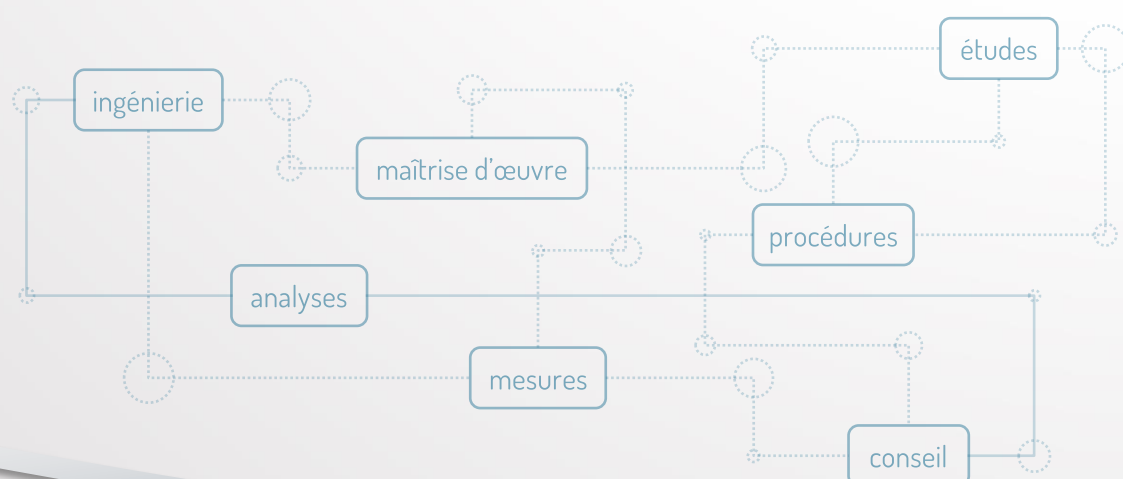


Réhydratation du cœur du marais de l'Enfer

Etude de faisabilité – Phase 2



mai 2025

Avec le soutien financier de



12 Avenue du Pré de Challes – Parc des Glaisins
ANNÉCY LE VIEUX – 74 940 ANNÉCY
☎ 04 50 64 06 14 ☎ 04 50 64 08 73
@ : sage.annecy@sage-environnement.fr
🌐 : www.sage-environnement.com

Fiche document :

Informations :

Client / Maître d'ouvrage :	Syndicat Mixte du Lac d'Annecy
Contact – Coordonnées :	Syndicat Mixte du Lac d'Annecy (SILA) Château de Messimy Thomas MARTIN Responsable du service milieux naturels et sensibilisation Direction Environnement – Cycle de l'eau 7 rue des Terrasses BP 39 74962 Cran-Gevrier CEDEX Tél 04 50 66 77 77
Numéro dossier SAGE :	
Responsable :	aymeric le cavil
Assistant(e)s :	
Relecteur :	Richard Fontanière
Titre :	Réhydratation du cœur du marais de l'Enfer
Sous titre – objet :	Etude de faisabilité – Phase 2
Catégorie document :	Rapport technique
Mots clés :	Marais, hydrographie, hydrologie
Statut document :	Final
Indice de révision :	Ind-1
Référence document :	ALC/24.183/Ind-2
Confidentialité :	
Fichier :	24.183_Phase 2_Ind-3.docx
Date :	06/05/2025
Nombre de pages :	46

Historique des versions et révisions :

Indice révision	Date	Détails – modifications	Resp.
0	06/05/2025	Version initiale	aymeric le cavil
1	20/03/2025	Prise en compte des remarques du SILA	aymeric le cavil
2	28/03/2025	Prise en compte des remarques du SILA	aymeric le cavil
3	06/05/2025	Détails des coûts d'études	aymeric le cavil

Avertissement :

Ce document, les données, informations, analyses et conclusions qu'il contient sont la propriété exclusive du maître d'ouvrage. Toute reproduction, diffusion, publication, mise en ligne, même partielle, ne peut être effectuée sans son accord préalable mentionné par écrit. Le cas échéant, citation doit être faite de la source des éléments reproduits.

SAGE Environnement ne communiquera aucune information, document ou fichier en dehors de ce cadre strict.



12 Avenue du Pré de Challes – Parc des Glaisins
ANNECY LE VIEUX – 74 940 ANNECY
☎ 04 50 64 06 14 📠 04 50 64 08 73
@ : sage.annecy@sage-environnement.fr
🌐 : www.sage-environnement.com

PRÉAMBULE

Le Marais de l'Enfer situé sur les communes de Saint-Jorioz et Sévrier est un des sites naturels les plus emblématiques des bords du lac d'Annecy qui abrite de nombreux habitats et espèces d'intérêt.

Ce site a fait l'objet d'un plan de gestion 2018-2023 durant lequel un suivi piézométrique a été réalisé. Il a mis en avant une situation d'« assèchement » du marais.

Une nouvelle programmation d'actions à décliner sur la période 2024-2029 prévoit la réalisation d'une étude de faisabilité pour maintenir, voire augmenter, la durée d'engorgement des premiers centimètres du sol, et limiter la durée des niveaux bas de la nappe, au cœur du marais.

C'est dans ce cadre que SAGE Environnement accompagne le SILA.

Les investigations devront permettre de répondre aux questions suivantes :

- Est-il possible de réhydrater le marais, faire en sorte que le sol soit gorgé d'eau de manière plus prolongée dans l'année, sans dégrader sa qualité ?
- Si oui, quelles sont les pistes d'opérations à envisager, et leur estimation financière sommaire ?

L'étude se déroulera en deux phases :

- Phase 1 : Diagnostic
- Phase 2 Scénarios d'aménagements

La phase 1 s'est déroulée entre septembre 2024 et janvier 2025. Elle a permis de dresser un état des lieux du fonctionnement physique du marais et de faire émerger des potentialités de restauration. Deux scénarios ont été décidés entre les gestionnaires du marais lors de la réunion de restitution du 15/01/2025. **Le présent livrable constitue la restitution de la phase 2 avec la présentation des scénarios d'aménagements.**

