. Elles représentent un volume de terres d'environ 150 m³.**

En outre, trois zones présentant une anomalie en plomb supérieure à 100mg/kg MS (seuil de vigilance définie par le HCSP dans les sols en cas d'exposition potentielle d'enfants par contact direct avec les sols) ont été constatées ponctuellement.

Par conséquent, **le Plan de Gestion doit envisager de traiter la zone source de pollution concentrée en mercure d'une part et de supprimer tout contact avec les terres présentant une anomalie en plomb d'autre part.** Le Plan de Gestion ne peut pas être dissocié de l'ARR prédictive (cf. rapport n°A106476 version A, établi par Antea group, en date du 18/09/2020).

Les mesures de gestion envisageables pour atteindre ces objectifs sont les techniques d'excavation / traitement des sols hors site d'une part et de confinement des pollutions résiduelles d'autre part.

Pour le Bilan Coût-Avantage, les deux scénarios suivants ont été étudiés :

- scénario A :
 - excavation de la pollution concentrée et évacuation en filière adaptée (ISDND),
 - excavation des terres au droit du chenal et évacuation des terres dépassant les seuils d'acceptation en ISDI vers une ISDND d'une part et remblaiement des talus par les terres inertes du site et évacuation du surplus en ISDI d'autre part,
 - décapage de la terre végétale sur 10 cm puis évacuation en ISDND des terres anormales et remise en place des terres saines.

- scénario B :
 - excavation de la pollution concentrée et évacuation en filière adaptée (ISDND),
 - excavation des terres au droit du chenal et remblaiement des talus au maximum par les terres dépassant les seuils d'acceptation en ISDI. Le surplus est à évacuer en ISDND ou ISDI selon la provenance,
 - décapage de la terre végétale sur 10 cm puis remblaiement des talus par les terres anormales et remise en place des terres saines.

Le bilan coût-avantage montre que ces scénarios permettent tous les deux un usage de loisirs du site et que le scénario A permet de traiter la source de pollution concentrée et la zone anormale pour des coûts 50 % plus élevés que ceux du scénario B.

Ces deux scénarios sont donc sélectionnés dans le cadre du présent Plan de Gestion pour des coûts évalués en première approche à environ 290 à 342 k€ HT pour le scénario A et 196 à 241 k€ HT pour le scénario B. L'un ou l'autre de ces scénarios devra être mis en œuvre dans le cadre de l'aménagement du site.

En outre, il sera nécessaire de joindre une attestation de compatibilité au Permis de construire. Cette Attestation sera être établie sur la base des documents de la demande du permis de construire, notamment les pièces techniques qui détailleront le choix des mesures de gestion de la pollution retenue par la CAE parmi les scénarios A ou B.

Quelle que soit la solution mise en œuvre, les mesures de gestion complémentaires suivantes devront être appliquées :

- une gestion adaptée des futurs déblais de construction (réutilisation possible sur site sous certaines conditions) – Cf. détails au § 5.4.2.2,
- mesures de protection des travailleurs – Cf. détails au § 5.7,
- mise en œuvre de servitudes d'utilité publique - Cf. détails au § 5.8,
- contrôle des mesures de gestion - Cf. détails au § 5.9.

Par ailleurs, Antea Group recommande le suivi des travaux d'excavation par un bureau d'étude spécialisé et certifié en sites et sols pollués pour assurer :

- la bonne exécution et/ou le contrôle des mesures de gestion préconisées,
- l'élaboration du rapport de fin de travaux.

Tableau 5 : dispositions d'aménagement à respecter

ZONES CONCERNEES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Local technique	<p>Respect du plan d'aménagement daté du 26/03/2020 d'une part et du profil en long/coupes en date du 27/01/2020 d'autre part</p> <p>Respect des mesures du plan de gestion :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● traitement de la zone source sol concentrée identifiée en mercure au droit du sondage St01 de 0 à 1,5 m de profondeur (avec atteinte de teneur résiduelles de 0,5 mg/kg MS maximum), ● suppression de tout contact avec les terres présentant des teneurs supérieures à 100 mg/kg MS de plomb, que ce soit par évacuation hors du site ou par recouvrement (couche de remblais ou revêtement minéralisé). <p>Un taux de renouvellement d'air minimal de 0,26 vol/h est appliqué dans le bâtiment.</p>

Travaux de terrassement	Respect des CMA, à savoir :	
	ETM	Valeurs de référence¹⁰ (mg/kg)
	Arsenic (As)	25
	Cadmium (Cd)	1,05
	Chrome (Cr)	132
	Cuivre	68
	Mercuré	0,5
	Nickel (Ni)	74
Espaces extérieurs	Réalisation de prélèvements et analyses des sols superficiels au droit des espaces verts après aménagement.	
	Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers.	
	Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle.	
	Canalisations souterraines circulant dans des remblais d'apport sains ou de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté).	

¹⁰ Valeurs maximales entre les valeurs de fond géochimique nationales « Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français – Gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires de toutes granulométries » - Résultats généraux du programme ASPITET (INRA, 2000), les valeurs de fond géochimique européennes « 90e percentile en métaux lourds dans les sols de surface (topsoils) européens » - Base de données FOREGS, le seuil de vigilance défini par le HCSP pour le plomb et la teneur maximale en mercure mesurée sur site, à l'exception du sondage St01 en surface.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du client après paiement intégral du coût de la mission ; son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Antea Group réalise ses prestations dans le respect des principes de la norme AFNOR NF X 31-620. Cette norme constitue le socle de la certification « Prestation de services relatives aux sites et sols pollués ». Antea Group est certifiée selon cette norme. Antea Group applique les recommandations de la politique de gestion des sites et sols pollués du MEEDDAT, exprimée dans la Note du 19 avril 2017 et la Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués associée.

Les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>.



ANNEXES

- Annexe I : Abréviations
Annexe II : Méthodologie du Plan de Gestion
Annexe III : Synthèse des résultats des investigations réalisées sur le site

Annexe I : **Abréviations**

ENVIRONNEMENT	
AEI	Alimentation en Eau Industrielle
AEP	Alimentation en Eau Potable
FT	Flore Totale
ICPE	Installation Classée Pour l'Environnement
NGF	Nivellement Général de la France
NPHE	Niveau des Plus Hautes Eaux
PPRT	Plan de Prévention des risques Technologiques
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZNS	Zone Non Saturée
ZS	Zone Saturée

INSTITUTIONS	
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AFNOR	Association Française de Normalisation
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
COFRAC	COmité FRançais d'ACcréditation
DRIEE	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (spécifique IDF)
DREAL	Direction Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
UE	Union Européenne
UPDS	Union des Professionnels des entreprises de Dépollution de sites
USEPA	United States Environmental Protection Agency

ETUDES DE RISQUES	
ARR	Analyse des Risques Résiduels
BW	Body Weight (Poids corporel)
CE	Concentration d'Exposition
DJA	Dose Journalière Admissible
DJE	Dose Journalière d'Exposition
ED	Durée d'Exposition
EDR	Evaluation Détaillées de Risques
EQRS	Etude Quantitative de Risques Sanitaires
EF	Fréquence d'Exposition
ERI	Excès de Risque Individuel de cancer
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
ESR	Evaluation Simplifiée des Risques
ET	Temps d'Exposition

ETUDES DE RISQUES	
F	Fraction du temps d'exposition
GMS	Groundwater Modeling System
JE	Johnson & Ettinger (Modèle)
LOAEL	Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level
NAF	Facteur d'Atténuation Naturelle
NOAEL	No-Observed-Adverse-Effect-Level
QD	Quotient de Danger
RAIS	Risk Assessment Information System
RBCA	Risk-Based Corrective Action
Rack	Reference Concentration
SF	Slope Factor
TPHCWG	Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group
VF	Facteur de Volatilisation
VLE	Valeur Limite d'Exposition
VME	Valeur Moyenne d'Exposition
VTR	Valeurs Toxicologiques de Référence

SUBSTANCES, ELEMENTS & COMPOSES	
AOX	Adsorbable Organic Halogen
As	Arsenic
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
CA	Charbon Actif
CAV	Composés Aromatiques Volatiles
Cd	Cadmium
Cis-1,2-DCE	Cis-1,2-dichloroéthylène
CN	Cyanures
COHV	Composés Organo- Halogénés Volatils
COSV	Composés Organiques Semi-Volatiles
COT	Carbone Organique Total
CRO	Chrome
Cu	Cuivre
1,2-DCA	1,2-dichloroéthane
ETM	Eléments traces métalliques
Foc	Fraction de carbone organique
FOD	fioul domestique (fuel oil domestic)
GO	GasOil
H2S	hydrogène sulfuré
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT/HC	Hydrocarbures Totaux
Hg	Mercurie
LQ	Limite de quantification
MS	Matière Sèche
Ni	Nickel
OHV	Composés Halogénés volatils
Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles
PCE	Tétrachloroéthylène
PEHD	Polyéthylène haute densité
PP	Polypropylène
Ppm	Partie par million
PVC	Polychlorure de vinyle
1,1,1-TCA	1,1,1-trichloroéthane
TCE	Tétrachloroéthylène
Trans-1,2-DCE	Trans-1,2-dichloroéthylène
Zn	Zinc

MARCHES PUBLICS	
<i>AE</i>	Acte d'engagement
<i>AMO</i>	Assistance à Maître d'ouvrage
<i>BPE</i>	Bilan Prévisionnel d'exploitation
<i>CCAG</i>	Cahier des Clauses Administratives Générales
<i>CCAP</i>	Cahier des Clauses Administratives Particulières
<i>CCTG</i>	Cahier des Clauses Techniques Générales
<i>CCTP</i>	Cahier des Clauses Techniques Particulières
<i>DCE</i>	Dossier de Consultation des Entreprises
<i>DROC</i>	Déclaration réglementaire d'ouverture de chantier
<i>EPERS</i>	Élément pouvant entraîner la responsabilité solidaire du fabricant
<i>MOE</i>	Maître d'œuvre
<i>OPC</i>	Ordonnancement, Pilotage et Coordination
<i>PFD</i>	Programme Fonctionnel Détaillé
<i>PGC</i>	Plan Général de Coordination
<i>PGCSPS</i>	Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et Protection de la santé
<i>PPE</i>	Planning Prévisionnel d'Exécution
<i>PPSPS</i>	Plan Particulier de Sécurité et de Protection
<i>PRM</i>	Personne responsable du marché
<i>PUC</i>	Police Unique Chantier.
<i>VRD</i>	Voirie, Réseaux Divers

<i>SVE</i>	Soil Venting Extraction
<i>TN</i>	Terrain Naturel

INTERVENTION SUR SITE ET TRAVAUX DE DEPOLLUTION	
<i>ADR</i>	arrêté relatif au transport des Marchandises dangereuses par route
<i>ATEX</i>	ATmosphère EXplosible
<i>BRH</i>	Brise Roche Hydraulique
<i>BSD</i>	Bordereau de Suivi des Déchets
<i>CAP</i>	Certificat d'Acceptation Préalable
<i>CATOX</i>	CATalytic OXYdation
<i>DAP</i>	Demande d'Admission Préalable
<i>DIB</i>	Déchets Industriels Banals
<i>DICT</i>	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
<i>DIS</i>	Déchets Industriels Spéciaux
<i>DT</i>	Déclaration de Travaux
<i>DTQD</i>	Déchets Toxiques en Quantité Dispersée
<i>EPC</i>	Équipement de Protection Collective
<i>EPI</i>	Équipement de Protection Individuelle
<i>GMB</i>	Géomembrane
<i>GTX</i>	Géotextile
<i>ISCO</i>	In-Situ Chemical Oxydation
<i>ISDI</i>	Installation de Stockage de Déchets Inertes
<i>ISDND</i>	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
<i>ISDD</i>	Installation de Stockage de Déchets Dangereux
<i>FDS</i>	Fiche de Données de Sécurité
<i>MASE</i>	Manuel d'Amélioration de la Sécurité des Entreprises
<i>PEHD</i>	Polyéthylène haute densité
<i>PID</i>	Détecteur à photoionisation

Annexe II : Méthodologie du Plan de Gestion

Le Plan de Gestion peut se décomposer en 5 étapes :

- étape 1 : Contexte environnemental
- étape 2 : Identification des enjeux
- étape 3 : Caractérisation de l'état des milieux
- étape 4 : Analyse des enjeux
- étape 5 : Elaboration du Plan de Gestion

De plus, un **schéma conceptuel (ou modèle de fonctionnement)** est initié au démarrage de l'étude et mis à jour tout au long des étapes du Plan de Gestion. Le schéma conceptuel constitue les fondations sur lesquelles toute démarche de gestion doit reposer. Il permet de :

- synthétiser et mettre en relation les données disponibles concernant les sources de pollution, les voies de transfert, les usages des milieux¹¹ et les cibles, (Source, Transfert, Cible).
- identifier les données complémentaires à acquérir pour lever les incertitudes et répondre aux objectifs de l'étude.

➤ Etape 1 : Contexte environnemental du site

L'objectif de cette étape est de dresser le contexte environnemental du site, sur la base d'études antérieures et/ou d'une visite de site et/ou d'une étude historique et étude de vulnérabilité. Cette étape s'attache à préciser :

- la localisation du site, son état actuel et son occupation,
- le projet d'aménagement envisagé sur le site le cas échéant,
- le contenu des études antérieures portées à la connaissance d'ICF Environnement,
- les principales informations concernant l'historique,
- les éléments concernant la géologie, l'hydrogéologie, l'hydrologie,
- les usages sensibles recensés sur site et aux alentours.

➤ Etape 2 : Identification des enjeux à protéger

L'identification des enjeux a pour objet d'identifier les milieux susceptibles d'être contaminés par les éventuelles pollutions et les cibles potentielles, au regard du contexte environnemental du site. Il s'agit d'identifier :

- Les enjeux humains et sanitaires :
 - La présence de personnes susceptibles d'être affectées directement ou indirectement par les pollutions.
- Les enjeux environnementaux :
 - Les ressources et les milieux naturels à protéger ;
 - Les zones potentiellement polluées sur la zone étudiée ;
 - La vulnérabilité des milieux permettant de déterminer les premiers éléments des processus de transfert des substances potentiellement dangereuses ;
 - Les ouvrages existants ou à construire sur le site et les interactions éventuelles avec la qualité environnementale de la zone d'étude (description des éléments du projet).
- Les enjeux économiques :
 - les problématiques de pollution potentielle, éventuellement associées au projet.
- Les éventuels autres enjeux soulevés par le site.

¹¹ Les usages à considérer sont : les usages constatés des milieux pour l'IEM
les usages identifiés à l'issue du projet de réhabilitation ou du projet d'aménagement

Au terme de ces deux premières étapes, un schéma conceptuel initial du site est réalisé.

➤ **Etape 3 : Caractérisation des milieux sur site (et hors site le cas échéant)**

Sur la base de l'interprétation des données acquises au cours de l'identification des enjeux existants, la caractérisation de l'état des milieux doit être réalisée sur les sols, les eaux souterraines, les gaz du sol... Cette caractérisation se fait via des campagnes de mesures adaptées, réalisées sur le terrain, représentatives (autant que possible) et proportionnées aux seules voies d'exposition pertinentes identifiées au travers du schéma conceptuel initial réalisé à l'issue de l'étape 2.

A l'issue de ces campagnes d'investigations complémentaire, un bilan de l'état des milieux est établi sur la base de l'ensemble des données issues des investigations antérieures et, le cas échéant, des investigations complémentaires réalisées dans le cadre du Plan de Gestion. Ces données sont utilisées et synthétisées par milieu, de manière à avoir une vue d'ensemble de l'état du site, toutes campagnes confondues. Si nécessaire, les rapports d'intervention et/ou synthèses de chacune des études sont annexés au Plan de Gestion.

➤ **Etape 4 : Analyse des enjeux à protéger**

Un Plan de Gestion adapté d'un site doit répondre de manière appropriée aux problèmes rencontrés, au regard, entre autres, des enjeux identifiés. Lorsque la connaissance de la zone d'étude est suffisante¹², les enjeux identifiés doivent être analysés afin de :

- s'assurer de l'adéquation des milieux par rapport aux usages existants ou prévus dans le cadre d'un réaménagement planifié ;
- d'identifier les actions proportionnées et adaptées aux situations rencontrées et analysées au travers des outils d'évaluation des risques ;
- d'identifier les mesures de gestion telles que la surveillance ou des précautions d'usage (ex : servitudes).

Ainsi, après analyse des enjeux, le schéma conceptuel final (ou modèle de fonctionnement) est mis à jour avec les résultats obtenus lors de la caractérisation de l'état réel des milieux d'exposition.

➤ **Etape 5 : Elaboration du Plan de Gestion**

L'objectif premier du Plan de Gestion est de maîtriser les sources et leurs impacts.

Le Plan de Gestion ne peut être réalisé de manière cohérente que sur une base de données suffisante sur la qualité des milieux (sols, eaux souterraines, gaz du sol, air ambiant le cas échéant...).

La maîtrise des sources est un aspect fondamental du Plan de Gestion car elle participe de la démarche globale de réduction des émissions de substances responsables des expositions chimiques.

Qu'il soit possible ou non de maîtriser la totalité de la source, il faut maîtriser les impacts c'est-à-dire garantir que les impacts des émissions provenant des sources résiduelles ou « expositions résiduelles » sont acceptables pour les populations et l'environnement.