TABLE DES MATIERES

PRÉAMBULE	3
I. Contextualisation	7
II. Synthèse du diagnostic	8
II.1 Evolution physique	8
II.2 Usages du site.....	8
II.2.1 Maîtrise foncière.....	8
II.2.2 Activités pratiquées	8
II.3 Nature du sol.....	8
II.4 Fonctionnement hydrique.....	8
II.4.1 Hydrologie et climat.....	8
II.4.2 Ecoulements superficiels	9
II.4.2.1.a Description des affluents.....	9
a.1 Ruisseau de l'Alloua	9
a.2 Ruisseau des écrevisses.....	9
a.3 Autres affluents	10
II.4.2.2 Ecoulements des eaux superficielles au cœur du marais	10
II.4.2.3 Gestion des eaux pluviales.....	12
II.4.2.4 Gestion des eaux usées	12
II.4.3 Ecoulements sub-surfaciques	12
II.4.3.1 Piézométrie.....	12
II.4.3.1.a Relation nappe d'accompagnement – ruisseaux.....	13
II.4.3.1.b Relations nappe d'accompagnement - lac.....	14
II.4.4 Ecoulements souterrains profonds.....	14
II.5 Contexte écologique	15
II.5.1 Habitats et flore	15
II.5.2 Faune	16
II.6 Zonages à porté règlementaires	16
II.7 Dysfonctionnements et potentialités d'aménagements	17
III. Scénarios d'aménagements	20
III.1 Choix des scénarios	20
III.2 Description des scénarios.....	20
III.2.1 Scénario 1	20
III.2.1.1 Objectifs de restauration	20
III.2.1.2 Description des actions d'aménagements	21
III.2.1.2.a Actions 4.....	21
III.2.1.2.b Action 5	22
III.2.1.2.c Action 7	23
III.2.1.2.d Action 12	25
d.1 Première approche sur l'objectif de réhydratation	25
d.2 Description des actions	25
III.2.2 Scénario 1bis.....	33
III.2.3 Scénario 2	34
III.2.3.1 Objectifs de restauration	34
III.2.3.2 Description des actions d'aménagements	35
III.2.3.2.a Action 1	35
III.2.3.2.b Autre action.....	37
III.3 Chiffrage	38

III.3.1 Base d'évaluation des prix	38
III.3.1 Détails de l'estimation financière	39
III.4 Analyse multicritères.....	39
IV. Suites à donner.....	43
IV.1 Planification de la mission.....	43
IV.2 Données complémentaires	43
IV.3 Conception au stade Avant-projet	43
IV.4 Estimations des dépenses futures.....	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude	7
Figure 2 : Synthèse graphique de l'analyse hydraulique et hydromorphologique des ruisseaux des écrevisses.....	10
Figure 3 : Synthèse graphique des écoulements surfaciques	11
Figure 4 : Localisation des piézomètres. Source : HYDROTERRRE. 2024.	12
Figure 5 : Synthèse cartographique des écoulements sub-surfaciques au 1 / 3 500 ^{ème}	14
Figure 6 : Cartographie des habitats de 2023. Source : ASTERS	15
Figure 7 : Vue en plan du scénario 1.....	21
Figure 8 : Exemple de mur de tête pour une canalisation DN400 mm. Source : Plattard.fr et ArchiExpo	22
Figure 9 : Profil en long de calage de la buse DN 400 mm	23
Figure 10 : Principe d'un seuil bois classique avec des ailes. Source : Office National des Forêts - Damien Roma	24
Figure 11 : Exemple de seuils bois. Source : www.lacompagniedesforestiers.com	24
Figure 12 : Classification de Rosgen. Source : Rosgen et OFB.	26
Figure 13 : Profils en long actuel et projet.....	27
Figure 14 : Géométrie initial puis projet et lignes d'eau associés	28
Figure 15 : Principe d'un profil dissymétrique	29
Figure 16 : Exemple de végétation herbacée souhaité sur les berges du tracé projet. Sources : pxhere.com et DDT Vosges	29
Figure 17 : Principe d'implantation d'une souche. Source : SMAVAS	30
Figure 18 : Exemples de réalisations. Source : SAGE Environnement.	30
Figure 19 : Exemple de confortement entre nouveau et ancien lit avant végétalisation.....	30
Figure 20 : Coupes de principes	32
Figure 21 : Figure 7 : Vue en plan du scénario 1 bis	33
Figure 22 : Profil en long projet du fossé	34
Figure 23 : Exemple de création de fossé et fossé végétalisé. Sources : SAS La Moselle Agricole et https://www.gers.gouv.fr	34
Figure 24 : Vue en plan du scénario 2.....	35
Figure 25 : Exemple de regard de branchement avec grille. Source : VHM canalisation	36
Figure 26 : Fossé à modeler et connecter.....	36
Figure 27 : Graphique du profil en long de l'ouvrage traversant	37
Figure 28 : Exemple de déflecteur en bois. Source : Sage Environnement	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Variations piézométriques en m NGF	13
Tableau 2 : Zonages à portée réglementaire	16
Tableau 3 : Synthèse des dysfonctionnements et potentialités d'aménagements	18
Tableau 4 : Estimation des débits	28

Tableau 5 : Etude du gabarit actuel et projet	28
Tableau 6 : Estimation des prix de travaux.....	39
Tableau 7 : Grille de notation de l'AMC.....	39
Tableau 8 : Analyse multicritères	40
Tableau 9 : Estimation financière des données complémentaires	45
Tableau 10 : Estimation du budget de travaux et d'études.....	46

I. Contextualisation

Le site d'étude concerne le marais de l'Enfer qui est situé dans le département de la Haute-Savoie, plus précisément sur les communes de Saint-Jorioz et Sévrier localisées en périphérie du lac d'Annecy.

Ce site abrite des habitats naturels et espèces d'intérêts, à ce titre il bénéficie de plusieurs statuts de protection ou d'inventaire (Natura 2000, Espace naturel Sensible, Arrêté préfectoral de Protection Biotope, Inventaire départemental des zones humides).

Plusieurs acteurs interviennent pour la préservation, la gestion et la mise en valeur de ce site : la commune de Saint-Jorioz, le SILA, le Conservatoire du littoral et ASTERS. Le marais fait l'objet d'un plan de gestion 2024-2029.

La présente étude porte sur le cœur du marais de l'Enfer délimité par la voie verte, le ruisseau de l'Aloua, le lac d'Annecy et la digue à Callies.

Il est présenté ci-dessous une cartographie de localisation du cœur du marais au sein du zonage « Espace-Naturel-Sensible » du marais.