Le processus du Plan de Gestion est généralement progressif, itératif, évolutif et interactif. Il n'est en aucun cas définitivement figé, il doit être élaboré, avec bon sens, sur la base du projet d'aménagement, dans une perspective de développement durable et de bilan environnemental global.

¹² Sur la base d'études existantes et/ou de diagnostics complémentaires spécifiques à l'élaboration d'un Plan de Gestion

➤ Maîtrise des sources

Les possibilités de suppression des sources de pollution et de leurs impacts seront donc dûment recherchées.

Sans maîtrise des sources de pollution, il n'est économiquement ou techniquement pas possible de chercher à maîtriser les impacts. Ainsi, lorsque des pollutions concentrées et généralement localisées sont identifiées, la priorité consistera à les extraire.

Un bilan coûts/avantages pourra donc être établi afin de définir la faisabilité technique et économique du traitement des sources de pollution.

A défaut du traitement complet des pollutions, la maîtrise des impacts des sources résiduelles devra être démontrée tant pour les populations que pour l'environnement.

➤ Maîtrise des impacts

Quand il sera démontré qu'il n'est pas possible de supprimer la totalité des sources dans des conditions acceptables, il s'agira de garantir que les impacts des émissions provenant des sources résiduelles (ou expositions résiduelles) sont acceptables. Ainsi, il conviendra d'améliorer la qualité des milieux par un Plan de Gestion approprié et éventuellement, de limiter les usages des milieux ou en prévoyant des mesures de précaution adaptées.

➤ Synthèse des différentes options de gestion – Bilan coûts/ avantages

Les mesures de gestion d'un site n'étant pas uniques, les mesures de gestion proposées sont basées sur les éléments suivants :

- Les caractéristiques physico-chimiques des substances et de l'environnement ;
- La performance intrinsèque des techniques de traitement ;
- Les mesures constructives passives ou actives ;
- Les mesures de confinement ;
- L'étude des enjeux sanitaires (EQRS) et l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) en cas de pollution résiduelle ;
- Le plan de surveillance.

Un bilan coûts / avantages des différentes mesures de gestion est ensuite établi, si les données sont suffisantes, afin de définir la faisabilité technique et économique du traitement des sources de pollution. Les scénarios de gestion sont alors évalués sur différents critères tels que leur faisabilité technique, leur mise en œuvre, leur impact environnemental, leur performance, et leur coût de mise en œuvre.

Le bilan coûts – avantages devra fournir des éléments factuels de comparaison de chacune des solutions pertinentes. La justification des choix des techniques et la définition des mesures de gestion s'appuieront sur des critères explicites, argumentés et transparents.

Le Plan de Gestion le plus performant pour le site sera celui pour lequel le bilan coûts-avantages sera le plus favorable, tant au plan sanitaire qu'environnemental, en veillant à privilégier les options qui permettent :

- En premier lieu, d'éliminer les sources de pollution ;
- En second lieu, la désactivation des voies de transfert.

Les Plans de Gestion choisis ou équivalents constitueront l'avant-projet sommaire des travaux de réhabilitation.

Annexe III : Synthèse des résultats des investigations réalisées sur le site

Intitulé de l'étude	Date	Organisme	Référence
Stade d'eau vive – Epinal (88) - Diagnostic environnemental de la qualité des sols	22/11/2019	GEauPole	C.OR.19.097 / C.19.21.085

Synthèse des résultats

- **Investigations menées au droit de l'ensemble du site**, au droit des zones de pollution potentielle :
 - 3 sondages carotté à 15 m de profondeur/TN dans le cadre d'un étude géotechnique, suivi à 5 m pour les prélèvements environnementaux
 - Echantillonnage du milieu sol : 6 échantillons de sol dans les remblais et les alluvions,
 - analyses de ces échantillons au laboratoire : HCT, BTEX, HAP, PCB, métaux lourds, nitrites, nitrates, azote, phosphore, sur brut et sur éluât.
- **Milieu sol** :
 - impact diffus en HCT et HAP et ponctuel en BTEX,
 - impact diffus en métaux lourds,
 - teneur en plomb relevé au droit du sondage SC3 entre 0,7 et 1,2 m de profondeur/TN (402 mg/kg MS) supérieure au seuil d'intervention rapide fixé par le HCST (300 mg/kg MS),
 - teneur en zinc au droit du sondage SC2 entre 2 et 2,2 m de profondeur/TN (280 mg/kg MS) supérieure au fond géochimique (166 mg/kg MS),
 - dépassement des valeurs seuils d'acceptation des terres en ISDI sur 1 sondage (SC3 entre 0,7 et 1,2 m de profondeur/TN, avec une teneur en plomb sur éluât de 5,85 mg/kg MS): si des déblais sont à gérer dans ces zones, ils ne pourront pas être évacués en ISDI.

Intitulé de l'étude	Date	Organisme	Référence
Projet de stade d'eau vive à Epinal (88) – Diagnostic complémentaire de pollution	Septembre 2020	Antea Group	A105982/A

Synthèse des résultats

- **Investigations menées au droit de l'ensemble du site** :
 - 16 sondages de sol : 9 sondages à la tarière hydraulique et 7 sondages à la tarière manuelle,
 - 1 prélèvement de sédiments de la Moselle
 - 3 piézaires,
 - Echantillonnage des différents milieux : 20 échantillons de sol, 1 échantillon de sédiments de la Moselle, 3 échantillons de gaz du sol,
 - analyses des échantillons de sol au laboratoire : métaux lourds, HCT, BTE, HAP, PCB, bilan ISDI,
 - analyses de l'échantillon de sédiments au laboratoire : métaux lourds, bilan ISDI,
 - analyses des échantillons de gaz de sol au laboratoire : TPH, BTEX, naphtalène,
- **Milieu sol** :
 - impact diffus sur le site en métaux lourds,
 - teneur en mercure au droit du sondage St01 entre 0,1 et 1,5 m de profondeur/TN (14 mg /kg MS) 40 fois supérieure au fond géochimique (0,32 mg/kg MS),
 - teneur en plomb au droit du sondage Sm14 (310 mg/kg MS) supérieure au seuil d'intervention rapide fixé par le HCST (300 mg/kg MS),
 - présence diffuse de HCT, avec notamment un dépassement du seuil d'acceptation en ISDI au droit du sondage St04 entre 0,1 et 1,2 m de profondeur/TN,
 - présence de HAP de façon diffuse et de BTEX de manière ponctuelle,

- dépassement des valeurs seuils d'acceptation des terres en ISDI sur 2 sondages : si des déblais sont à gérer dans ces zones, ils ne pourront pas être évacués en ISDI.
- **Sédiments de la Moselle :**
 - détection de HCT, de métaux, HAP et PCB,
 - dépassement des valeurs seuils d'acceptation des terres en ISDI : si des déblais sont à gérer dans cette zone, ils ne pourront pas être évacués en ISDI.
- **Milieu gaz du sol :**
 - présence d'hydrocarbure aliphatique et de naphthalène dans 2 des 3 ouvrages prélevés,
 - présence de BTEX dans les 3 ouvrages prélevés.

Plan de localisation des investigations



Résultats des analyses de sols – campagne Antea group (2/6)

Paramètre	Unité	Seuil ISDI	FG	St01	St01	St02	St02	St03	St03	St04	St05	St06	St07	St08	St08	St09	Sm10	Sm11	Sm12	Sm13	Sm14	Sm15	Sm16
				0,1-1,5m	1,5-2,6m	0.1-1.5m	1.5-2.7m	0.1-1.2m	1.2-2.9m	0.1-1.2m	0.1-1.0m	0.1-0.4m	0.1-0.6m	0.1-1.5m	1.5-3.0m	0.1-1.0m	0.1-0.2m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.25m	0.05-0.15m
Sur brut																							
Matière sèche	Gew%			90,1	91,5	95,5	96,8	90,0	92,9	95,0	97,0	96,6	96,8	92,7	88,6	95,2	90,7	92,0	86,4	91,8	96,0	96,7	93,6
Paramètres globaux / Indices																							
COT claculé d'ap. matière organique	mg/kg	30 000		38 000		17 000		31 000		27 000	19 000	34 000	36 000	16 000		42 000							
Éléments traces métalliques																							
Chrome (Cr)	mg/kg		132	17	57			23		38	55	42	56	17		21	20	15	20	21	36	26	19
Nickel (Ni)	mg/kg		74	9	13			11		25	12	12	16	10		20	13	11	11	12	18	10	11
Cuivre (Cu)	mg/kg		68	220	23			19		45	24	24	27	16		28	31	28	20	40	150	19	24
Zinc (Zn)	mg/kg		166	240	51			44		180	54	66	76	40		68	84	73	57	130	260	70	75
Arsenic (As)	mg/kg		25	13	17			15		17	17	11	13	11		10	15	14	11	11	18	10	13
Cadmium (Cd)	mg/kg		1,05	<0,7	<0,5			<0,5		<0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5
Mercurure (Hg)	mg/kg		0,32	14	0,3			0,1		0,2	0,1	0,2	0,3	0,1		0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,1
Plomb (Pb)	mg/kg		121	560	130			32		120	29	60	45	42		52	52	150	42	75	310	42	49
Hydrocarbures totaux																							
Hydrocarbures > C10-C12	mg/kg			<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C12-C16	mg/kg			<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C16-C21	mg/kg			<20	<20	<20	<20	<20	24	59	<20	22	<20	<20	<20	<20	38	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Hydrocarbures > C21-C35	mg/kg			80	<20	<20	<20	160	260	460	48	180	89	<20	<20	65	62	130	57	170	69	190	50
Hydrocarbures > C35-C40	mg/kg			<20	<20	<20	<20	110	190	99	<20	46	<20	<20	<20	<20	<20	30	<20	58	<20	100	<20
Indice hydrocarbure C10-C40	mg/kg	500		110	22	23	<20	290	480	630	78	250	130	<20	<20	97	87	210	84	260	99	300	76
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																							
Naphtalène	mg/kg			<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,09	0,07	0,06	0,05	0,08	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,41	<0,05	<0,05	<0,06	<0,05	<0,05
Acénaphthylène	mg/kg			0,14	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	0,08	0,06	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	0,15	<0,05	0,10	0,07	<0,05	0,12	
Acénaphthène	mg/kg			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,96	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluorène	mg/kg			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,61	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Phénanthrène	mg/kg			0,34	0,40	0,15	0,09	0,7	<0,05	0,39	0,29	0,38	0,48	<0,05	<0,05	0,33	0,22	5,1	0,21	0,40	0,55	0,06	0,22
Anthracène	mg/kg			0,20	0,10	<0,05	<0,05	0,21	0,27	0,15	0,11	0,18	0,12	<0,05	<0,05	0,11	0,17	0,84	0,06	0,19	0,16	<0,05	0,13
Fluoranthène	mg/kg			0,94	0,75	0,29	0,15	1,7	2,4	0,64	0,48	1,3	1,0	0,10	0,09	0,89	0,86	6,4	0,50	0,95	1,3	0,16	0,49
Pyrène	mg/kg			0,79	0,62	0,23	0,11	1,4	1,9	0,55	0,38	1,0	0,83	0,09	0,08	0,71	0,73	4,8	0,38	0,74	1,0	0,12	0,41
Benzo(a)anthracène	mg/kg			0,51	0,35	0,16	0,08	1,0	1,5	0,38	0,24	0,90	0,79	0,05	0,06	0,65	0,58	2,6	0,32	0,62	0,58	0,09	0,30
Chrysène	mg/kg			0,43	0,30	0,15	0,07	0,83	1,2	0,35	0,21	0,77	0,69	<0,05	<0,05	0,54	0,47	2,1	0,29	0,51	0,54	0,08	0,26
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg			0,81	0,54	0,28	0,14	1,7	2,4	0,6	0,40	1,6	1,2	0,10	0,10	1,2	1,0	3,4	0,57	1,0	1,0	0,18	0,58
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg			0,30	0,20	0,10	0,05	0,59	0,89	0,21	0,14	0,52	0,46	<0,05	<0,05	0,42	0,37	1,2	0,21	0,37	0,36	0,06	0,21
Benzo(a)pyrène	mg/kg			0,55	0,42	0,17	0,09	1,2	1,7	0,41	0,26	0,99	0,77	0,06	0,06	0,80	0,68	2,4	0,34	0,66	0,65	0,11	0,37
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg			<0,11	<0,08	<0,05	<0,05	<0,22	<0,35	<0,11	<0,08	<0,22	<0,24	<0,05	<0,05	<0,18	<0,16	<0,44	<0,08	<0,15	<0,13	<0,05	<0,09
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg			0,40	0,28	0,14	0,07	0,97	1,6	0,35	0,23	0,81	0,65	0,05	<0,05	0,75	0,56	1,7	0,30	0,58	0,53	0,10	0,32
Benzo(g,h,i)perylyène	mg/kg			0,41	0,28	0,13	0,07	0,84	1,4	0,37	0,21	0,69	0,66	<0,05	<0,05	0,68	0,49	1,5	0,28	0,52	0,49	0,12	0,28
Somme des HAP	mg/kg	50		5,8	4,3	1,8	0,95	11,3	15,5	4,5	3,1	9,4	7,8	0,45	0,38	7,1	6,3	34,2	3,4	6,6	7,2	1,1	3,7
Benzène et aromatiques (BTEX)																							
Benzène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Toluène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ethylbenzène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
m-, p-Xylène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	0,21	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
o-Xylène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cumène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
m-, p-Ethyltoluène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Mésitylène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
o-Ethyltoluène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Pseudocumène	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Somme des BTEX	mg/kg	6		-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	0,21	-/-	-/-	0,21	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-

Résultats des analyses de sols – campagne Antea group (3/6)

Paramètre	Unité	Seuil ISDI	FG	St01	St01	St02	St02	St03	St03	St04	St05	St06	St07	St08	St08	St09	Sm10	Sm11	Sm12	Sm13	Sm14	Sm15	Sm16
				0,1-1,5m	1,5-2,6m	0.1-1.5m	1.5-2.7m	0.1-1.2m	1.2-2.9m	0.1-1.2m	0.1-1.0m	0.1-0.4m	0.1-0.6m	0.1-1.5m	1.5-3.0m	0.1-1.0m	0.1-0.2m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.3m	0.05-0.25m
PCB																							
PCB n°28	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB n°52	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB n°101	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB n°118	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB n°138	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB n°153	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB n°180	mg/kg			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Somme des 7 PCB	mg/kg	1		-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Lixiviation																							
Carbone organique total (COT)	mg/kg	500		54		48		30		120	110	78	75	43		33							
Sulfates (SO4)	mg/kg	1 000		2 300		120		<100		<100	140	<100	<100	<100		<100							
Phénol (indice)	mg/kg	1		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1							
Fraction soluble	mg/kg	4 000		3 900		<1000		<1000		1 200	<1000	1 100	<1000	<1000		<1000							
Fluorures (F)	mg/kg	10		4		3		4		6	6	3	4	5		3							
Chlorures (Cl)	mg/kg	800		<100		<100		<100		<100	<100	<100	<100	<100		<100							
Éléments																							
Mercure (Hg)	mg/kg	0,01		<0,001		0,003		<0,002		<0,001	0,002	0,002	0,003	0,001		0,004							
Chrome (Cr)	mg/kg	0,5		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05							
Nickel (Ni)	mg/kg	0,4		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1							
Cuivre (Cu)	mg/kg	2		0,05		<0,05		<0,05		0,11	0,08	<0,05	0,07	<0,05		<0,05							
Zinc (Zn)	mg/kg	4		<0,5		<0,5		<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5							
Arsenic (As)	mg/kg	0,5		0,08		0,03		0,15		<0,03	0,16	<0,03	0,05	0,1		0,09							
Selenium (Se)	mg/kg	0,1		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1							
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,04		<0,015		<0,015		<0,015		<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015		<0,015							
Baryum (Ba)	mg/kg	20		0,36		0,11		<0,05		0,36	0,07	0,2	0,17	0,13		0,09							
Plomb (Pb)	mg/kg	0,5		<0,1		<0,1		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1							
Molybdène (Mo)	mg/kg	0,5		0,33		<0,1		<0,1		0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1							
Antimoine (Sb)	mg/kg	0,06		0,62		<0,05		<0,05		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05							

Résultats des analyses des sédiments – campagne Antea group (1/2)

Paramètre	Unité	Seuil ISDI	S1	Sed17
Sur brut				
Matière sèche	Gew%			64,6
Paramètres globaux / Indices				
COT claculé d'ap. matière organique	mg/kg	30 000		57 000
Éléments traces métalliques				
Chrome (Cr)	mg/kg		150	31
Nickel (Ni)	mg/kg		50	10
Cuivre (Cu)	mg/kg		100	24
Zinc (Zn)	mg/kg		300	81
Arsenic (As)	mg/kg		30	11
Cadmium (Cd)	mg/kg		2	<0,5
Mercuré (Hg)	mg/kg		1	0,3
Plomb (Pb)	mg/kg		100	64
Hydrocarbures totaux				
Hydrocarbures > C10-C12	mg/kg			<20
Hydrocarbures > C12-C16	mg/kg			<20
Hydrocarbures > C16-C21	mg/kg			<20
Hydrocarbures > C21-C35	mg/kg			98
Hydrocarbures > C35-C40	mg/kg			<20
Indice hydrocarbure C10-C40	mg/kg	500		130
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				
Naphtalène	mg/kg			<0,05
Acénaphthylène	mg/kg			0,12
Acénaphène	mg/kg			<0,05
Fluorène	mg/kg			<0,05
Phénanthrène	mg/kg			0,57
Anthracène	mg/kg			0,23
Fluoranthène	mg/kg			1,3
Pyrène	mg/kg			1,0
Benzo(a)anthracène	mg/kg			0,70
Chrysène	mg/kg			0,59
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg			1,1
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg			0,40
Benzo(a)pyrène	mg/kg			0,73
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg			<0,12
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg			0,53
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg			0,48
Somme des HAP	mg/kg	50	22,8	7,8

Résultats des analyses des sédiments – campagne Antea group (2/2)

Paramètre	Unité	Seuil ISDI	S1	Sed17
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)				
Benzène	mg/kg			<0,1
Toluène	mg/kg			<0,1
Ethylbenzène	mg/kg			<0,1
m-, p-Xylène	mg/kg			<0,1
o-Xylène	mg/kg			<0,1
Cumène	mg/kg			<0,1
m-, p-Ethyltoluène	mg/kg			<0,1
Mésitylène	mg/kg			<0,1
o-Ethyltoluène	mg/kg			<0,1
Pseudocumène	mg/kg			<0,1
Somme des CAV	mg/kg	6		-/-
PCB				
PCB n°28	mg/kg			<0,01
PCB n°52	mg/kg			<0,01
PCB n°101	mg/kg			<0,01
PCB n°118	mg/kg			<0,01
PCB n°138	mg/kg			0,015
PCB n°153	mg/kg			0,015
PCB n°180	mg/kg			<0,01
Somme des 7 PCB	mg/kg	1	0,68	0,031
Lixiviation				
Carbone organique total (COT)	mg/kg	500		43
Sulfates (SO4)	mg/kg	1 000		690
Phénol (indice)	mg/kg	1		<0,1
Fraction soluble	mg/kg	4 000		<1000
Fluorures (F)	mg/kg	10		<10
Chlorures (Cl)	mg/kg	800		<100
Éléments				
Chrome (Cr)	mg/kg	0,5		<0,05
Nickel (Ni)	mg/kg	0,4		<0,1
Cuivre (Cu)	mg/kg	2		<0,05
Zinc (Zn)	mg/kg	4		<0,5
Arsenic (As)	mg/kg	0,5		0,09
Selenium (Se)	mg/kg	0,1		<0,1
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,04		<0,015
Baryum (Ba)	mg/kg	20		1,8
Plomb (Pb)	mg/kg	0,5		0,12
Molybdène (Mo)	mg/kg	0,5		<0,1
Antimoine (Sb)	mg/kg	0,06		0,09
Mercure (Hg)	mg/kg	0,01		<0,001

Résultats des analyses de gaz du sol – campagne Antea group

Paramètre	Unité	GP18	GP19	GP20
Hydrocarbures totaux				
Hydrocarbures aromatiques C6-C7	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	µg/m ³	<16,7	<8,3	<8,4
Indice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	µg/m ³	<83,3	<8,3	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	µg/m ³	<83,3	<8,3	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7	µg/m ³	<83,3	<8,3	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	µg/m ³	<83,3	<8,3	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9	µg/m ³	<83,3	<8,3	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10	µg/m ³	<83,3	165,8	48,8
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11	µg/m ³	<83,3	182,4	92,6
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12	µg/m ³	<83,3	99,5	79,1
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13	µg/m ³	<83,3	<41,4	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14	µg/m ³	<83,3	<41,4	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15	µg/m ³	<83,3	<41,4	<42,1
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16	µg/m ³	<83,3	<41,4	<42,1
Indice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	µg/m ³	<416,5	455,9	218,8
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)				
Benzène	µg/m ³	9,8	2,5	<1,7
Toluène	µg/m ³	9,7	2,1	<1,7
Ethylbenzène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
m-, p-Xylène	µg/m ³	3,8	1,9	1,9
o-Xylène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
Cumène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
m-, p-Ethyltoluène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
Mésitylène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
o-Ethyltoluène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
Pseudocumène	µg/m ³	<3,3	<1,7	<1,7
Naphtalène	µg/m ³	<3,3	2,2	3,3
Somme des CAV	µg/m ³	23,3	8,7	5,2
Aucune détection sur les blancs de transport/terrain				
Aucune détection sur les couches de contrôle				



Antea Group est certifié :



Attestations réglementaires
Art. 3 de l'AM du
19/12/18
Certificat de conformité
N°35932 - 0



www.lne.fr

(Gennevilliers)

ANNEXE 14 : RAPPORT DE PÊCHE ÉLECTRIQUE DE JUILLET 2020 (FDPPMA 88)



BUREAU D'ÉTUDES JACQUEL & CHATILLON

Environnement et Energies

www.be-jc.com

« Réalisation d'un inventaire piscicole sur la Moselle entre le barrage du Saulcy et le barrage de la Gosse à Epinal »

DEPARTEMENT DES VOSGES (88)

COMMUNE D'EPINAL (88 000)

BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE



RAPPORT D'ETUDE - JUILLET 2020

Demandeur :



BUREAU D'ÉTUDES JACQUEL & CHATILLON

Environnement et Energies
www.be-jc.com

Réalisation de l'étude :



Crédits photographiques : Fédération des Vosges pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et Bureau d'études Jacquiel & Chatillon.

Table des matières

I.	Préambule	5
II.	Contexte	5
III.	Présentation secteur d'étude.....	5
III.1.	Description du projet.....	5
III.2.	Description de la zone d'étude.....	6
III.2.1)	Caractéristiques de la masse d'eau.....	6
III.2.2)	Description du tronçon	7
III.2.3)	Données hydrobiologiques disponibles	7
IV.	Matériel et méthode	9
IV.1.	Méthode.....	9
IV.2.	Matériel et moyens humains	11
V.	Résultats	14
VI.	Discussion	15
VII.	Conclusion	16
Annexes	17
Annexe 1 :	Photos de quelques espèces présentes sur la station.....	17
Annexe 2 :	Compte rendu d'opération de la prospection piscicole.....	18

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude	5
Figure 2 : Vue d'ensemble du secteur d'étude.....	6
Figure 3 : Cartographie de l'emplacement des points de pêche.....	11

Liste des tableaux

Tableau 1 : Espèces présentes lors de la pêche de sauvetage du 20 août 2018.....	8
Tableau 2 : Synthèse des longueurs de linéaires minimales à prospecter en fonction de la largeur du cours d'eau	9
Tableau 3 : Répartition matériel et moyens humains par poste.....	12

I. Préambule

Le rapport présente les résultats obtenus pour la pêche électrique réalisée sur la Moselle au niveau du Pont de la République à Epinal. Cet inventaire a eu lieu le 3 juillet 2020 entre le barrage du Saulcy à Epinal (limite amont) et le barrage de la Gosse (limite aval).

Cet échantillonnage est réalisé dans le cadre de l'étude du projet de stade d'eaux vives porté par la Communauté d'Agglomération d'Epinal. Il a été commandité par le bureau d'étude Jacquelin et Chatillon et effectué par la Fédération de Pêche des Vosges.

II. Contexte

La communauté d'agglomération d'Epinal dans une vision de développement du territoire a mandaté le bureau d'études Jacquelin et Chatillon pour élaborer un projet de stade d'eaux vives au niveau du secteur du port d'Epinal. Ce projet s'inscrit dans une démarche globale autour de la thématique de l'eau et du tourisme à l'échelle de l'agglomération. Ce stade doit permettre de disposer d'un nouveau parcours destiné à accueillir des compétitions internationales.

III. Présentation secteur d'étude

III.1. Description du projet

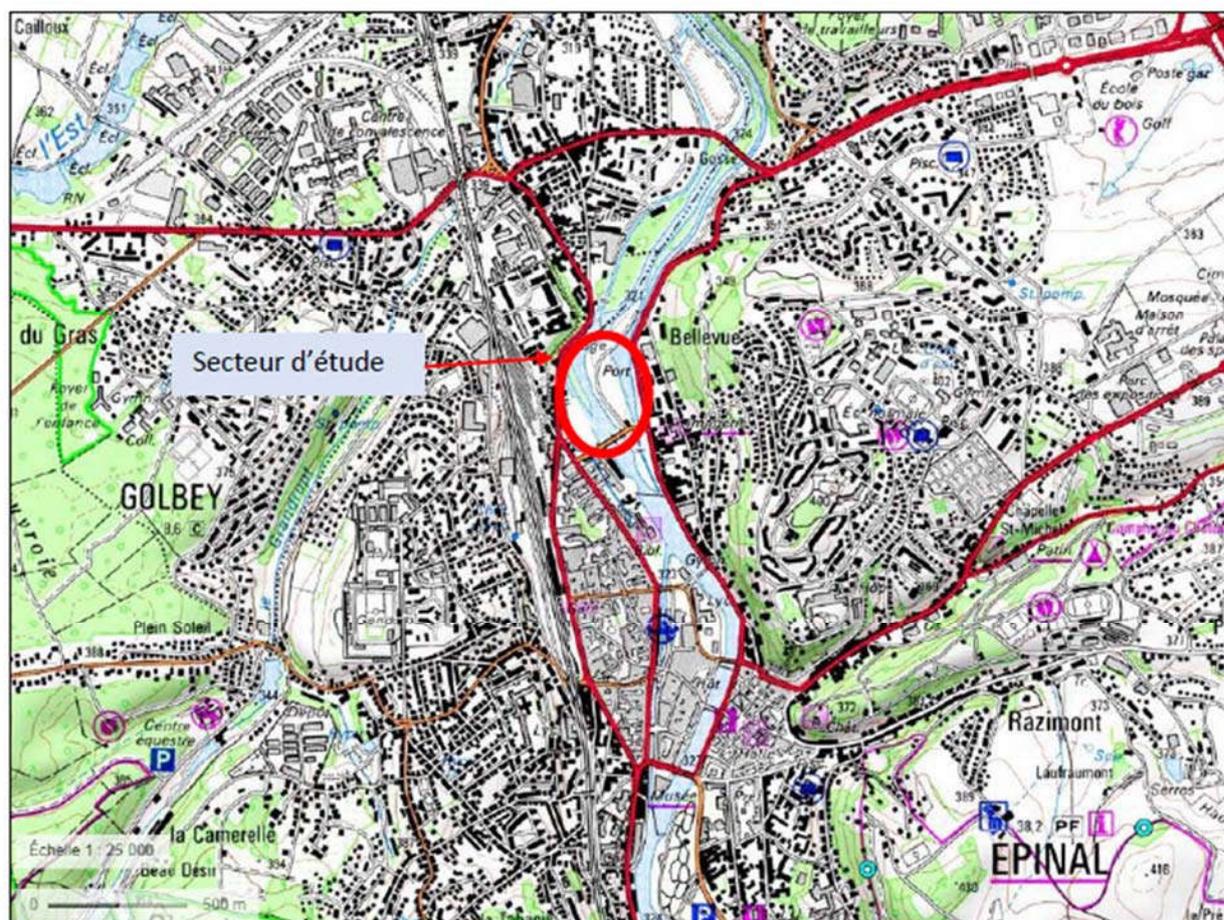


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude

L'objet principal du projet est la réalisation d'une infrastructure pour assurer la pratique de sports d'eaux vives. Cette pratique est destinée au public local, aux touristes et aux sportifs. Les aménagements sont projetés en rive droite de la Moselle en amont du barrage hydroélectrique de la Gosse.

Les aménagements prévus étant de nature à modifier les écoulements de la Moselle et l'hydrologie générale au droit d'autres ouvrages, une étude hydraulique du projet a été réalisée afin d'évaluer ses impacts sur l'état initial du site, quels que soient les débits (Cf. Etude hydraulique en Annexe extérieure). Cette étude permet de conclure que selon les simulations, l'impact du projet sera négligeable sur les niveaux de crues courantes à exceptionnelles. De plus, il n'y aura aucune incidence sur la quantité de surfaces inondées actuelles (Be-Jc).

Toutefois, dans le cadre de l'élaboration du dossier d'autorisation, il est demandé au pétitionnaire, d'étudier l'impact du projet sur la faune piscicole.

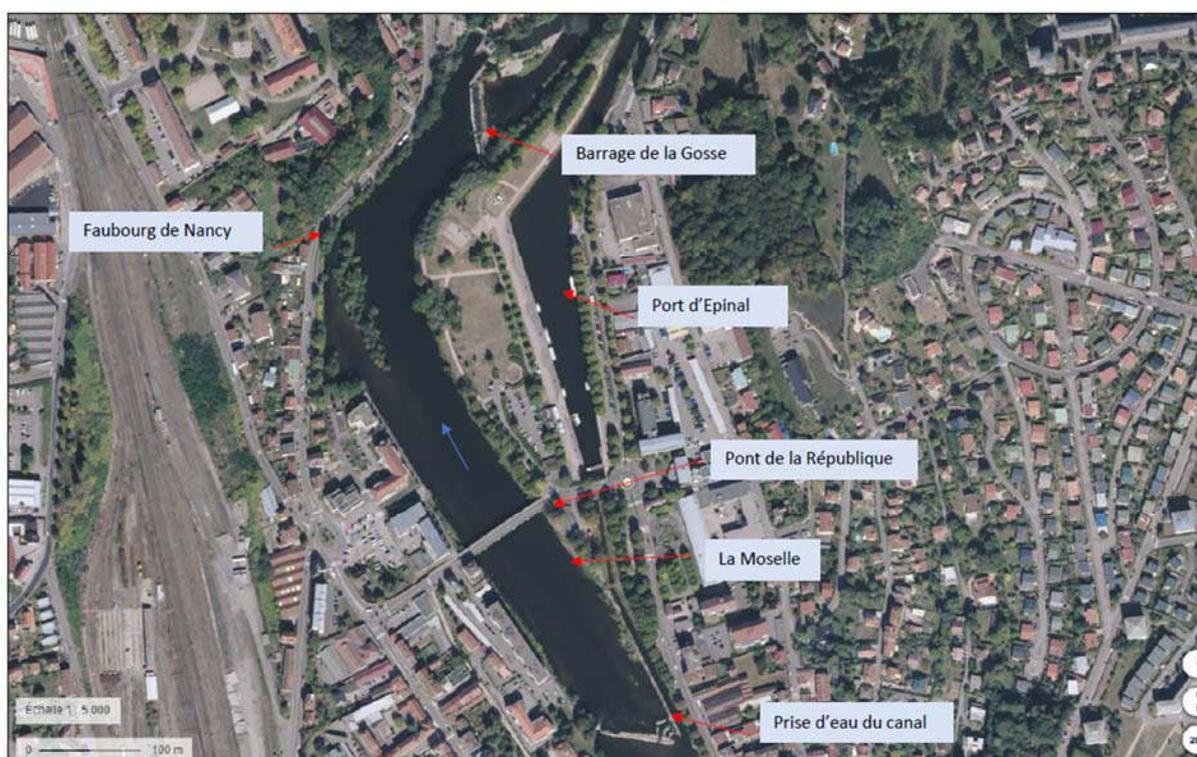


Figure 2 : Vue d'ensemble du secteur d'étude

III.2. Description de la zone d'étude

III.2.1) Caractéristiques de la masse d'eau

La zone d'étude correspond aux zones dénoyées pour un abaissement d'un mètre du niveau d'eau de la Moselle en amont du barrage de la Gosse à Epinal.

A ce niveau, la Moselle appartient à la masse d'eau Moselle 3 (FRCR210) qui possède un objectif d'atteinte du bon état écologique et chimique pour 2027. Le motif de report pour cette masse d'eau est la présence de pollution résiduelle et/ou provenant de l'amont excessive et un coût des mesures d'assainissement trop élevé.

Une station de suivi appartenant au réseau RSPRM (0200000059) se situe quelques centaines de mètres en amont du secteur d'étude. L'état écologique jugé bon entre 2016 et 2018 ne tient pas compte des paramètres biologiques (invertébrés aquatiques, diatomées, poissons, macrophytes) puisqu'aucune donnée n'est disponible. Cet état est calculé selon les critères de l'arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique.

L'état chimique sur la période 2016-2018 est bon avec toutefois des valeurs seuils dépassées pour certains paramètres (Benzo(g,h,i)pérylène, carbendazime). Pour les sédiments, seul du propiconazole (20µg/(kg MS)) a été retrouvé en 2012.

III.2.2) Description du tronçon

Le tronçon d'étude se trouve dans un environnement particulièrement urbain. L'aval est matérialisé par le barrage hydroélectrique de la Gosse. La limite amont se situe au niveau de la prise d'eau du port d'Epinal (barrage du Saulcy).

Les écoulements sont globalement lents avec toutefois une légère variabilité en amont du pont de la République en raison de la présence de l'ouvrage de prise d'eau qui dynamise quelque peu les écoulements en amont de la zone de remous.

La rive droite est particulièrement abrupte et profonde au droit du complexe urbain du port d'Epinal. En amont du pont de la République, la typologie est quelque peu modifiée avec une berge moins prononcée qui offre une profondeur moyenne de l'ordre du mètre.

La rive gauche présente une berge artificialisée le long du faubourg de Nancy en amont du canal de prise d'eau de la centrale hydroélectrique. A ce niveau, la profondeur dépasse largement 2m. Une zone moins profonde est localisée au droit de l'île située en aval du pont de la République. Le linéaire amont restant, est globalement uniforme avec une artificialisation complète jusqu'au barrage de prise d'eau du port.