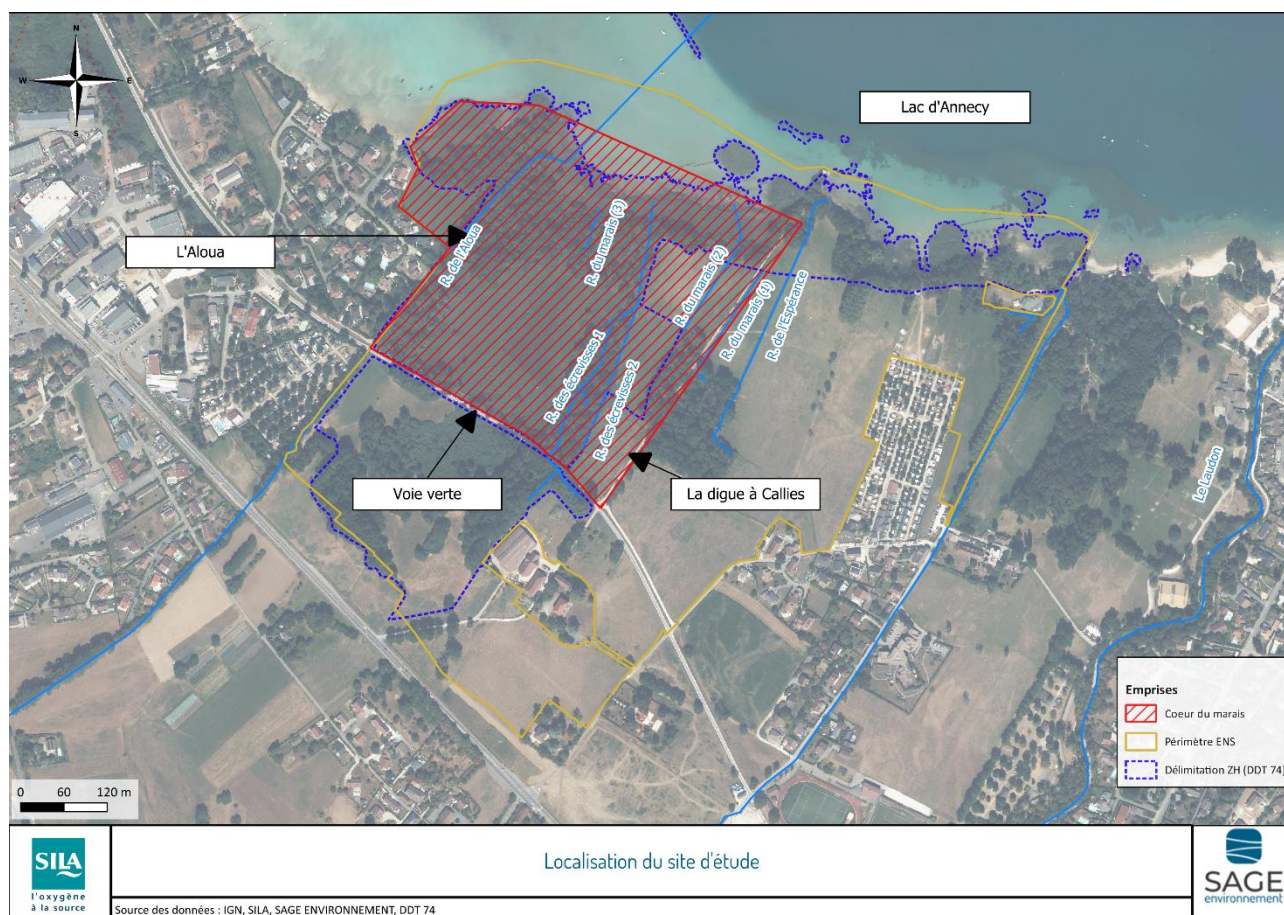


Figure 1 : Localisation du site d'étude

II. Synthèse du diagnostic

II.1 EVOLUTION PHYSIQUE

L'étude des images aériennes historiques n'a pas mis en avant un réseau de drainage du marais ni un changement de tracé des ruisseaux. Il a été mis en avant une nette diminution de la pratique agricole ayant eu pour effet le développement de la végétation ligneuse sur le marais. Aussi il est constaté une forte urbanisation dès les années 1970, celle-ci a probablement joué un rôle sur la quantité d'eau redistribuée au marais.

II.2 USAGES DU SITE

II.2.1 Maîtrise foncière

Le « **marais de l'Enfer** » représente environ 60 ha situés principalement sur la commune de Saint-Jorioz, et pour quelques parcelles sur la commune de Sévrier.

La majorité des parcelles du marais de l'Enfer est propriété de structures publiques. Les parcelles privées occupent environ un quart de la superficie totale. Celles-ci sont situées au cœur du marais entre la voie verte et la route départementale et au nord Est en limite de l'ENS.

II.2.2 Activités pratiquées

Le marais est très largement fréquenté par le public au niveau des différents aménagements d'accueil du public, il est entrecoupé par la voie verte, piste cyclable très fréquentée.

La chasse au gros gibier se pratique à l'arc et ponctuellement en battues.

Des animations sont réalisées par des associations et les gestionnaires ainsi que des suivis scientifiques.

Le marais est exploité et entretenu par le GAEC du Laudon qui pratique le pâturage au cœur du marais et la fauche en amont de la voie verte.

II.3 NATURE DU SOL

Le sol au sein du marais de l'Enfer est principalement argileux ou limoneux-argileux. De la tourbe est constatée au niveau de ME2 et aux abords du ruisseau des écrevisses.

Le sous-sol est composé de sédiments provenant du cône de déjection du Laudon, ceux-ci sont recouvert par la matière organique du marais et un sol limoneux argileux voir argileux.

II.4 FONCTIONNEMENT HYDRIQUE

II.4.1 Hydrologie et climat

Le climat est de type montagnard, les hautes eaux ont lieu au printemps, les basses eaux ont lieu en été et l'hiver. Les périodes pluvieuses se distinguent avec des précipitations moyennes mensuelles :

- supérieures à 100 mm entre août et décembre,
- inférieures à 100 mm entre janvier et juillet,

II.4.2 Ecoulements superficiels

Le bassin versant du cœur du marais a une superficie de 3.87 km², il a une pente importante jusqu'à la RD912. L'occupation du sol est principalement boisée jusqu'à la RD10 puis agricole et anthropique plus en aval.

Le cœur du marais est traversé par 6 entités cours d'eau (selon l'inventaire de la DDT 74) dont le principal contributeur en eau est l'Aloua avec une surface drainée qui représente 86 % du bassin versant réel.

II.4.2.1.a Description des affluents

a.1 Ruisseau de l'Aloua

Le ruisseau de l'Aloua a une hydrologie variable ; il subit des assecs et peut-être à l'origine de crues torrentielles, son lit est insuffisant pour contenir une crue décennale.

Sur la zone d'étude l'Aloua est rectiligne avec une section rectangulaire, il présente une incision comprise entre 50 et 130 cm sur 308 ml. Le ruisseau est globalement peu connectif avec les milieux rivulaires et les potentialités de débordements sont faibles à l'exception de l'aval (75 ml). S'ils ont lieu, ils s'opèrent préférentiellement en rive gauche en dehors du cœur du marais.

La visite de terrain a mis en avant une zone de décharge potentielle en rive droite.

A l'échelle du marais il est mis en avant que le terrain naturel en rive droite est situé en dessous de l'altimétrie de la ligne d'eau de l'Aloua (donnée LiDAR), le cours d'eau ne semble pas drainer les eaux des premiers décimètres du marais.

a.2 Ruisseau des écrevisses

Le ruisseau des écrevisses est constitué de deux entités distinctes ; le bras principal sinueux et connectif avec les milieux rivulaires et un bras secondaire rectiligne avec une section rectangulaire qui est profond et non connectif. Les fonds de ces deux ruisseaux sont colmatés à l'exception de l'amont du bras 1 et l'aval du bras 2. D'après des témoignages le bras principal ne subit pas d'assecs.

Le sol en marge du ruisseau des écrevisses bras principal est constitué de matière organique gorgée d'eau.

Le bras principal est incisé par rapport au bras secondaire sur environ 120 ml puis devient perché sur le reste du linéaire.

La continuité piscicole est inexistante pour le bras principal et possible pour le bras secondaire au jour de la visite.

Il est noté des dysfonctionnements sur la continuité hydraulique du bras principal en amont de la voie verte et de la route départemental avec une rétention des eaux : ouvrage avec vanne fermée, ouvrage bouché, absence d'ouvrages traversants.