III.2.3) Données hydrobiologiques disponibles

- Données piscicoles antérieures

Compte tenu du caractère artificialisé du milieu et de sa profondeur élevée, peu de données hydrobiologiques sont disponibles.

Toutefois, une pêche de sauvetage a été réalisée par la FDPPMA 88 le 20 août 2018 lors de la réfection du barrage de la Gosse. A noter que la pêche a été effectuée à l'aval du barrage de la Gosse, dans une fosse et des enrochements situés en dehors du tronçon étudié au travers du présent rapport. Il a pu être mis en évidence la présence des espèces suivantes :

Tableau 1 : Espèces présentes lors de la pêche de sauvetage du 20 août 2018

Espèces présentes	Taille min (cm)	Taille max (cm)	% poids (estimé)
TRF	25	50	10
CHE	8	30	55
CHA	5	10	1
SPI	6	12	10
VAN	10	18	4
PER	23	23	1
BAF	15	50	10
LOF	8	10	1
LOT	35	45	5
GOU	8	12	1
VAI	4	6	1
GAR	10	15	1
TOTAL			100

- Données asticoles

Des observations asticoles ont été réalisées par la FDPPMA 88 dans le cadre du Groupe Ecrevisse Lorrain (G.E.L.) devenu le Groupe Ecrevisse Rhin-Meuse (G.E.R.M.) lors de la création de l'Union de Bassin Rhin-Meuse (UBRM).

L'écrevisse américaine (L') (*Faxonius limosus*) est référencée dans le cours d'eau tout comme dans le canal des Vosges au niveau du port d'Epinal. Il peut également être mentionné la présence de l'écrevisse du pacifique (*Pacifastacus leniusculus*) en amont du site d'étude.

- Données sur les bivalves

En décembre 2019, la Fédération de Pêche des Vosges a réalisé dans le cadre de cette même étude un inventaire dans le but de mettre en évidence ou d'infirmer la présence de l'espèce de naïdades : *Unio crassus*.

Bien que la présence d'*Unio crassus* n'ait pas été révélée, les prospections ont permis de mettre en exergue les espèces vivantes suivantes :

- **L'Anodonte des rivières** (*Anodonta anatina*),
- **La Mulette des peintres** (*Unio pictorum*),
- **La Corbicule asiatique** (*Corbicula fluminea*).



Corbicula fluminea



Unio pictorum



Anodonta anatina

IV. Matériel et méthode

La pêche électrique est le mode d'échantillonnage retenu pour la capture des espèces piscicoles. La composition et la structure des peuplements en place permettent de qualifier la qualité piscicole d'une rivière.

Ce type d'opération est encadré par des normes (norme européenne EN 14011 est spécifique aux pêches à l'électricité) qui permettent de garantir un échantillon reproductible et suffisamment représentatif des caractéristiques de la station pour évaluer l'état du peuplement en place.

Le « Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité » publié par l'ONEMA en 2008 (Belliard et al., 2012) est utilisé comme référence et regroupe les différentes méthodes de pêche homologuées.

IV.1. Méthode

- Principe

La pêche électrique consiste à émettre un champ électrique, non létal. Ce dernier induit chez le poisson un comportement d'électrotaxie (déplacement forcé d'un organisme soumis à un champ électrique) orienté vers l'anode. Il s'explique par une contraction involontaire des muscles locomoteurs (Barrons & Matthews, 1938; Diner & Le Men, 1971). Un générateur électrique délivre un courant continu entre deux électrodes immergées: une cathode fixe et une anode manipulée par un opérateur. Le voltage utilisé (entre 200 volts et 1000 volts) est réglé de façon à être inversement proportionnel à la conductivité de l'eau. Les réglages doivent être mis en œuvre finement afin de réaliser une bonne capturabilité du poisson sans le blesser (vérification de la conductivité, réglage de la tension). Les poissons à proximité de l'anode soumis au champ électrique sont alors capturés à l'aide d'une épuisette. Le poisson est alors stocké dans des bassines avant d'être amené vers le poste de biométrie.

- Protocole standard

Les principales contraintes qui régissent la configuration de la pêche étant :

- la profondeur du milieu à prospecter,
- la longueur de la station d'échantillonnage qui doit répondre aux critères de largeur en eau suivants :

Tableau 2 : Synthèse des longueurs de linéaires minimales à prospecter en fonction de la largeur du cours d'eau

Largeur du cours d'eau (en m)	Longueur minimale de la station échantillonnée (en m)
< 3	60
3 à 30	20 x largeur
30 à 60	600
> 60	10 x largeur

Deux modes de prospections peuvent être appliqués suivant la configuration du linéaire à échantillonner.

Dans le cas d'un cours d'eau prospectable dans son intégralité (moins de 5% de la surface totale du linéaire non prospectable) et d'une largeur en eau de moins de 9 mètres (+/-1m), une pêche "complète" à pied est privilégiée. La totalité de la station est alors parcourue à pied, de l'aval vers l'amont.

Dans le cas d'un cours d'eau non prospectable dans son intégralité, ou de plus de 9 mètres de large, une méthode d'échantillonnage ponctuel, préconisée pour ce type d'échantillonnage (cf. Belliard et al., 2012), est réalisée à pied ou en bateau. Ce mode de prospection est inspiré de la méthode

d'Echantillonnage Ponctuel d'Abondance (ou EPA) (Nelva et al., 1981; Persat et Copp, 1990). Il diffère toutefois de l'EPA par le fait qu'elle fait se définir suivant un échantillonnage stratifié et fait intervenir deux sous-échantillons. Un premier, "représentatif", stratifié (nombre de points proportionnel à la surface de chaque habitat prospecté) suivant les principaux faciès de la station (75 points minimum). Un second, "complémentaire", ciblé sur des habitats anecdotiques non considérés dans le sous-échantillon précédent, mais potentiellement attractifs pour certaines espèces (jusqu'à 10 points supplémentaires). Une unité d'échantillonnage (ou point) consiste à échantillonner pendant 30 secondes un cercle d'environ 12,5m².

- Application au site d'étude :

Un protocole spécifique aux « Echantillonnage Grands Milieux" (EGM) a été mis au point par le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) en 2004 pour harmoniser les méthodologies d'échantillonnage au niveau européen. Ce protocole consiste à réaliser une pêche dite « partielle », en bateau, reposant sur des échantillons Ponctuels d'Abondance (EPA) répartis aléatoirement sur le cours d'eau.

L'objectif de la pêche est de réaliser un échantillon représentatif de la population piscicole présente sur le site d'étude tant du point de vue des espèces retrouvées et des indices d'abondance que de la structure de la population en place. En aucun cas les données quantitatives recueillies ne permettent d'estimer précisément l'effectif total des individus dans l'aire d'étude.

La largeur du milieu de plus de 60 m classe le cours d'eau dans la catégorie des grands milieux selon le protocole. Par conséquent, la longueur de la station est rapportée à 10 fois la largeur elle correspond dans le cas présent à 700m entre les deux barrages.

La taille du milieu à prospecter et sa profondeur variable dirige le type de pêche pratiquée vers la méthode de la pêche partielle par points. Pour ce faire, les « zones pêchables » avec moins de 1,5m de profond ont été définies au préalable et ont amené à faire le choix d'une prospection mixte, associant des zones de prospection à pieds et en bateau.

Sur la présente station, les zones pêchables correspondent aux berges (largeur 3m) qui ont été prospectées en bateau l'une après l'autre et à la zone de radier en aval du barrage prospectée à pieds au travers d'un cheminement en zig-zag.

La cartographie des points de pêches est matérialisée ci-dessous. La surface de zones pêchables a été déterminée afin de placer les points de manière proportionnelle et régulière en respectant une distance minimale entre les points de 4 m à pied et 10 m en bateau. Ainsi, 100 points ont été répartis de façon cohérente sur la station avec l'objectif de constituer un échantillon représentatif du peuplement en place (composition en espèces, abondances relatives, distribution des tailles). Ceux-ci ont été complétés par 10 points complémentaires afin d'échantillonner des habitats spécifiques faiblement représentés mais attractifs permettant de compléter la liste avec des espèces moins représentées.

En moyenne, la surface échantillonnée est évaluée à 12,5m² par point. Sur chaque point, le temps de pêche est compris entre 15 et 30 secondes. La pêche est réalisée en une seule prospection pour une durée de 2 heures pour une surface totale prospectée de 1375 m².

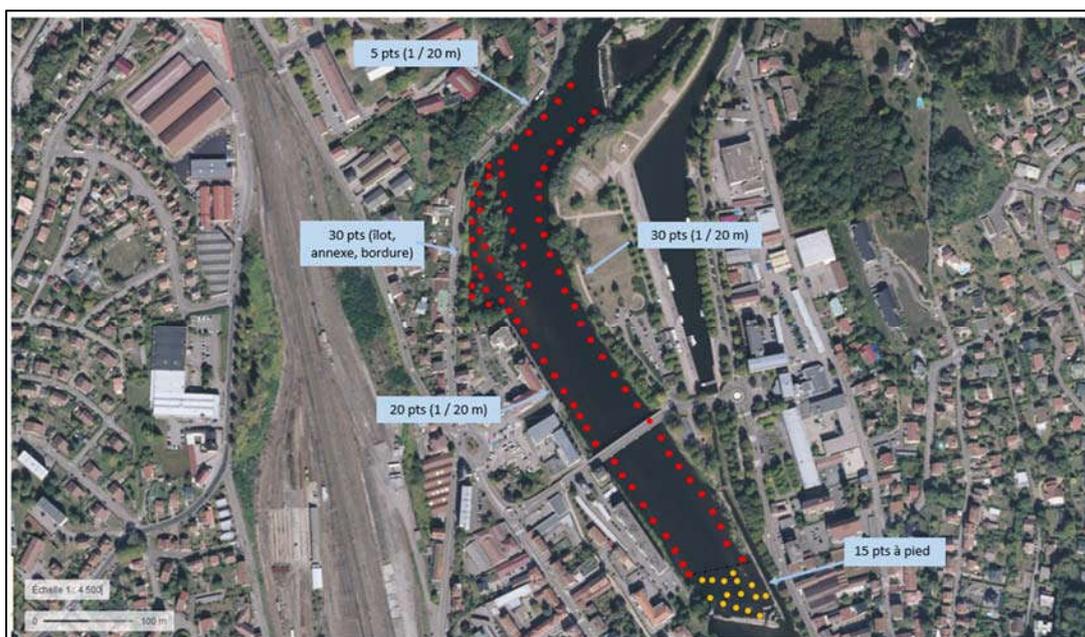


Figure 3 : Cartographie de l'emplacement des points de pêche

Le poisson capturé est ramené au poste de biométrie sur canoé afin de limiter au maximum la perturbation du milieu, les interférences pour la capture et permettre à l'opération de pêche d'être poursuivie. Une fois à la biométrie, les poissons sont identifiés, dénombrés et mesurés. Ils sont ensuite mis en stabulation dans un vivier afin de garantir leur survie le temps de l'opération de pêche. L'opération terminée, ils sont tous relâchés dans le milieu où ils ont été prélevés.

IV.2. Matériel et moyens humains

La pêche est conduite conformément à l'article L.436-9 du Code de l'Environnement et réalisée sous couvert d'une autorisation annuelle préfectorale : arrêté n°61/2020 du 13 février 2020 portant autorisation de capture de poissons à des fins scientifiques et techniques.

Les appareils sont conformes aux exigences réglementaires en vigueur et contrôlés chaque année par un organisme agréé. Le personnel fédéral est formé et habilité à utiliser ce matériel conformément au décret du 14 novembre 1988 pour l'utilisation des installations de pêche à l'électricité. Le personnel est également habilité suivant la norme NF C18-510 lié aux risques électrique et titulaire du diplôme de Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

Plusieurs membres du personnel disposent du permis bateau option eaux intérieures (permis fluvial) obligatoire pour conduire certains bateaux à moteur sur les rivières, lacs et canaux.

Tableau 3 : Répartition matériel et moyens humains par poste

	Bateau	Biométrie
Matériels	<ul style="list-style-type: none"> - un Héron de la marque Dream Electronique - un groupe électrogène - une anode - une cathode - une bobine - une épuisette - une bassine - un bateau 	<ul style="list-style-type: none"> - un auger - une épuisette - sceaux et bassines - un vivier - un nécessaire pour la transcription des données
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> - une personne en charge de piloter le bateau et de garantir la sécurité du chantier - un porteur d'anode - un porteur d'épuisette - chaque opérateur est obligatoirement muni de gants isolants, de wadders et d'un gilet de sauvetage 	<ul style="list-style-type: none"> - une personne en charge de la biométrie, en charge de l'identification et de la mesure des individus - un rapporteur



Matériel Héron Dream Electronique



Inventaire de pêche en cours de réalisation



Biométrie en cours de réalisation

V. Résultats

L'objectif de la pêche est de réaliser un échantillon représentatif de la population piscicole présente sur le site d'étude tant du point de vue des espèces retrouvées et des indices d'abondance que de la structure de la population en place. En aucun cas les données quantitatives recueillies ne permettent d'estimer précisément l'effectif total des individus dans l'aire d'étude.

L'analyse des résultats passe par l'étude de différents paramètres : diversité spécifique, densité du poisson, biomasse, classe de tailles, proportion de l'effectif etc.

Ces informations sont regroupées en annexe dans le compte rendu de capture de la pêche du 03/07/2020 sur la Moselle à Epinal.

La campagne de pêche montre une abondance de 269 individus capturés avec une richesse spécifique de 14 espèces dont 13 espèces de poissons et une espèce d'écrevisse, et une biomasse totale de 4816 g.

Le spirin (*Alburnoides bipunctatus*) domine largement le peuplement avec 116 individus soit 43,1% du peuplement, suivi du chevaine (*Squalius cephalus*) avec 48 individus (3,5% du peuplement), du goujon (*Gobio gobio*) avec 32 individus (2,3% du peuplement) et de l'ablette (*Alburnus alburnus*) avec 19 individus (1,4% du peuplement). Les 10 autres espèces présentes sur la station représentent chacune moins de 1% du peuplement.

La biomasse est quant à elle dominée par 3 espèces : le hotu (*Chondrostoma nasus*) avec une biomasse de 1100g, comprenant un individu de 46 cm, le brochet (*Esox lucius*) avec une biomasse de 1055g dont un individu de 55cm et le chevaine avec une biomasse de 919,7g.

Le peuplement piscicole de la Moselle sur la station présente une bonne diversité spécifique avec un indice de Shannon de 3. Ceci est confirmé par une valeur d'équitabilité de 0,7 qui montre que le peuplement se répartit de façon plutôt homogène.

L'analyse des classes de tailles révèle une forte occurrence de jeunes stades pour plusieurs espèces (individus 0+). La prépondérance de petits individus est à corréliser avec la méthode de pêche. Le spirin et le chevaine au stade de juvéniles dominent le peuplement, ceux-ci ont été capturés sur le radier en aval du barrage du Saulcy.

Globalement, le peuplement échantillonné est perturbé et non conforme au peuplement attendu sur ce type de station (zone à barbeaux).

VI. Discussion

La Moselle au centre-ville d'Epinal est classée en 2^{ème} catégorie piscicole et les 50m en aval du barrage de Saulcy est une réserve où la pêche est interdite.

Le peuplement en place sur la station n'est pas conforme au peuplement attendu et peut être caractérisé de perturbé. Cette perturbation du peuplement est tout particulièrement perceptible sur sa structure au travers de l'absence de la vandoise (*Leuciscus leuciscus*), de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) et la faible occurrence d'espèces rhéophiles d'eaux vives (goujon, hotu) au profit de cyprinidés présentant de bonnes capacités d'adaptation aux milieux lenticques.

Un recrutement du brochet est mis en exergue au travers de la présence de 9 brochetons et d'un brochet de 55 cm (dévalaison probable de brochetons issus des zones de frayères situées plus à l'amont : présence de banquettes végétalisées entre la passerelle BirHakeim et le pont Clémenceau ainsi que du tronçon au droit de l'Espace cours).

Aucun individu de l'espèce truite fario (*Salmo trutta fario*) n'a été capturé lors de l'inventaire. La qualité biologique des eaux (réchauffement, écoulement lenticque, disponibilité en oxygène dissous), la faible capacité d'accueil (caches sous-berges, alternance des faciès), et le potentiel de reproduction quasi inexistant de l'espèce sur le contexte (absence de zones de frayères sur la station ou situées sur des petits affluents éloignés et inaccessibles) en est à l'origine. Les espèces accompagnatrices de la truite sont également très faiblement représentées : chabot (2 individus), loche franche (4 individus), vairon (3 individus).

Concernant le recrutement des espèces, l'absence de matériaux de type graviers et blocs est à déplorer. Il en va de même pour la végétation, très pauvre sur le secteur conséquence d'un marnage très faible et de l'absence de lit majeur fonctionnel. Le radier présent en aval du barrage repose directement sur la roche mère et témoigne d'une incision importante du lit de la Moselle. La majorité des zones de frayères ont disparu pour les espèces litophiles et phytophiles.

Ces observations peuvent être corrélées au contexte environnemental. Les effets lenticques induits par le remous du barrage se traduisent par une augmentation de la ligne d'eau, une banalisation des écoulements, un réchauffement des eaux et un colmatage des fonds par piégeage sédimentaire. Ceux-ci sont amplifiés par les aménagements de la traversée d'Epinal liés à l'urbanisation tels que le mur de soutènement en rive gauche ou encore le recalibrage du tronçon. De plus, une incision du lit et une perturbation du transport sédimentaire sont constatées et résultent de l'artificialisation des berges et de la succession de barrages consécutifs sur le secteur.

De manière générale, l'habitat a été fortement modifié sur la zone. Ces éléments ont provoqué une modification de la composition piscicole sur la station. La faune piscicole s'est adaptée aux nouvelles caractéristiques du milieu (rehaussement d'un mètre de la ligne d'eau au début des années 2000 suite à la création de la nouvelle centrale hydroélectrique de la Gosse).

VII. Conclusion

Le tronçon de la Moselle étudié présente des habitats peu diversifiés et peu favorables au développement d'espèces exigeantes tels que les salmonidés et cyprinidés rhéophiles. Une dérive du peuplement piscicole au profit de cyprinidés ayant de bonnes capacités d'adaptation aux milieux lenticques est constatée.

Les travaux de création du stade d'eaux vives nécessiteront l'abaissement d'un mètre du niveau d'eau de la Moselle à l'amont du barrage de La Gosse. Cet abaissement de la ligne d'eau engendrera un assèchement temporaire de la passe à poissons du barrage de la Gosse. Il est donc recommandé d'effectuer ces travaux en dehors des périodes de migration de reproduction du Brochet (février à avril) et de la Truite fario (octobre à décembre).

Une surveillance particulière devra également être effectuée lors de l'abaissement du niveau d'eau sur les zones de hauts fonds (en rive droite à l'amont du pont de la République et autour de l'île située en rive gauche à l'amont du barrage de la Gosse), pour éviter toute mortalité du poisson par piégeage éventuel dans les poches d'eau (pêches de sauvetage à prévoir par sécurité lors de la phase travaux).

Annexes

Annexe 1 : Photos de quelques espèces présentes sur la station



Chondrostoma nasus



Esox lucius



Gymnocephalus cernua



Alburnoides bipunctatus



Barbus barbus



Barbatula barbatula



Perca fluviatilis



Alburnus alburnus

Annexe 2 : Compte rendu d'opération de la prospection piscicole

COMPTE-RENDU DE PÊCHE ELECTRIQUE

Objet : Pêche d'inventaire
Autorisation : Arrêté n° 061/2020 du 13 février 2020
Réalisateur : FDPPMA 88

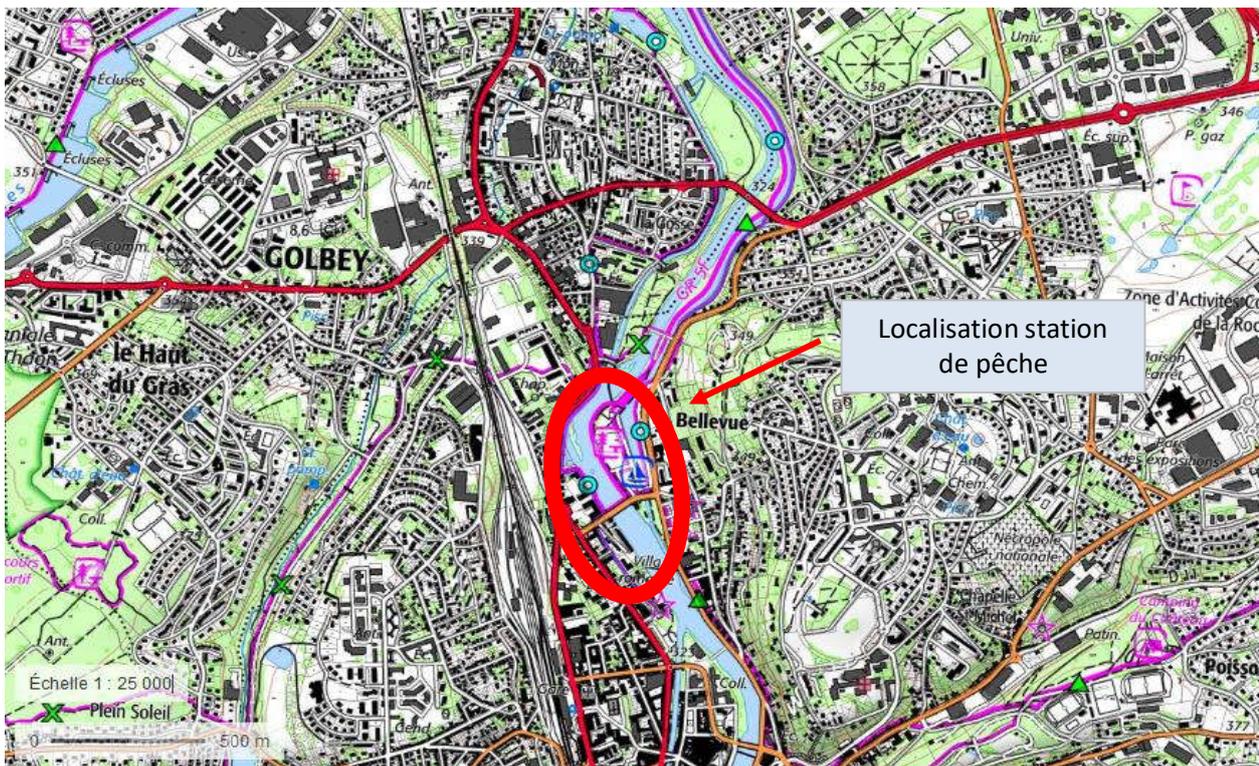


COURS D'EAU :	La Moselle
AFFLUENT DE :	Le Rhin
COMMUNE(S) :	Epinal / Golbey
SECTEUR :	Pont de la République à Epinal
DATE :	03/07/2020

Latitude: 48°11' 02.43" N

Longitude: 6°26'38.24" E

Localisation de la station



Source : F.D.P.P.M.A. 88, d'après www.geoportail.gouv.fr

Bassin versant : Moselle
Contexte piscicole : Conforme (perturbé dans la traversée urbaine)
AAPPMA : Epinal
Gestion piscicole : Patrimoniale
Domaine piscicole : Intermédiaire

COMPTE-RENDU DE PÊCHE ELECTRIQUE

Objet : Pêche d'inventaire
Bénéficiaire de l'autorisation : FDPPMA 88



COURS D'EAU :	La Moselle
AFFLUENT DE :	Le Rhin
COMMUNE(S) :	Epinal / Golbey
SECTEUR :	Pont de la République à Epinal
DATE :	03/07/2020

Personnes présentes : FDPPMA 88
Méthode de pêche : Pêche par points
Matériel : Dream électronique
Type : Héron

Durée de la pêche : 1er passage (min) : 125

Tableau analyse des captures

Longueur (m)	110,00
Largeur (m)	12,50
Surface (m ²)	1375,00

Richesse spécifique	14,00
Indice de Shannon	3
Indice d'équitabilité	0,70

Espèce	Code	Effectifs	Poids (g)	Densité (ind/100m ²)	Effectif (%)	Biomasse (g/100m ²)	% du poids
Ablette	ABL	19,0	129,5	1,4	7,1	9,4	2,7
Barbeaux fluviale	BAF	6,0	87,4	0,4	2,2	6,4	1,8
Brochet	BRO	10,0	1055,6	0,7	3,7	76,8	21,9
Chabot	CHA	2,0	5,3	0,1	0,7	0,4	0,1
Chevaine	CHE	48,0	919,7	3,5	17,8	66,9	19,1
Gardon	GAR	13,0	199,1	0,9	4,8	14,5	4,1
Goujon	GOU	32,0	351,4	2,3	11,9	25,6	7,3
Grémille	GRE	7,0	93,2	0,5	2,6	6,8	1,9
Hotu	HOT	3,0	1100,0	0,2	1,1	80,0	22,8
Loche Franche	LOF	4,0	18,2	0,3	1,5	1,3	0,4
Ecrevisse americaine	OCL	1,0		0,1	0,4		
Perche	PER	5,0	499,4	0,4	1,9	36,3	10,4
Spirilin	SPI	116,0	351,9	8,4	43,1	25,6	7,3
Vairon	VAI	3,0	5,1	0,2	1,1	0,4	0,1
Total	TOT	269,0	4816,0	19,6	100,0	350,3	100,0

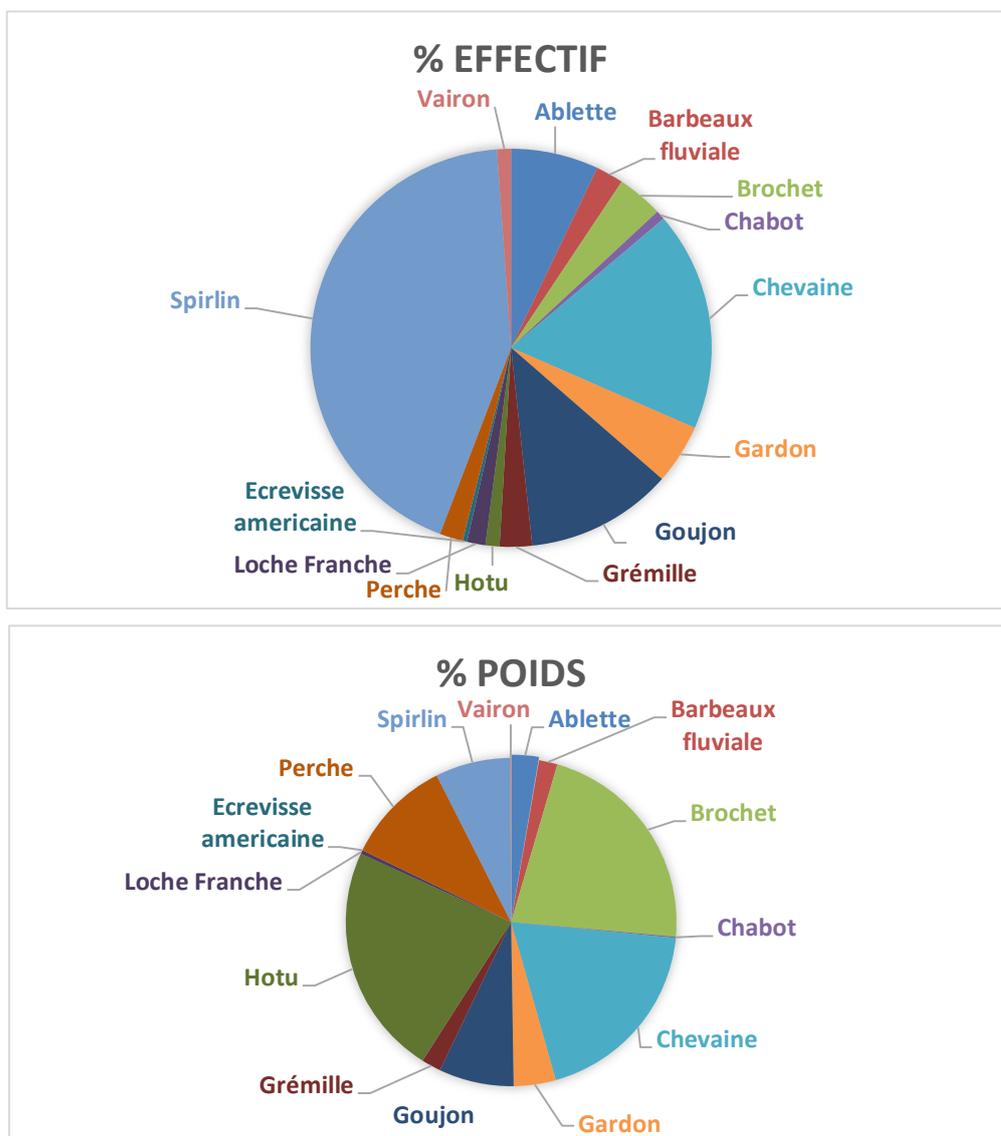
COMPTE-RENDU DE PÊCHE ELECTRIQUE



Objet : Pêche d'inventaire
Bénéficiaire de l'autorisation : FDPPMA 88

COURS D'EAU :	La Moselle
AFFLUENT DE :	Le Rhin
COMMUNE(S) :	Epinal / Golbey
SECTEUR :	Pont de la République à Epinal
DATE :	03/07/2020

Bilan des captures (secteurs d'effectifs et de biomasses)



Commentaire :
cf rapport

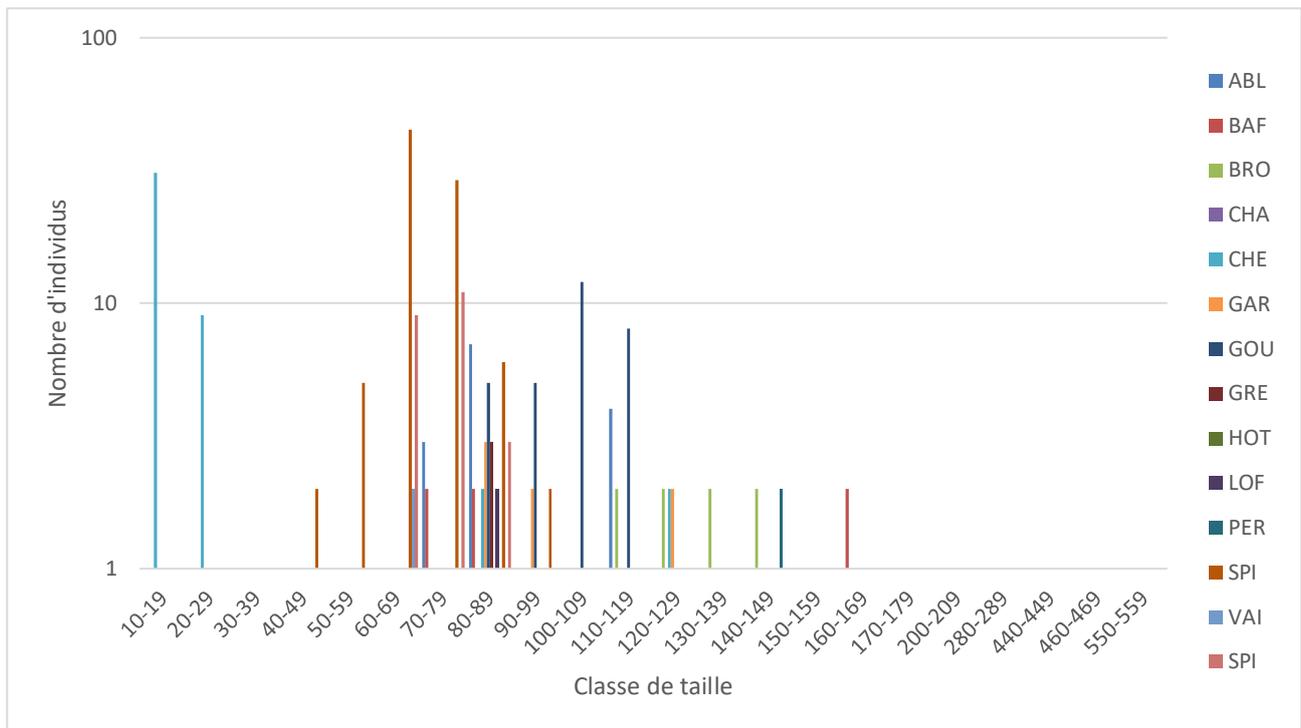
COMPTE-RENDU DE PÊCHE ELECTRIQUE

Objet : Pêche d'inventaire
Bénéficiaire de l'autorisation : FDPPMA 88



COURS D'EAU :	La Moselle
AFFLUENT DE :	Le Rhin
COMMUNE(S) :	Epinal / Golbey
SECTEUR :	Pont de la République à Epinal
DATE :	03/07/2020

Répartition des captures par classes de taille (mm)



Analyse :
cf rapport

ANNEXE 15 : PLAN ET COUPES DU SEV
CONCERNANT LA STABILITÉ DES BERGES
(HYDROSTADIUM)