L'étude du LiDAR nous informe que les deux ruisseaux sont perchés par rapport au centre du marais en aval de la voie verte à +/-160 ml pour le bras 1 et + 130 ml pour le bras 2.

A première vue le bras secondaire peut alimenter en eau de surface le bras principal et le marais sur l'amont (+ / - 130 m), cependant il s'agit du début du cours d'eau, la quantité d'eau est très limitée, la probabilité est faible. Plus en aval le bras secondaire est toujours perché par rapport au marais mais l'alimentation par débordement est quasiment impossible en raison de l'incision supérieure à 70 cm.

L'effet drainant de ces deux bras sur le marais est assez faible et concerne surtout la partie amont du marais à l'analyse des profils en long.

Il est présenté ci-dessous une cartographie de synthèse des éléments susmentionnés.

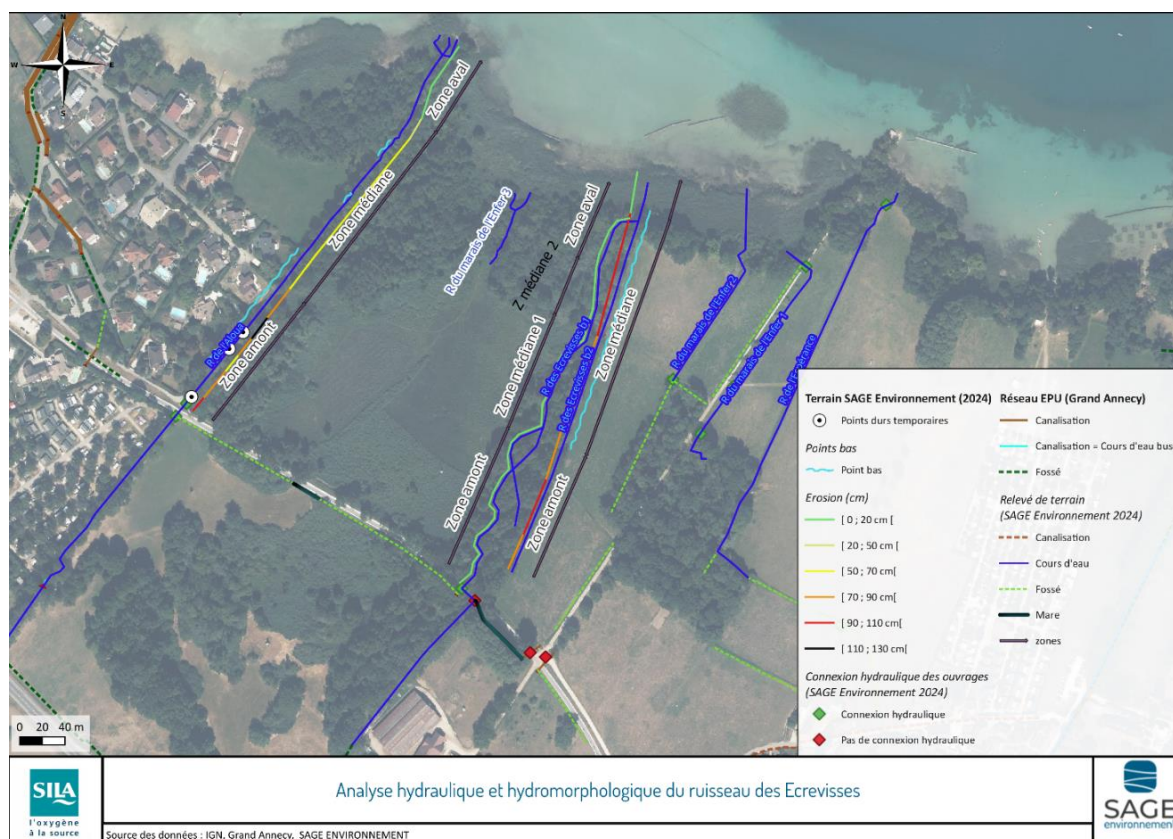


Figure 2 : Synthèse graphique de l'analyse hydraulique et hydromorphologique des ruisseaux des écrevisses

a.3 Autres affluents

Les trois affluents en rive droite du ruisseau des écrevisses bras 2 sont rectangulaires et rectilignes, il n'y a pas de connexion hydraulique avec les principaux affluents du marais. Ils participent à renvoyer l'eau de surface directement au lac.

Le ruisseau du marais (3) prend naissance de la concentration des eaux de ruissellement au niveau d'un point bas au centre du marais.

II.4.2.2 Ecoulements des eaux superficielles au cœur du marais

Les écoulements superficiels entre le ruisseau de l'Espérance et le ruisseau des écrevisses bras 1 suivent un axe Est-Ouest.

Le ruisseau des écrevisses bras 2 avec peu ou pas de potentialités d'alimentation du marais marque une réelle délimitation physique entre la zone Est et le reste du marais.

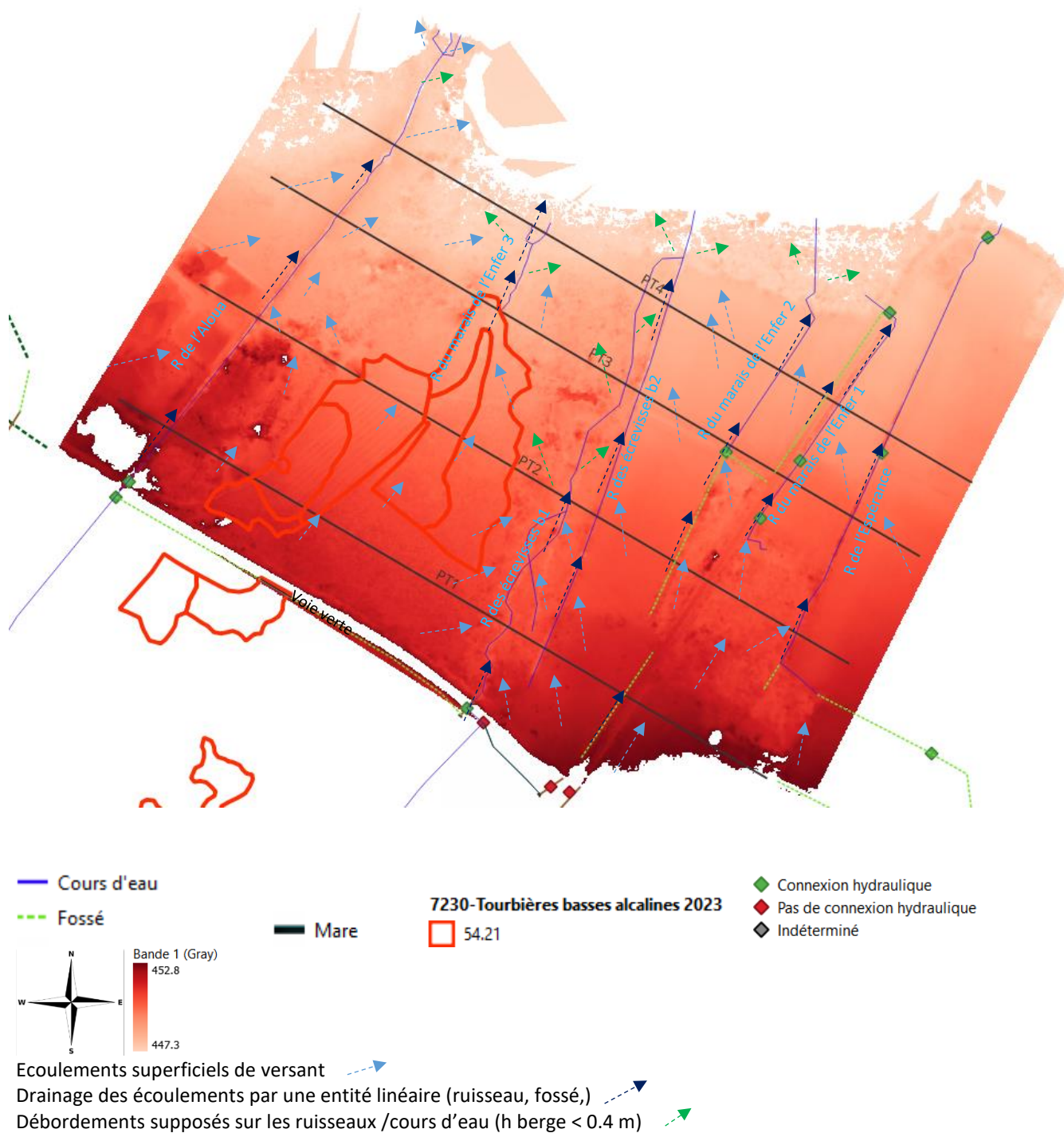
Même s'il existe une bonne potentialité de débordement du ruisseau des écrevisses bras 1 il y a des points bas et haut entre PT2 et PT4 qui limitent la divagation des eaux, il s'agit d'une zone de boisements.