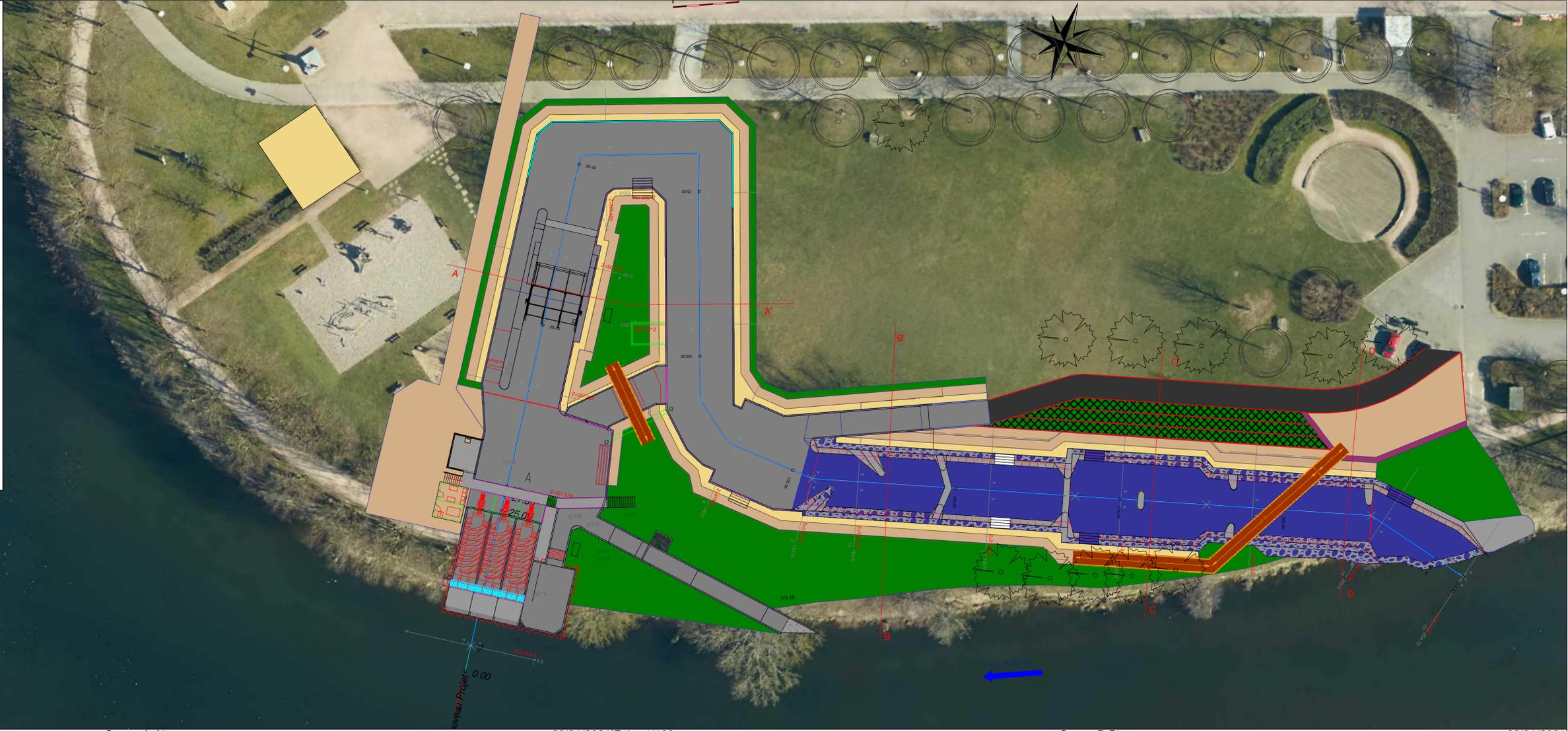


Parcours d'eau vive
Plan masse avec coupes

Echelle	Date	Modifications
D	14/12/2020	Plan DCE
C	26/02/2020	Modif section plan
B	10/01/2020	Modif section plan
A	26/08/2019	Original

Légende

- Rivière d'eau vive en Béton armée
- Rivière d'eau vive en Enrochement
- Chaussée pompiers en Enrobé
- Cheminement piéton en Stabilisé
- Surface en Stabilisé
- Surface en Espace vert
- Gradin engazonné
- Mur de soutènement
- Passerelle
- Bordure P3



Ech : 1/100

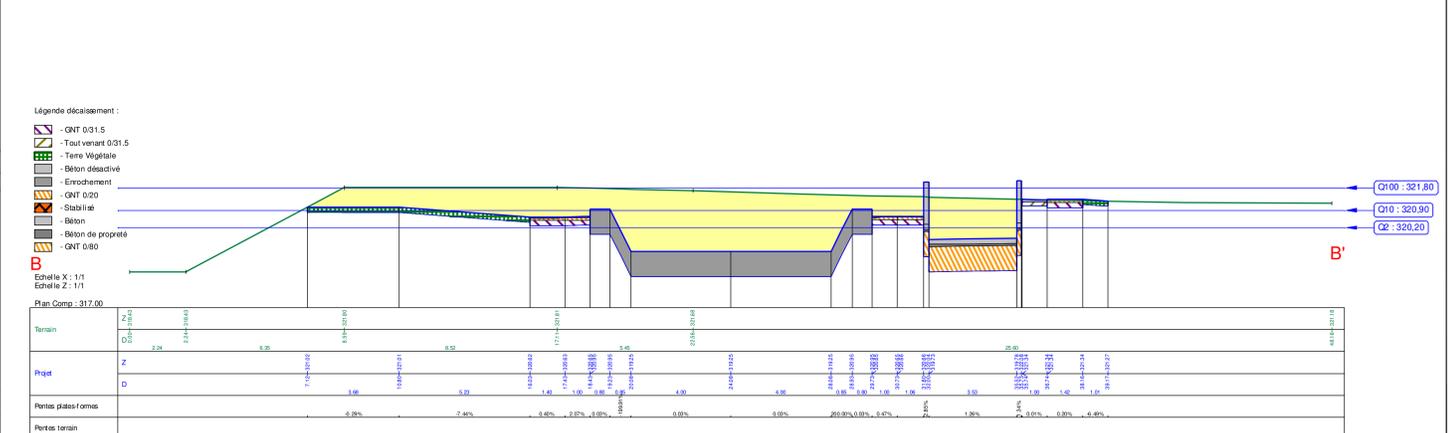
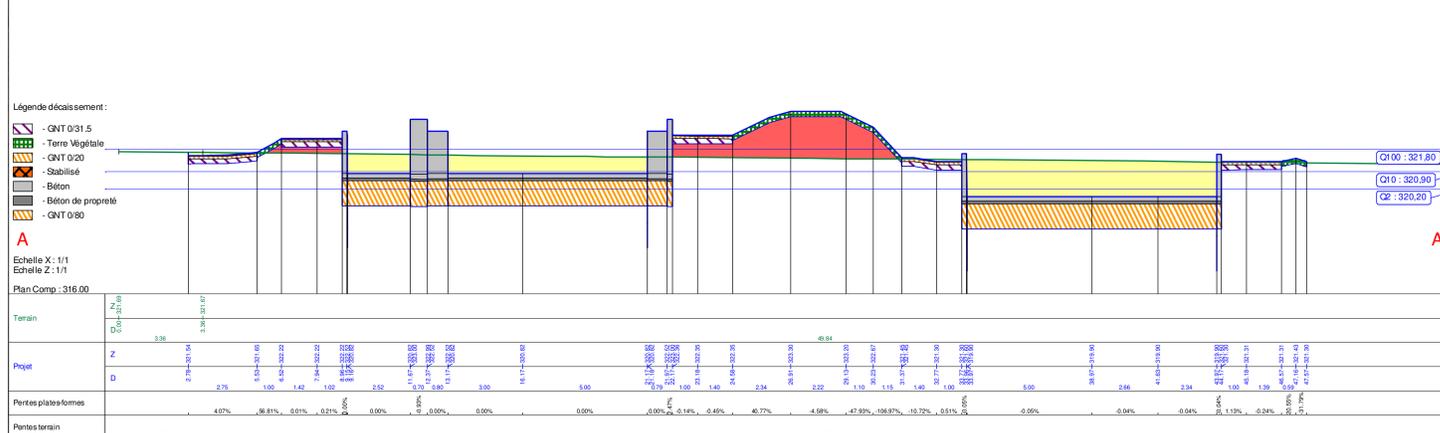
Coupe A-A'

26/01/2021

Ech : 1/100

Coupe B-B'

26/01/2021



Ech : 1/100

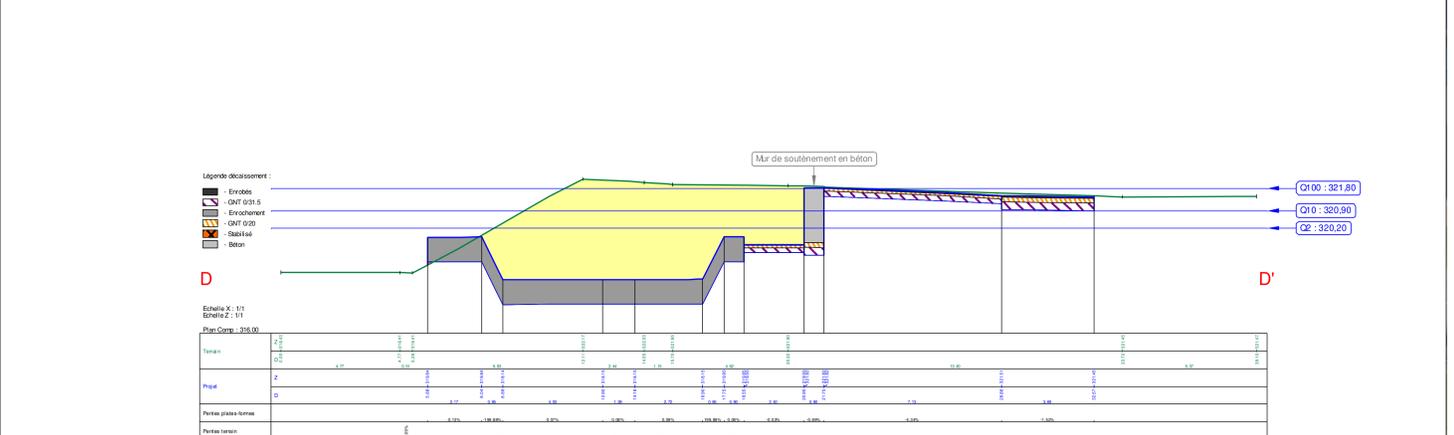
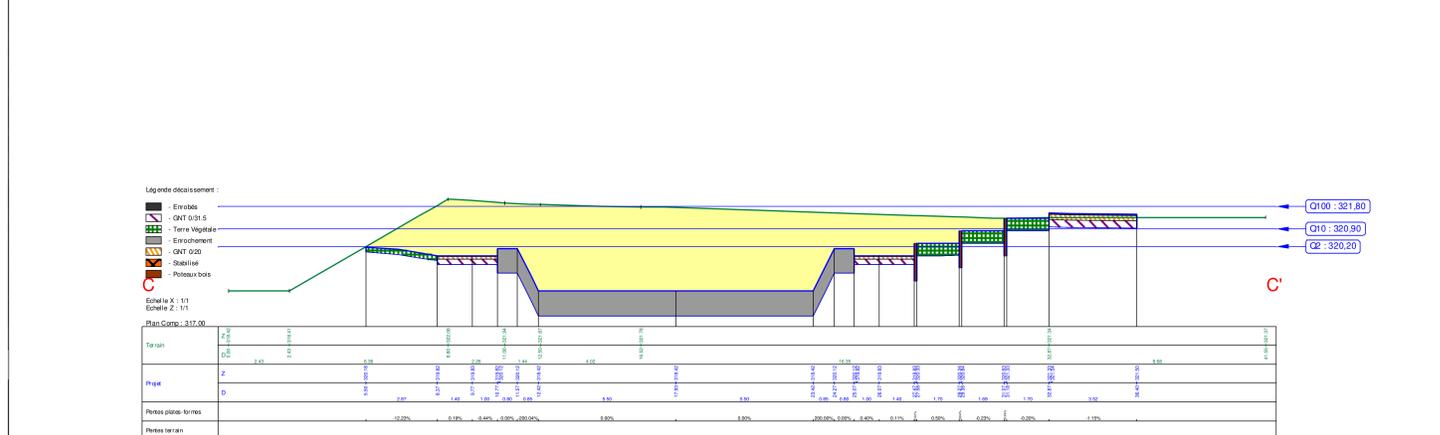
Coupe C-C'

26/01/2021

Ech : 1/100

Coupe D-D'

26/01/2021





Parcours d'eau vive
Plan masse avec coupe

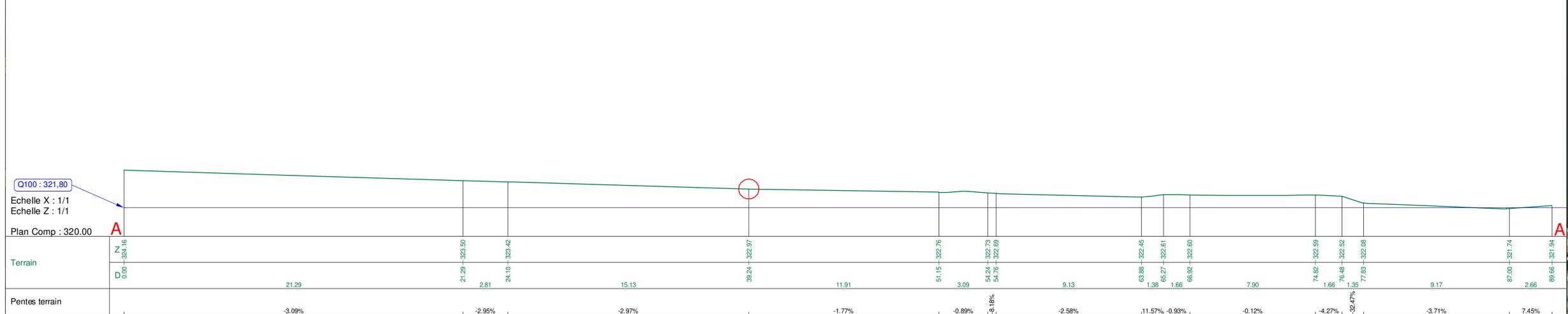
Echelle :	Date	Modifications
D	14/12/2020	Plan DCE
C	26/02/2020	Modif location plan
B	10/01/2020	Modif location plan
A	20/08/2019	Original



Ech : 1/100

Coupe A-A'

02/02/2021



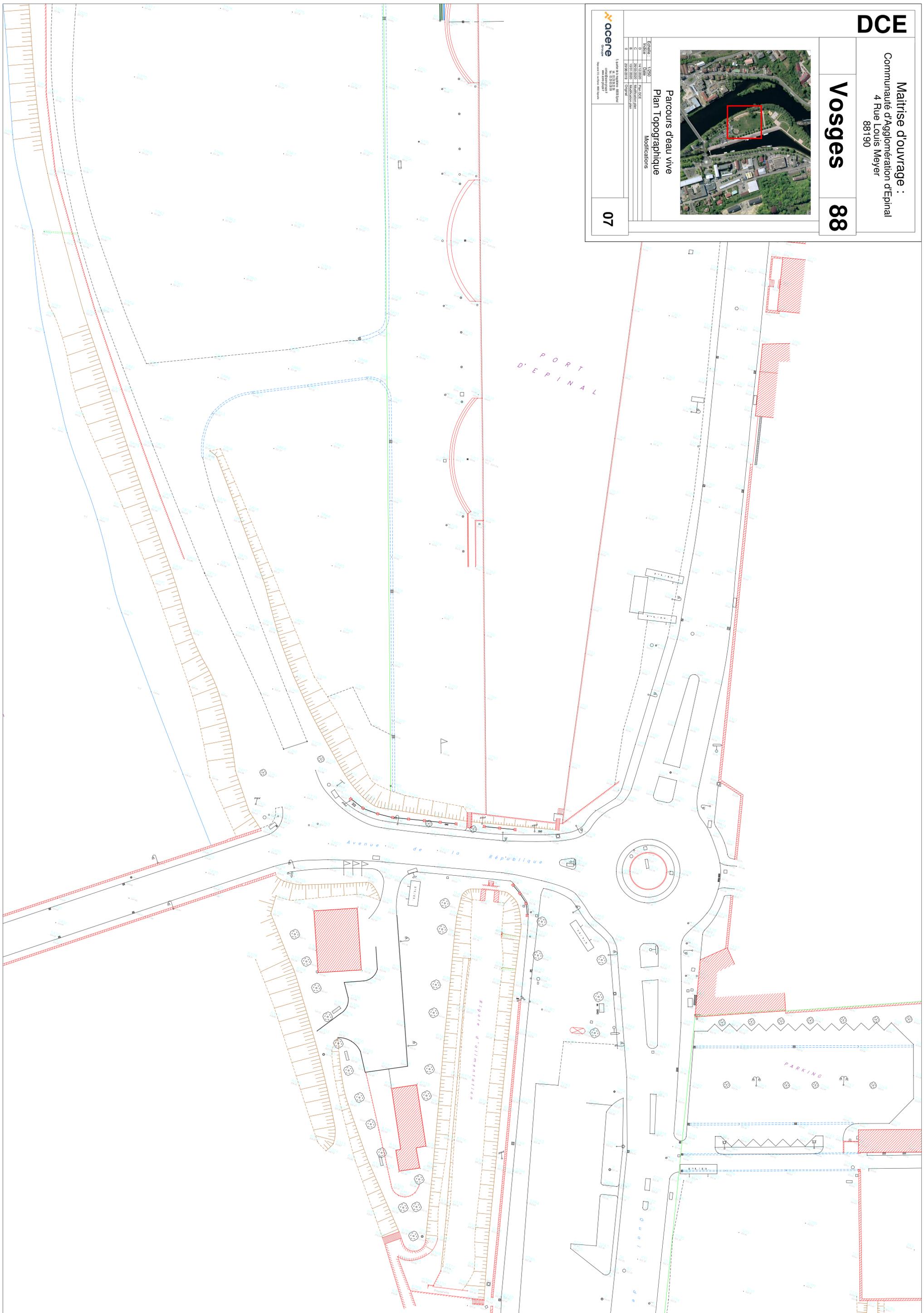
G100 : 321.80
Echelle X : 1/1
Echelle Z : 1/1
Plan Comp : 320.00



Parcours d'eau vive
Plan Topographique
Modifications

Échelle	1:2500
Échelle	1:5000
D	14/12/2020
S	15/07/2020
0	20/06/2019
	Original

5, rue de la République, 88000 Epinal
M. 03 25 50 50 50
www.acerene.fr
www.dce.fr



ANNEXE 16 : RAPPORT D'EXPERTISES DES ARBRES –
JANVIER 2021 (M. FEVE)