L'Aloua est en situation perché dans le marais, son incision limite la potentialité de débordement, même si elle a lieu la divagation de l'eau est limitée par une topographie chaotique et aléatoire en rive droite (zone de boisements).

La voie verte et les fossés associés contribuent à limiter l'apport en eau par ruissellement diffus de la zone située en aval immédiat qui abrite l'habitat 7230-Tourbières basses alcalines. D'ailleurs ce secteur a vu régressé cet habitat sur une largeur de 150 m au droit du PT1 entre 2017 et 2023.

Cet habitat s'exprime lorsque la pente du terrain est faible ou forme de larges cuvettes pour favoriser la rétention / stagnation des eaux.

Il est synthétisé ci-après les écoulements superficiels sur fond du LiDAR.



II.4.2.3 Gestion des eaux pluviales

Au niveau des eaux usées et pluviales, le marais est soumis à une zone de 0 rejet. Plus en amont à partir du lieu-dit « la chapelle du puits » il est accepté un rejet d'eau pluviale de 13l/s/ha dans les cours d'eau.

La collecte des eaux pluviales se fait principalement par des grilles connectées à des canalisations qui se rejettent ensuite aux cours d'eau, fossés ou au lac. Les fossés sont assez rependus en bordure des zones urbanisées, voiries et cours d'eau.

Quelques rejets via des canalisations ou fossés sont constatés sur le bassin versant mais l'impact sur la qualité de l'eau n'est pas déterminé.

La gestion de l'eau pluviale est à l'origine d'une légère diminution de l'impluvium du marais en rive gauche de l'Aloua de l'ordre de 10 % de la superficie totale.

II.4.2.4 Gestion des eaux usées

Les eaux usées sont collectées par un réseau collectif pour renvoi au Siloé. Certaines habitations isolées en zones rurales disposent d'un ANC.

Le cœur du marais semble relativement préservé des pollutions organiques à l'exception d'évènements isolés lors d'orages qui entraînent un débordement des eaux usées au niveau de tampons situés sur la voie verte à une occurrence de l'ordre biennale.

Le système de gestion des eaux est principalement séparatif.

II.4.3 Ecoulements sub-surfaciques

II.4.3.1 Piézométrie

Des piézomètres ont été installés sur le marais et sont suivis par ASTERS.



Figure 4 : Localisation des piézomètres. Source : HYDROTERRE. 2024.

Les battements de la nappe sous-jacente au marais de l'Enfer ont une caractéristique pluviale classique :

- Hautes eaux : de l'hiver au début de printemps (décembre-février),
- Basses-eaux /étiage : entre août et septembre,

Les piézomètres qui bénéficient d'un niveau d'eau proche du sol une partie de l'année sont ME2 et ME3 avec une durée plus importante sur ME3.

Le piézomètre ME2 subit les plus fortes amplitudes de variations piézométriques.

L'amplitude et la durée du tarissement augmente pour tous les piézomètres au fil du temps.

La variation de l'altimétrie du fond de lit de l'Aloua peut faire varier à la baisse le niveaux de la nappe au niveau de ME1, ce processus peut s'aggraver dans le temps en présence de points durs non pérennes.

II.4.3.1.a Relation nappe d'accompagnement – ruisseaux

L'interaction nappes d'accompagnements – ruisseaux est étudiée à l'aide de la topographie du site et des niveaux piézométriques. Il est réalisé des profils en travers au droit des piézomètres sur lesquels il **est reporté des variations piézométriques** à partir des données de 2018-2023 :

- Période de basses eaux (août-septembre) : min ; max
- Période de hautes eaux (Décembre – février) : min ; max
- Période 2018-2023 : médiane

S'agissant de valeurs minimales et maximales le **résultat représenté est un fuseau de variations (min – max)**, il peut alors exister des chevauchements entre les périodes. **Pour l'étude du pendage de la nappe la médiane est prioritairement utilisée.**

Le niveau 0 des piézomètres est défini avec le LiDAR en retenant une valeur moyenne dans un rayon de 1 m arrondie à 0.1 m.

Tableau 1 : Variations piézométriques en m NGF

Piézomètres (2018-2023)	Basses eaux (août-septembre)		Hautes eaux (décembre-février)		Médiane (m NGF)
	Profondeur minimale (m NGF)	Profondeur maximale (m NGF)	Profondeur minimale (m NGF)	Profondeur maximale (m NGF)	
ME3	449.6	448.75	449.65	449.5	449.5
ME2	450.8	449.45	450.75	450.45	450.65
ME1	449.1	448.1	449.25	448.9	449.01

Sur la majorité du linéaire l'Aloua contribue à alimenter le marais. Toutefois à partir du PT2 jusqu'à environ 50 m en aval il existe un phénomène d'alimentation de l'Aloua et des points bas rive droite par le marais lors des valeurs extrêmes hautes, le phénomène s'inverse en présence de valeurs basses.

Sur l'amont, les ruisseaux des écrevisses bras 1 et 2 contribuent à drainer la nappe et donc le versant Est et une partie du marais. Lors des valeurs hautes extrêmes le ruisseau des écrevisses bras 1 et sa rive gauche semble drainer le marais mais la précision des données LiDAR et les interpolations ne permettent pas de l'affirmer avec certitude.

Le pendage de la nappe est directement corrélée à la topographie du terrain naturel.

Le pendage se fait selon un axe Est-Ouest jusqu'en rive gauche du ruisseau des écrevisses puis selon un axe Ouest-Est au niveau de l'Aloua. Il existe localement des zones d'influences et de drainage en raison de la topographie très chahutée qui apparaît au niveaux des boisements rivulaires uniquement, (les boisements entre les deux ruisseaux vers le lac ne sont pas concernés).



Figure 5 : Synthèse cartographique des écoulements sub-surfaceaux au 1 / 3 500^{ème}

11.4.3.1.b Relations nappe d'accompagnement - lac

Le niveau d'eau du marais est principalement liés aux apports du bassin versant, il n'y a pas de corrélation vérifiée avec le niveau du lac.

11.4.4 Ecoulements souterrains profonds

Il n'existe pas d'étude hydrogéologique sur ce secteur.

II.5 CONTEXTE ECOLOGIQUE

II.5.1 Habitats et flore

Il est présenté ci-dessous une cartographie des habitats de 2023 réalisée par ASTERS.

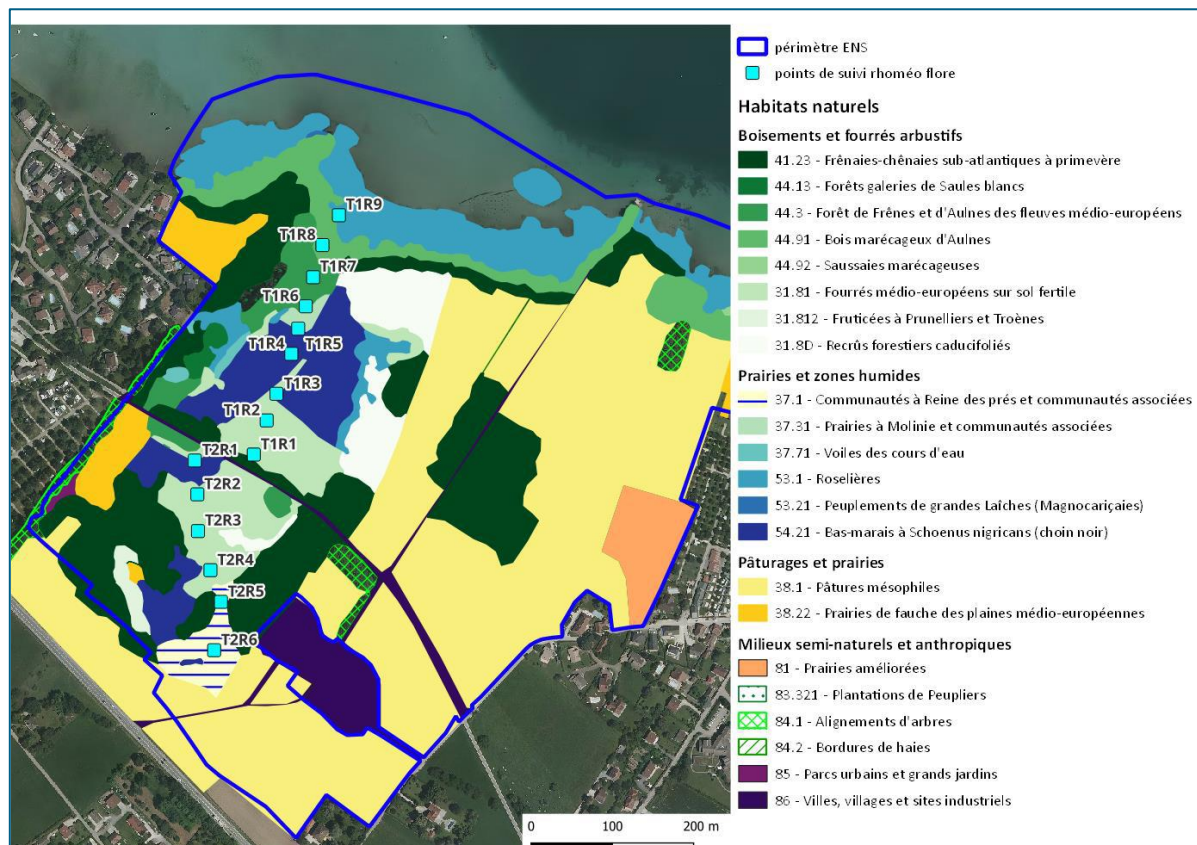


Figure 6 : Cartographie des habitats de 2023. Source : ASTERS

Le marais se caractérise d'une mosaïque de milieux herbacés plus ou moins ouverts, de fourrés de saules, de boisements à tendance humide et de différents types de prairies marécageuses.

Le site d'étude abrite 7 habitats d'intérêt européen et 8 espèces floristiques qui figurent sur une ou des listes d'évaluation. Le Solidage géant, plante exotique envahissante menace l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.

L'enjeu de conservation prioritaire du marais porte sur les Tourbières basses alcalines associées au groupement « Bas-marais à Schoenus nigricans » représenté par 3 espèces indicatrices :

- Liparis de Loesel : milieu marécageux ou temporairement inondé, variation hydrique faible,
- Orchis des marais : substrat humides à détrempé, variation hydrique faible,
- Gentiane pneumonanthe : sol humide à mésophile, variation hydrique importante,

Ces plantes et les habitats font l'objet d'un suivi scientifique par ASTERS. Les résultats reflètent une tendance à la diminution de l'engorgement en eau du marais avec une tendance à la disparition d'espèces inféodées aux milieux humides. Il est indiqué une succession écologique avec une dominance progressive de la phragmitaie remplaçant le bas-marais en place. Ce phénomène est engendré en partie par les fortes variations piézométriques dont l'amplitude augmente et la période de tarissement s'allonge, la tendance va dans le sens de la dégradation avec le changement climatique.

II.5.2 Faune

Les éléments présentés ci-après proviennent du plan de gestion 2018-2023 et sont issus de synthèse des données faune de la base de données de la LPO Haute-Savoie (données collectées entre 2007 et 2017).

- Oiseaux : 140 espèces
 - Oiseaux nicheurs inscrits sur la « Directive Oiseaux » : 3 espèces
 - Oiseaux nicheurs menacés et à surveiller de Haute-Savoie : 8 espèces
- Chiroptères : 9 espèces dont 1 inscrite à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore et considérée comme en danger sur la liste rouge régionale.
- Mammifères : 14 espèces dont le Castor d'Europe est inscrit en Annexe 2 de la directive Habitat.
- Repries : 3 espèces
- Amphibiens : 2 espèces
- Entomofaune : 17 papillons, 5 odonates, 5 orthoptères ; aucun n'est particulièrement remarquable
- Mollusques : 21 espèces dont un espèce patrimoniale

Sur le volet piscicole il est indiqué que des alevinages de truite ont eu lieu il y a une quinzaine d'année dans l'Aloua et une dizaine d'année dans le ruisseau des écrevisses.

Les assècs fréquents de l'Aloua ne sont pas favorables au maintien de la faune piscicole.