Frédéric Fève
Naturaliste indépendant

41 rue Charles de Gaulle
54 770 LAITRE-SOUS-AMANCE

Tél./Fax : 03 83 45 48 07

Mobile : 06 83 01 97 70

E-mail : FEVEF@wanadoo.fr

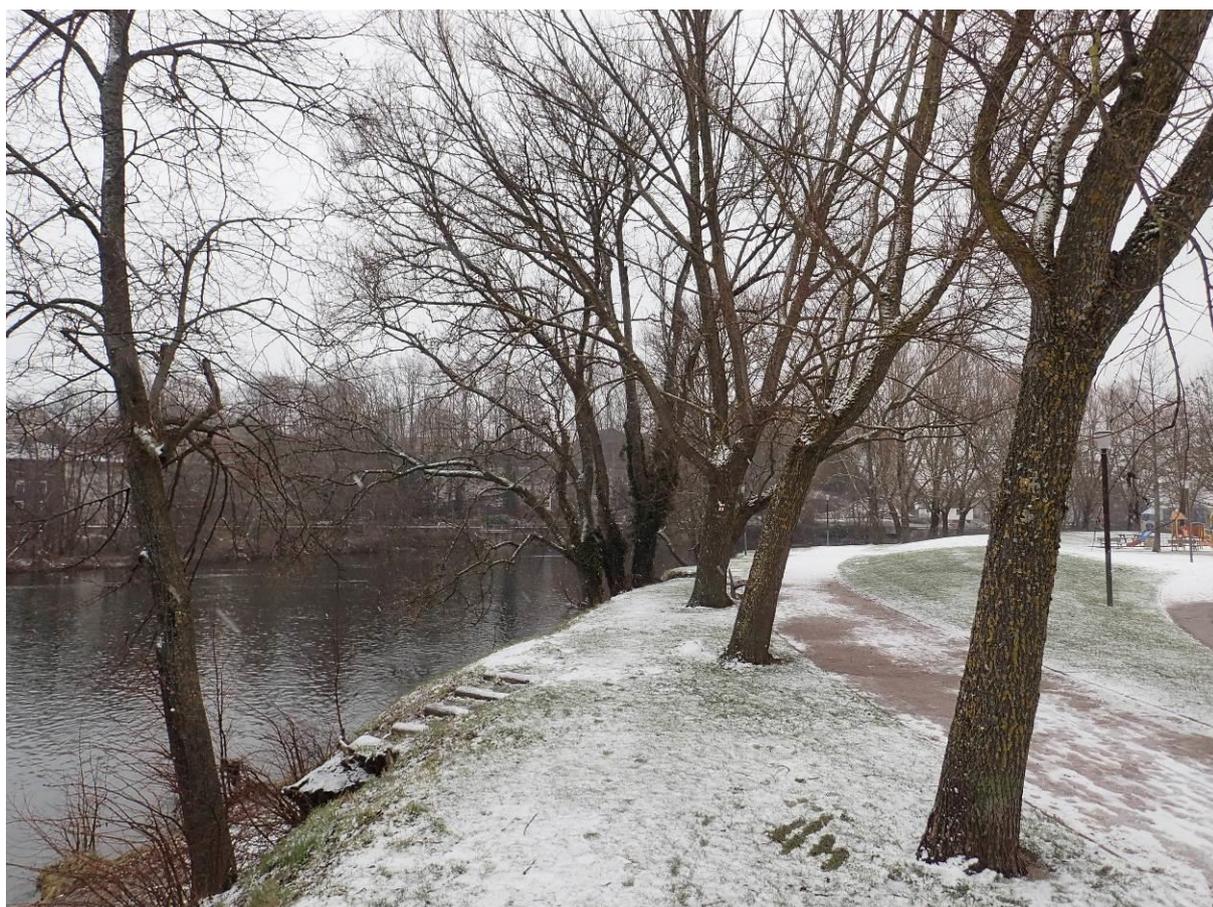
www.fredericfeve.com



EXPERTISE D'ARBRES

**PROJET DE PARCOURS D'EAUX VIVES – COMMUNAUTE
D'AGGLOMERATION D'EPINAL (CAE)**

RAPPORT D'EXPERTISE



Janvier 2021

SOMMAIRE

1- Préambule et objectifs de la mission	P2
2- Travaux effectués et méthodes	P3
2.1- Recherche des gîtes	P3
2.2- Recherche des nids	P4
3- Résultats des recherches	P4
3.1- Recherches des gîtes	P4
3.2- Recherche des nids	P7
4- Enjeux, sensibilités, impacts	P7
5- Propositions	P7
6- Conclusion	P8



EXPERTISE D'ARBRES

PROJET DE PARCOURS D'EAUX VIVES – COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION D'EPINAL (CAE)

1- Préambule et objectifs de la mission

Cette expertise s'inscrit dans le cadre de la demande d'autorisation environnementale pour la création d'un parcours d'eau vives pour le développement touristique de loisirs et sportif sur le site du port d'epinal (88). Cette demande d'autorisation environnementale est portée par la communauté d'Agglomération d'epinal et s'appuie sur l'expertise du bureau d'études A & CHATILLON. Les compléments d'études objet du présent rapport ont suite la demande de la DREAL Grand-Est concernant la prise en compte des espèces protégées et plus particulièrement celles pouvant giter dans les arbres soumis à abattage (notamment oiseaux et Chiroptères).

La zone d'étude (Figure 1) concerne un secteur péri-urbain situé entre la Moselle et le « canal de l'est ». Ce secteur est composé de pelouses, de plantations d'arbres de parcs de chemins et autres aires de accueil de nombreux promeneurs. Les arbres concernés par la présente étude sont représentés par des feuillus variés, plantés le long des allées et dans les pelouses (chênes, bouleaux, platanes essences exotiques) spontanés le long de la Moselle (aulnes glutineux, ronces).

Le but de la mission a été d'inspecter les arbres soumis à abattage (Figure 1) pour y déceler la présence d'anciens nids (avifaune, Ecureuil roux) ou la présence de cavités pouvant être utilisées par les oiseaux cavernicoles ou les chauves-souris arboricoles.

Le présent rapport mentionne les résultats de ces recherches, précise les enjeux et les sensibilités, et propose des mesures pour réduire ou compenser les impacts.



Figure 1 – zone du projet, arbres soumis à abattage (en rouge)

2- Travaux effectués et méthodes

2-1 Recherches des gîtes

La recherche des gîtes des Chiroptères a été effectuée sur le périmètre du projet (Figure 1). Ce périmètre a été parcouru à pied pour un examen des arbres (la trentaine d'arbres soumis à abattage et les autres arbres proches), il et au umelles es cavités d'arbres ont été recherchées sur chacun des arbres concernés es cavités peuvent servir aux oiseaux comme aux chauves-souris. Les arbres à cavités répertoriées ont été marqués à la peinture blanche puis géolocalisés (GPS). Les types de cavités et leurs intérêts pour la faune ont été précisés.



Arbre marqué

2-2 Recherche des nids

Cette recherche s'est faite à vue et au toucher pour chaque arbre concerné. Les nids de cureuil roux *Sciurus vulgaris* et les nids de rapaces, pouvant être réutilisés, ont été particulièrement recherchés. Les nids répertoriés ont été localisés par GPS.

3- Résultats des recherches

Conditions d'étude : la sortie a été effectuée lors de conditions climatiques favorables (absence de fortes chutes de précipitations, absence de grand vent, absence de feuilles, bonne visibilité). Le 27 janvier au matin (date de la sortie), le temps était gris, le vent faible et la température était de 1°C à 13h03.

3.1- Recherches des gîtes

Un seul arbre à cavité a été répertorié. Il s'agit d'un arbre d'alignement planté le long d'un chemin et proche de l'aire de jeu à l'extrémité ouest du plan en figure 1. Cet arbre a été marqué et géolocalisé (cf. Tableau 1 ci-après). Il n'est pas certain qu'il soit dans l'emprise des arbres soumis à abattage ce point sera vérifié.

Par ailleurs un autre arbre (également proche des aires de jeu) est équipé d'un nichoir à passereaux (localisation Tableau 1).



Cavité naturelle



Nichoir à passereaux

Les arbres plantés dans les pelouses sont sains et souvent jeunes et, de fait, sont peu favorables aux cavités. Les arbres en bordure de rivière et le long des allées sont plus gros mais également en bon état sanitaire ce qui explique l'absence de cavités

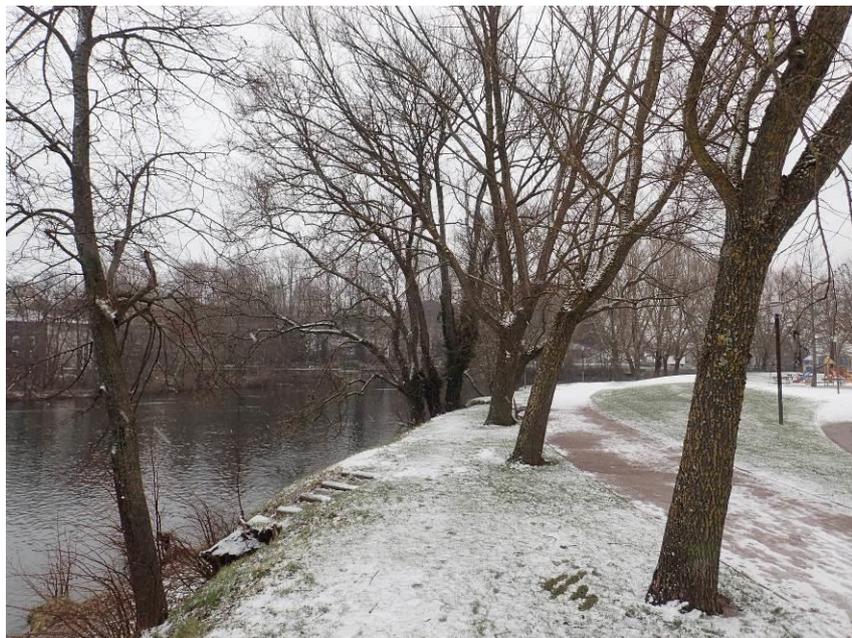


Tableau 1 : Recherches des arbres à cavités dans le périmètre d'étude (janvier 2021)

N°	Essence	Type de cavité	Nombre	Hauteur	Coordonnées Lambert 93	Intérêt	Possibilité visite échelle
1	Feuille indéterminé	Cavité naturelle	1	6 m	X 0955.782 Y 6792.944	Uniquement Chiroptères. Toute saison. Peu favorable	Oui
2	Feuille indéterminé	Nichoir à passereaux	1	5 m	X 0955.806 Y 6792.909	Passereaux cavernicoles en période de reproduction et en dortoir aux autres saisons	Oui

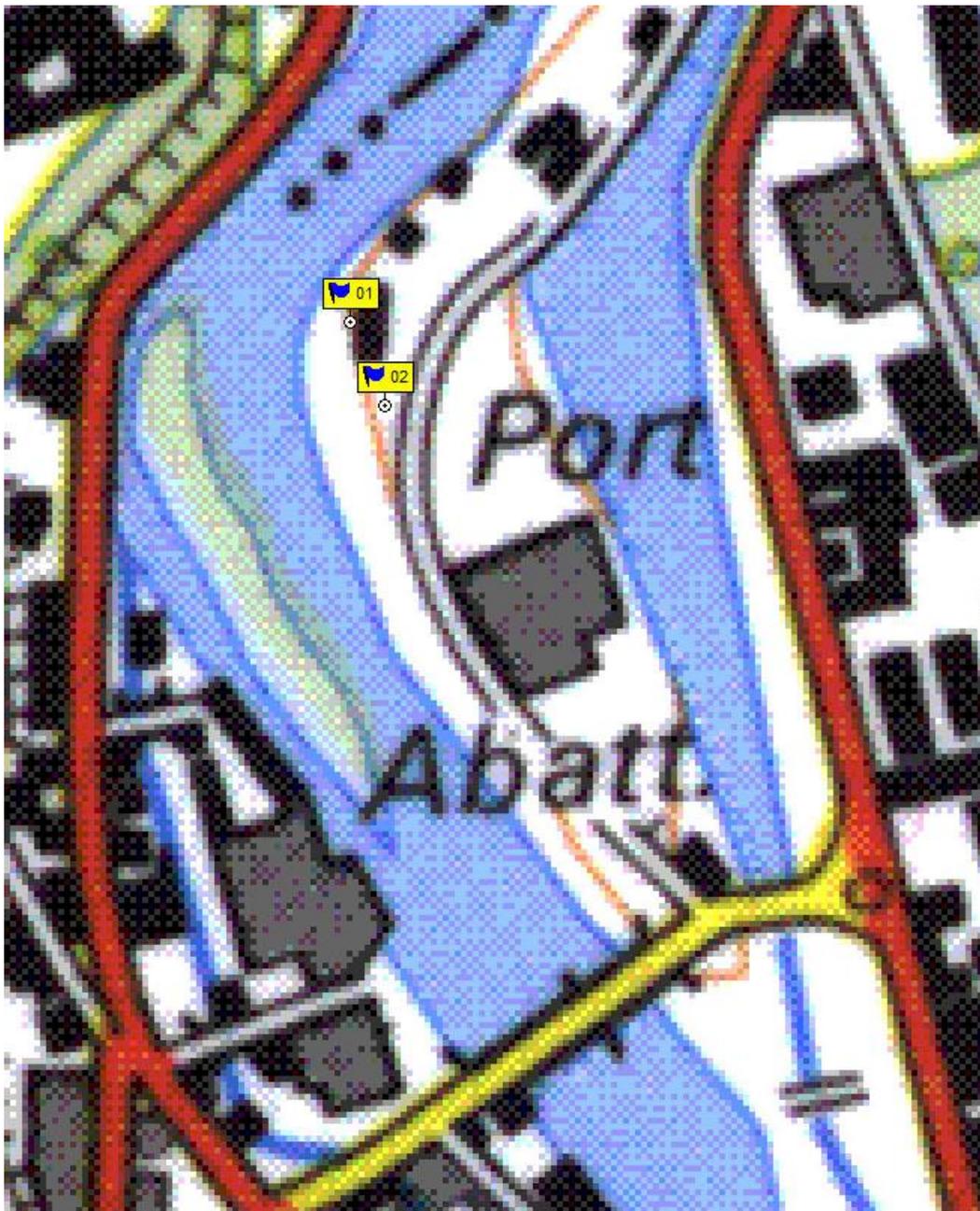


Figure 2 – arbres à cavités répertoriés

3-2 Recherche des nids

Cette recherche est négative. Aucun nid n'a été trouvé dans ces arbres.

4- Enjeux, sensibilités, impacts

Les enjeux sont liés à l'abattage des arbres étudiés.

Ils sont très faibles en ce qui concerne les nids d'écureuils et les nids des oiseaux installés à ciel ouvert. Aucun ancien nid n'a été observé. Ce secteur est probablement trop fréquenté pour accueillir des nids de rapaces ou d'autres espèces sensibles au dérangement.

Les enjeux sont également très faibles en ce qui concerne les gîtes sylvestres. Un seul arbre cavité a été répertorié. Il s'agit d'une très petite cavité naturelle qui pourrait potentiellement être occupée par les chauves-souris. Elle semble toutefois peu favorable et on ne détecte aucun indice de présence de l'espèce. Il conviendra de vérifier si cet arbre est inclus dans le périmètre des travaux (il est en limite). Il est marqué d'un point de peinture blanche visible depuis l'allée.

Un autre arbre est muni d'un nichoir passereau qui pourrait être occupé par des mésanges en période de reproduction (mars à juillet) et la nuit (dortoir) aux autres saisons.

Les zones humides situées de part et d'autre de la zone du projet constituent très probablement les principales zones de chasse pour les Chiroptères. Dans ce contexte, l'abattage de ces arbres n'entraînera pas de grosses perturbations pour les habitats de chasse des chiroptères (d'autant que des arbres vont être replantés et que le nouveau parcours d'eau vives peut aussi constituer une nouvelle zone de chasse).

Les impacts concernent les risques évoqués précédemment (destruction de nids, de gîtes sylvestres, perte de territoires de chasse). Ils seront très faibles au regard des résultats des études.

Cette quasi-absence de cavités limite également fortement les enjeux et les risques d'impacts pour les insectes saproxyliques.

5- Propositions

D'une manière générale, pour réduire les risques d'impact, les abattages d'arbres sont préconisés en septembre/octobre (hors période de reproduction et période d'hibernation des chauves-souris). Néanmoins, dans le contexte évoqué précédemment (quasi-absence de cavités d'arbres), je ne vois pas d'inconvénient à prolonger cette période jusqu'à mars.

Toutefois, une attention particulière devra être prise pour le seul arbre abritant une cavité. S'il est concerné par les abattages, je préconise une vérification de la cavité à l'endoscope juste avant l'abattage. Si la cavité venait à être supprimée, il conviendrait de poser un ou quelques gîtes artificiels à proximité (gîte béton/bois Schwegler par exemple).

Pour l'arbre qui est équipé d'un nichoir, il suffira de déplacer ce nichoir sur un autre arbre (le plus tôt possible) en cas d'abattage. Au vu du faible potentiel en cavités dans ce secteur, il serait d'ailleurs intéressant de poser un peu plus de nichoirs à passereaux. A savoir que pour les gîtes et nichoirs, il convient de prévoir un entretien annuel (automne).

Il faudra compenser cette perte en arbres par de la replantation en privilégiant si possible des essences locales adaptées aux conditions pédologiques du secteur (saules, frênes, chênes, érables...). Il faudra protéger ces plantations en raison de la présence du castor (grillage autour des troncs, surtout en bordure de Moselle).