Selon le niveau hydrologique des remontées ponctuelles de truite sont possibles pour certains ruisseaux, s'il n'y a pas d'embâcles au niveau des confluences. L'intérêt pour la reproduction de la truite fario est inexistant à l'exception de l'Aloua où le substrat alluvionnaire est apparent.

II.6 ZONAGES A PORTEE REGLEMENTAIRES

La présente section fait état des zonages à portée réglementaire en interface avec le cœur du marais.

Tableau 2 : Zonages à portée réglementaire

Nature / Origine du zonage	Interface avec le cœur du marais de l'Enfer
Inventaire départemental des zones humides	Oui : Code ZHRMC : 74ASTERS0252
Inventaire départemental des cours d'eau	Oui : 4 cours d'eau au sein du cœur du marais : Alloua, ruisseau des écrevisses, ruisseau du marais de l'Enfer (X2)
Classement liste 1 et 2	Non renseigné sur les arrêtés
Inventaire départemental des frayères	Non
Zone Natura 2000	Oui : Directive habitat - FR8201720 - Cluse du Lac d'Annecy
Arrêté préfectoral de protection de biotope	Oui : Cœur du marais et amont : FR3800227 - Marais De L'Enfer Aval : FR3800963 - Roselières Du Lac D'Annecy
Sites inscrit	Oui : 010SI02, 011SI02, 104SI02, 108SI03, 176SI04, 242SI02, 267SI01, 275SI04, 299SI03 – Lac d'Annecy
Site classé	Non
Périmètre de protection des Monuments historiques	Non
Périmètre de captage AEP	Non
Zone de préemption archéologique	Oui : présence de sites palafittique 221404 - zone de saisine (décret 2002-89)
Servitudes	Oui : PPR de Saint-Jorioz approuvé le 21 août 2009 Zones d'aléas fort pour crues torrentielles : au niveau des ruisseaux Zone d'aléa faible pour la remontée des eaux du lac et terrain hydromorphe
Autres prescriptions réglementaires du PLU de Saint-Jorioz.	- Oui : zone N, secteur de zone humide et d'intérêt paysager

II.7 DYSFONCTIONNEMENTS ET POTENTIALITES D'AMENAGEMENTS

Le tableau à la page suivante liste les dysfonctionnements identifiés sur la base du diagnostic et les objectifs des aménagements à mettre en place pour améliorer la situation qui est brièvement rappelée.

Le tableau liste ensuite :

- Les opportunités : il s'agit des éléments existants qui peuvent contribuer à l'atteinte des objectifs,
- Les facteurs limitants : il s'agit de contraintes à prendre en considération dans le cadre de la conception afin d'anticiper des blocages techniques ou décisionnels, ces facteurs peuvent orienter le choix d'un aménagement et directement influencé l'atteinte d'un objectif.

Il est ensuite défini à l'aide des paramètres précédents les moyens à mettre en œuvre pour l'atteinte des objectifs.

La dernière colonne renseigne les structures concernées et compétentes pour la mise en place des aménagements /actions.

D'après SAGE Environnement il est possible d'atteindre un objectif de réhydratation du marais avec des interventions directement sur les ruisseaux puis leur bassin versant. Il est préconisé de prioriser les actions qui permettent une réhausse du toit de la nappe proche de l'habitat prioritaire soit les actions sur les ruisseaux.

Les actions sur le bassin versant sont aussi nécessaires pour augmenter l'apport en eau mais les opérations sont hétérogènes en termes de contraintes et de difficultés d'interventions.

Tableau 3 : Synthèse des dysfonctionnements et potentialités d’aménagements

Dysfonctionnements	Objectifs	Opportunités / points forts	Facteurs limitants	Moyens	Structures compétente
Actions sur le bassin versant					
La voie verte redirige les écoulements superficiels aux ruisseaux ce qui ne permet pas une hydratation par ruissellement diffus de l’aval de la voie verte. On observe des zones de stockage d’eau en amont de la voie verte.	Augmenter l’apport en eau de surface par ruissellement diffus sur le marais	Ruisseau des écrevisses bras 1 connectif avec les milieux rivulaires	*Aloua non connectif *La voie verte est un ouvrage de voirie très fréquenté * Cortège de bas marais alcalin formé au droit de la zone de rétention en amont de la voie verte	*A1 : Réalisation d’un ou plusieurs ouvrages traversant	*Grand Annecy
	Augmentation de la quantité d’eau aux ruisseaux		*Ruisseau des écrevisses uniquement connectif avec les milieux rivulaires et non le cœur du marais	*A2 : Modelage du fossé amont pour renvoi de toutes les eaux au ruisseau des écrevisses bras 1 ou l’Aloua. Cette action a un intérêt s’il y a un reméandrage et une redéfinition de section des cours d’eau	* SILA
La bassin versant réel est diminué par rapport au bassin versant topographique en raison des modalités de gestion des eaux pluviales.	*Amélioration de la continuité hydraulique *Augmentation de l’apport en eau	Présence de réseaux à ciel ouvert en aval du camping de l’Aloua qu’il semble possible de connecter à la rive gauche de l’Aloua.	*Zones urbanisés *Réseaux souterrains (il est noté la présence d’un regard en rive gauche)	*A3 :Création d’un fossé de renvoi des eaux vers l’Aloua en aval de la voie verte	Grand Annecy
Connexion hydraulique variable entre la mare et le ruisseau des écrevisses bras 1.	*Amélioration de la continuité hydraulique *Augmentation de l’apport en eau	* Présence d’un point bas qui collecte les eaux * Présence d’un ouvrage de gestion des eaux	* Modalités de gestion des eaux * Entretien de la mare	*A4 : Entretien de l’ouvrage et maintien en position ouverte de la vanne	Propriétaire
Absence de connexion hydraulique d’un fossé avec l’aval de la voie verte et la mare.	*Amélioration de la continuité hydraulique *Augmentation de l’apport en eau	Présence d’un point bas qui collecte les eaux	Présence d’un chemin desservant une ferme	*A5 : Confère A1 Réalisation d’un ouvrage traversant <u>sous le cheminement</u> pour connexion à la mare	Grand Annecy
Absence de connexion hydraulique entre les fossés amont/aval de la départementale en connexion avec le ruisseau des écrevisses bras 1	*Amélioration de la continuité hydraulique *Augmentation de l’apport en eau	Présence de fossés	Route départementale	* A6 :Confère A1 Réalisation d’un ou plusieurs ouvrages traversants <u>sous la départementale</u>	Grand Annecy Département 74
Drainage des eaux superficielles du versant par les fossés et ruisseaux en rive droite du ruisseau des écrevisses bras 1 avec effet potentiels sur la nappe d’accompagnement	*Limiter le drainage		*Présence de champs cultivés * Altimétrie du marais perchée par rapport aux ruisseaux et fossés rive droite	*A7 : Réalisation de seuils perméables en bois	SILA
Actions sur l’Aloua					
L’Aloua ne participe pas à l’alimentation du marais en eau superficielle par débordements en raison de son incision.	* Augmenter l’apport en eau de surface par débordements sur le marais * Augmenter l’enneigement du sol * Diminuer le risque inondation sur les zones à enjeux	* Point bas existants en rive droite * Emprise disponible en rive droite	*Rive gauche plus basse que la rive droite sur certains linéaires *Zonage du PPRI *Présence de points hauts en rive droite *Présence de déchets en rive droite * Boisements : impacts travaux potentiellement importants	*A8 : Reméandrage hors zone d’influence des points haut/bas (boisements), *Redéfinition des caractéristiques physiques du cours d’eau pour favoriser les débordements et réalisation de points bas	SILA
Présence de points durs non pérennes dans le lit de l’Aloua pouvant augmenter la déconnexion des milieux rivulaires (déjà peu connectifs) et diminuer le niveau piézométrique en cas de rupture.	* Stopper le phénomène d’incision	* Emprise disponible en rive droite	*Rive gauche plus basse que la rive droite sur certains linéaires *Zonage du PPRI	*A9 : Stabilisation par mise en place de rampes en enrochements libres ou d’ouvrages bois au droit des points durs non pérennes	SILA
	* Stopper le phénomène d’incision * Augmenter l’apport en eau de surface par débordements sur le marais * Augmenter l’enneigement du sol * Favoriser la formation de milieux rivulaire typique de bordure de ruisseaux * Diminuer le risque inondation sur les zones à enjeux	* Emprise disponible en rive droite * Fond de lit perché par rapport au marais	*Rive gauche plus basse que la rive droite sur certains linéaires *Zonage du PPRI * Points hauts en RD * Déchets en RD * Boisements (impacts)	*A10 : Confère A8	SILA