6- Conclusion

Les études réalisées en janvier 2020 sur le site du projet de parcours d'eau vives ont montré l'absence de nids (écureuils oiseau) et le très faible potentiel en gîtes sylvestres du secteur (une seule cavité répertoriée ainsi qu'un nichoir passereaux).

Dans ce contexte les enjeux et les risques d'impacts sont très faibles concernant les arbres soumis à abattage (cf. § 4).

Des mesures sont proposées en paragraphe 5.

Au vu des résultats de cette expertise, une demande de dérogation au titre du 4° de l'article - du code de l'environnement n'est pas nécessaire

ANNEXE 17 : PLAQUETTE SFEPM SUR LES ARBRES- GITES

VOUS ÊTES GESTIONNAIRE

Exploitant forestier (domanial, communal ou privé),
Responsable d'entretien d'espaces verts ou de berges de
rivières et canaux, Exploitant de vergers, Particulier,...

Grosses dévoreuses d'insectes ravageurs, les chauves-souris sont des alliées de premier plan dans ces différents secteurs d'activité. Bien que protégées par la loi, elles sont souvent menacées, en particulier par la disparition de leurs gîtes, qu'il convient donc de sauvegarder.

Arbres-gîtes utilisés par les chauves-souris:

Vous en avez repéré (écoute, observation), ou on vous en a indiqué. Signalez-les à la SFPEM ou à un spécialiste local. Il faut absolument préserver ces arbres-gîtes.

Arbres présentant des cavités favorables:

Il est souhaitable, dans la mesure du possible, de préserver ces arbres-gîtes potentiels, ou du moins d'en conserver quelques-uns dans les alignements (allées, haies, talus boisés, berges de rivières), et dans les parcelles forestières (au minimum 8 à 10 par hectare).

La démarche la plus efficace est d'engager, en partenariat avec des spécialistes locaux, un recensement des arbres-gîtes et des arbres favorables, qui seront décrits, localisés et marqués d'un signe particulier (déjà en cours dans bon nombre de forêts domaniales).

Il faut rappeler ici que les arbres présentant des cavités favorables n'ont que peu ou pas de valeur marchande, et ne devraient être abattus qu'en cas de nécessité, pour des raisons phytosanitaires ou de sécurité (risque de chute). Dans ce dernier cas, si le gîte se situe au niveau du tronc ou d'une branche maîtresse, il est toujours possible de l'élaguer totalement et de l'étêter (largement au-dessus du gîte), ce qui réduit considérablement le risque de chute.

Préservation des territoires de chasse

En plus de préserver les arbres-gîtes, les gestionnaires forestiers sont encouragés à préférer les feuillus aux résineux, maintenir des couloirs de continuité (allées, haies, talus et berges boisés,...), préserver quelques îlots de vieillissement, conserver ou créer des points d'eau, et d'une façon générale, éviter les coupes à blanc et rechercher la diversité des milieux,...

Les arbres-gîtes et les tempêtes

Les tempêtes peuvent occasionner une mortalité importante chez les chauves-souris arboricoles. Si les fissures cicatrisées des chênes résistent bien, on a noté que les peuplements de résineux et de feuillus très âgés sont les plus fragiles, d'où l'intérêt d'encourager la gestion en futaie irrégulière avec mélanges d'essences. Par ailleurs, c'est lors de ces coups de vent que de nombreux arbres se fissurent. S'ils sont sains, il faut les préserver tels quels : après quelques années de cicatrisation, ils fourniront des cavités très favorables aux chauves-souris.

Les gîtes artificiels ou "nichoirs"

Ils ne doivent en aucun cas être utilisés pour remplacer des arbres-gîtes abattus, dans des plans de gestion forestière incluant un programme de protection. Il est bien plus important de préserver les arbres-gîtes naturels eux-mêmes, et ceux qui présentent des cavités favorables.

Par contre, ils peuvent être indiqués, de façon ponctuelle, pour mener une étude sur les chauves-souris d'un secteur donné, ou encore pour tenter d'attirer les chiroptères

- dans un programme de lutte biologique contre les insectes ravageurs, par exemple en zone de vergers, ou dans les forêts gravement endommagées lors de fortes tempêtes.
- dans le jardin d'un particulier, pour le débarrasser des moustiques.

VOUS ÊTES BÛCHERON OU ELAGUEUR

Des travaux sont inévitables sur un ou des arbres-gîtes. Il convient alors de respecter la période et la méthode les moins traumatisantes pour les animaux:

Périodes à respecter:

- Éviter absolument les mois de juin et juillet, c'est le moment de la reproduction, des mises bas à l'envol des jeunes. Même si certaines femelles survivent, les jeunes, inaptes au vol, mourront.
- Éviter si possible la période de novembre à mars, c'est l'hibernation. Le risque de destruction est réel pour les animaux les plus affaiblis.
- Avril-mai et septembre-octobre sont les mois où les chauves-souris ont le plus de chances de survivre, si leur gîte est détruit.

Méthodes:

- Les élagueurs préféreront le démontage et la dépose en douceur (à l'aide d'élingues jusqu'au sol) des tronçons comportant des gîtes ou des cavités favorables. Ne jamais détruire l'entrée d'une cavité, mais la préserver, ainsi que la partie supérieure de l'espace interne. Tronçonner en dessous et largement au-dessus de la partie creuse intérieure (qui "sonne creux"), pour les trous de pics, caries, troncs creux, ou du bourrelet de cicatrisation pour les fissures.
- Les bûcherons éviteront si possible l'ébranchage d'un arbre-gîte connu ou potentiel avant l'abattage. Les branches et les arbres voisins amortiront ainsi le choc lors de la chute de l'arbre. S'il y a de grosses plaques d'écorce décollée, attention : des chauves-souris peuvent éventuellement s'y abriter.
- Méthode du "comptage-bouchage": un soir, compter les animaux qui s'envolent. Le lendemain soir, boucher l'orifice du gîte une fois qu'ils sont tous partis. Attention ! Ne jamais pratiquer cette opération pendant l'élevage des jeunes, en juin-juillet.

D'une façon générale, le mieux est de toujours contacter un spécialiste, qui évaluera la meilleure méthode et le moment adéquat pour agir.

Associations ou spécialistes à contacter :

SFPEM : 02 48 70 40 03

et sur Internet : www.museum-bourges.net, ou sfpepm.ciril.fr

Ou bien :



Conception et réalisation :
Philippe Pénicaud (texte, photo et
dessins © 2000), avec la collaboration
de Laurent Arthur, Michèle Lemaire
et Michel Barataud, et le concours de :



LES CHAUVES-SOURIS ET LES ARBRES

Connaissance et protection



Sur les 30 espèces de ces mammifères volants recensées en France, la majorité est susceptible d'utiliser les cavités des arbres pour s'abriter, mais aussi pour hiberner et se reproduire.

Voici quelques éléments pour mieux les connaître, et pour protéger sur le terrain les gîtes naturels de ces insectivores indispensables à l'équilibre écologique des milieux.

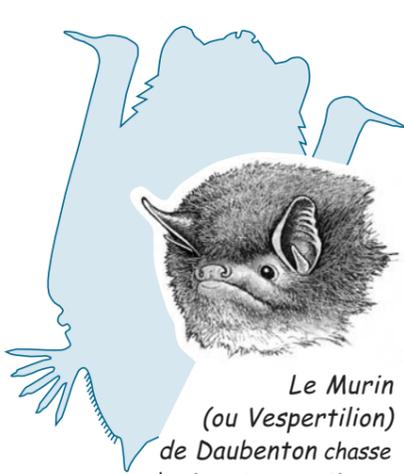
LES ESPECES

En Europe, toutes les espèces de chauves-souris arboricoles appartiennent à la famille des Vespertilionidés.

Plusieurs d'entre elles ne sont pas strictement arboricoles et peuvent utiliser d'autres gîtes que les cavités dans les arbres. Cela dépend des espèces, mais aussi des conditions climatiques et des périodes de l'année. A l'inverse, même des chauves-souris très liées aux bâtiments, comme la Pipistrelle commune ou la Sérotine, y sont parfois observées.

En général, les espèces ne se mélangent pas entre elles dans les gîtes. Les animaux présents dans une cavité peuvent être isolés ou en petits groupes - parfois en colonies (essaims) de plusieurs dizaines d'individus.

La durée de l'occupation des "arbres-gîtes" par les chauves-souris va de quelques jours (dans les périodes transitoires où elles changent souvent d'abri), à plusieurs mois (pour l'hibernation - de novembre à mars, ou la reproduction - de mai à août).



Le Murin (ou Vespertilion) de Daubenton chasse les insectes aquatiques, qu'il cueille avec ses pieds en volant au ras de l'eau. Ses arbres-gîtes se trouvent en général à proximité d'une rivière, d'un étang...



Le Murin (ou Vespertilion) de Bechstein, très rare, chasse dans les sous-bois des peuplements âgés de feuillus. Sédentaire, il recherche les cavités des très vieux arbres.



La Barbastelle, au pelage sombre, se nourrit de petits papillons nocturnes, dans les bois de feuillus et de résineux. Changeant souvent de gîte, elle s'abrite dans les cavités et sous les écorces décollées des arbres, surtout pour passer l'hiver.



La Pipistrelle de Nathusius est une petite migratrice d'à peine 6 ou 7 grammes, qui se reproduit en Europe du Nord et parcourt parfois plus de 2000 kilomètres pour venir hiberner dans les arbres de nos régions.

L'Oreillard roux (voir première page), reconnaissable à ses oreilles démesurées, est capable de voler sur place au ras des feuilles, pour attraper papillons et araignées. Son habileté aérienne lui permet d'utiliser des arbres-gîtes situés même en sous-bois dense.

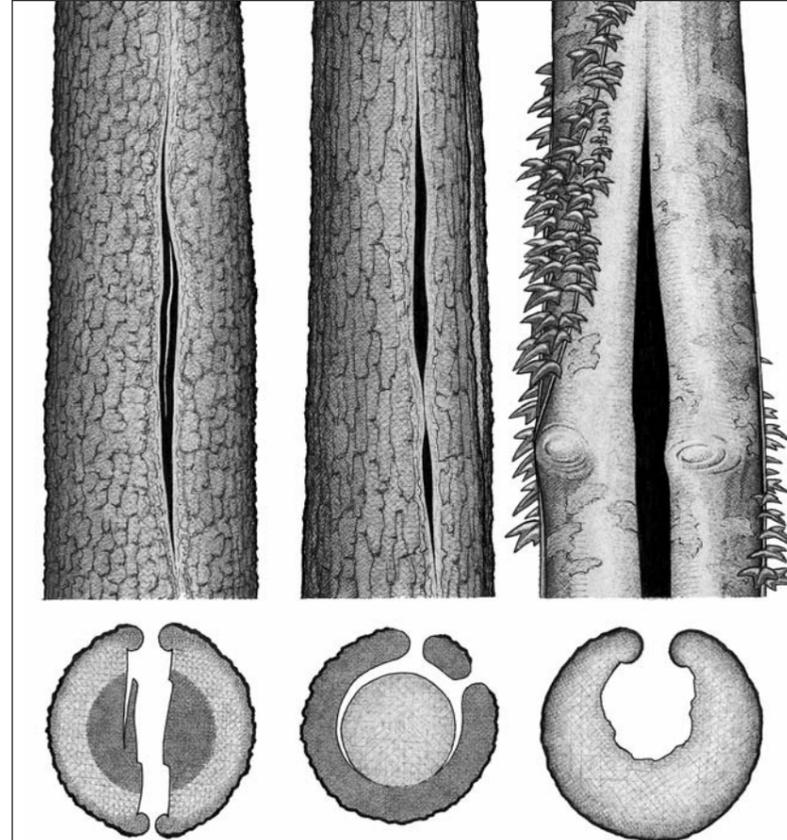
(les 5 silhouettes et la photo de l'oreillard sont en taille réelle).

LES DIFFERENTS TYPES DE GÎTES

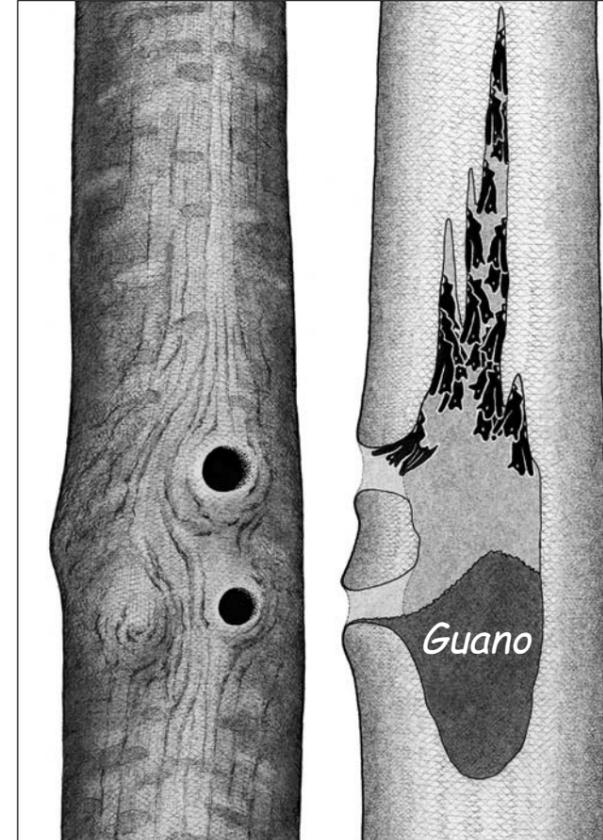
Compte tenu de la position des chauves-souris au repos, toute cavité abritée à l'intérieur d'un arbre peut convenir, pour peu qu'elle soit située au-dessus de son accès. L'espace interne doit être sain, suffisamment profond, sans être trop resserré ni trop spacieux, et l'accès ne doit pas être trop large, pour l'isolation thermique et la protection contre les gros prédateurs.

Les cavités qui correspondent le mieux à ces critères sont:

- Les fissures étroites causées par la tempête ou le gel (gélivure : bois fendu, souvent de part en part ; roulure : ...), et dont la cicatrisation crée le gîte dans la partie supérieure.
- Les anciennes loges de pics, creusées vers le haut au fil des ans, ou mieux, les doubles ou multiples trous de pics reliés entre eux.



Fissure (ou gélivure) dans un chêne ; fissures (ou gélivures) associées à une roulure dans un châtaignier ; fente dans un hêtre. Coupes transversales



Double trou de pic dans un hêtre, et coupe longitudinale

D'autres types de gîtes sont observés plus rarement, comme les "caries" et autres cavités dues au pourrissement, les blessures de volis (anciennes insertions de branches tombées), les troncs ou branches creuses (essences forestières et fruitières), les grosses échardes cicatrisant et les plaques d'écorce décollée, ou simplement derrière du lierre...

La hauteur des gîtes peut aller de moins d'1 m à plus de 20 m. Le diamètre (troncs ou branches) est variable (mais supérieur à 15 cm). Les colonies de reproduction s'abritent souvent dans de gros arbres. Les milieux et les emplacements des arbres-gîtes sont divers et dépendent surtout des espèces concernées.

Le lierre n'est pas un obstacle à l'occupation d'une cavité par les chauves-souris, contrairement aux buissons ou branches qui pourraient gêner leurs allées et venues.

Sous les grosses colonies, on observe parfois un écoulement noirâtre d'urine et de crottes, le "guano" (*), mais le plus souvent, il n'y a aucun indice extérieur de l'occupation par des chiroptères. Par contre, il arrive que leurs petits cris, par temps chaud, révèlent leur présence.

(*) A ne pas confondre avec le suintement naturel du bois.

LES ESSENCES DES ARBRES-GÎTES

La plupart des arbres-gîtes sont vivants, l'isolation thermique y étant optimale. Par ailleurs, ce sont le plus souvent des feuillus, sans doute à cause de l'absence de résine.

Les essences utilisées sont variées, mais certaines sont préférées pour plusieurs raisons:

- leur abondance relative dans les peuplements de la région ou du milieu concerné.
- leurs caractéristiques physiques et mécaniques permettant ou non la formation de cavités favorables: par exemple, sous l'effet du vent, certaines essences vont plutôt se fendre (chêne, châtaignier, robinier), alors que d'autres vont plus facilement casser (hêtre, pin sylvestre).
- les conditions phytosanitaires des espaces internes, qui ne doivent pas être trop humides ou pourrissants.

Les chênes (pédonculé et sessile) sont les arbres-gîtes le plus souvent occupés.

Viennent ensuite le hêtre, le platane, le frêne, le châtaignier et le robinier.

Mais bien d'autres essences peuvent aussi servir de gîte et ne doivent pas être négligées, comme le tilleul, le marronnier, le saule, les fruitiers (pommier, poirier, prunier, ...), le bouleau, le chêne rouge, l'érable plane, l'orme, et même quelques résineux comme le pin sylvestre, le cèdre, le Douglas ou le séquoia...



La Noctule commune, au poil roux, chasse au-dessus des bois et des plans d'eau. Ses arbres-gîtes, souvent assez âgés et d'un accès dégagé, se trouvent aussi bien en forêt que dans les parcs urbains, et sont parfois repérés grâce aux cris émis par les animaux.

ANNEXE 18 : CALENDRIER DES TRAVAUX

ANNEXE 19 : PLAN D'ABATTAGE (ACERE)