Dysfonctionnements	Objectifs	Opportunités / points forts	Facteurs limitants	Moyens	Structures compétente
Actions sur le ruisseaux des écrevisses bras 1					
L’amont du ruisseau des écrevisse bras principal (160 ml) est incisé par rapport au centre du marais et au bras 2 (130 ml), il a tendance à drainer les eaux de surfaces.	Limiter l’effet de drainage du bras principal et secondaire	Emprise disponible en rive gauche	* Fond de lit haut par rapport aux berges *Topographie croissante vers le cœur du marais * Boissements : impacts potentiellement importants en cas de travaux	* A11 : Redéfinir la géométrie du cours d’eau pour favoriser les débordements	SILA
	Augmenter l’apport en eau et l’enneiement			*A12 : Confère A8	
Sur 240 ml, le ruisseau des écrevisses bras 1 est très proche et perché par rapport au bras 2 qui a un rôle de drainage localisé. Il est constaté la présence de points hauts sur une largeur d’environ 30 m qui limite la divagation des eaux en cas de débordement (boissements). Aussi il semble exister un léger drainage du marais lors des valeurs extrêmes de hautes/basses eaux. Pour finir la connectivité piscicole est non fonctionnelle.	Augmenter l’apport en eau de surface sur le marais et limiter le drainage de la nappe par le bras 2.	* Ruisseau avec une hauteur de berge faible * Emprise disponible * Topographie décroissante vers l’Ouest	* Topographie formant des points hauts et bas sur 30 m en rive gauche * Boissements : impacts importants en cas de travaux	*A13 : Confère A8 : Reméandrage hors zone d’influence des points haut/bas (boissements) et du bras 2 [...] *A14 : Réalisation d’une confluence fonctionnelle pour la faune piscicole.	SILA
Autres					
Connexion piscicole des ruisseaux non fonctionnelle			*Berges meubles composées de roseaux ou hélrophytes	*A15 :Terrassement d’un chenal connectif et entretien par retrait des embâcles	SILA

III. Scénarios d'aménagements

III.1 CHOIX DES SCENARIOS

La réunion du 15/01/2024 en présence de SAGE Environnement, le SILA, ASTERS et le Conservatoire du Littoral a permis de faire émerger deux scénarios qui seront développés au stade faisabilité dans la suite du rapport. Il s'agit de :

Scénario 1 :

- Action 4 : entretien et maintient en position ouvert de la vanne de régulation de la mare,
- Action 5 : ouvrage hydraulique traversant sous le chemin pour connexion à la mare,
- Action 7 : bouchons sur le ruisseau des écrevisses bras 2,
- Action 12 : reméandrage du ruisseau des écrevisses bras 1,

Le SILA a souhaité l'étude d'une variante, il s'agira **du scénario 1 bis** qui comporte les actions précédentes avec l'ajout de :

- Action 2 : modelage du fossé pour renvoi des eaux vers le ruisseau des écrevisses,
- Si nécessaire : Action 7 : bouchon sur le fossé.

Scénario 2 :

- Action 1 : ouvrage hydraulique traversant au niveau de la voie verte,
- Si nécessaire : Action 2 : modelage du fossé pour renvoi des eaux vers l'ouvrage hydraulique.

Le scénario 1 est ambitieux car il propose des actions sur le ruisseau des écrevisses bras 1 et son bassin versant tandis que le second scénario se focalise sur le bassin versant avec deux actions conjointes.

Les actions sur l'Aloua n'ont pas été retenues car le cours d'eau à une hydrologie temporaire. Aussi, les actions d'aménagements induiraient un changement de sa nature (cours d'eau rectiligne de fond de vallée sur substrat alluvionnaire) avec un passage à un ruisseau de marais (cours d'eau sinueux sur substrat organique). De même, la présence de points bas en rive gauche limite la possibilité des actions dans un souci de ne pas aggraver le risque inondation sur les zones d'habitations.

III.2 DESCRIPTION DES SCENARIOS

III.2.1 Scénario 1

III.2.1.1 Objectifs de restauration

Le scénario 1 se veut ambitieux car il propose deux actions permettant d'augmenter la quantité d'eau qui rejoindra le ruisseau des écrevisses bras 1 par :

- la mise en œuvre d'un ouvrage hydraulique traversant sur une zone de discontinuité hydraulique,
- le maintien en position ouverte d'une vanne en aval d'une mare qui retient de l'eau.

De façon à ce que l'eau du ruisseau des écrevisses et celle qui sera ajoutée (par les actions susmentionnées) puisse profiter à l'habitat cible (7230-Tourbières basses alcalines) il est proposé de modifier le tracé du cours. Il s'agira de le rapprocher au maximum de cet habitat (y compris sa nappe d'accompagnement) pour recharger la nappe du marais. Une nouvelle géométrie sera définie de façon à favoriser les débordements en périodes de hautes eaux pour envoyer temporairement le milieu.

Les écoulements d'eau seront largement ralentis par la formation d'une sinuosité et la diminution de la pente du cours d'eau.

Le drainage du bras 2 sera diminué par l'éloignement du bras 1 et la mise en place de bouchons dans ce dernier. Cela aura pour effet indirect de réhydrater les sols avoisinants.

III.2.1.2 Description des actions d'aménagements

La cartographie suivante est une vue en plan des aménagements décrits aux sections suivantes.

Les ouvrages ont été dessinés aux dimensions réelles à l'exception des seuils bois. La largeur du cours d'eau reméandré est moyennée selon une profondeur de 0.6 m par rapport au terrain naturel.

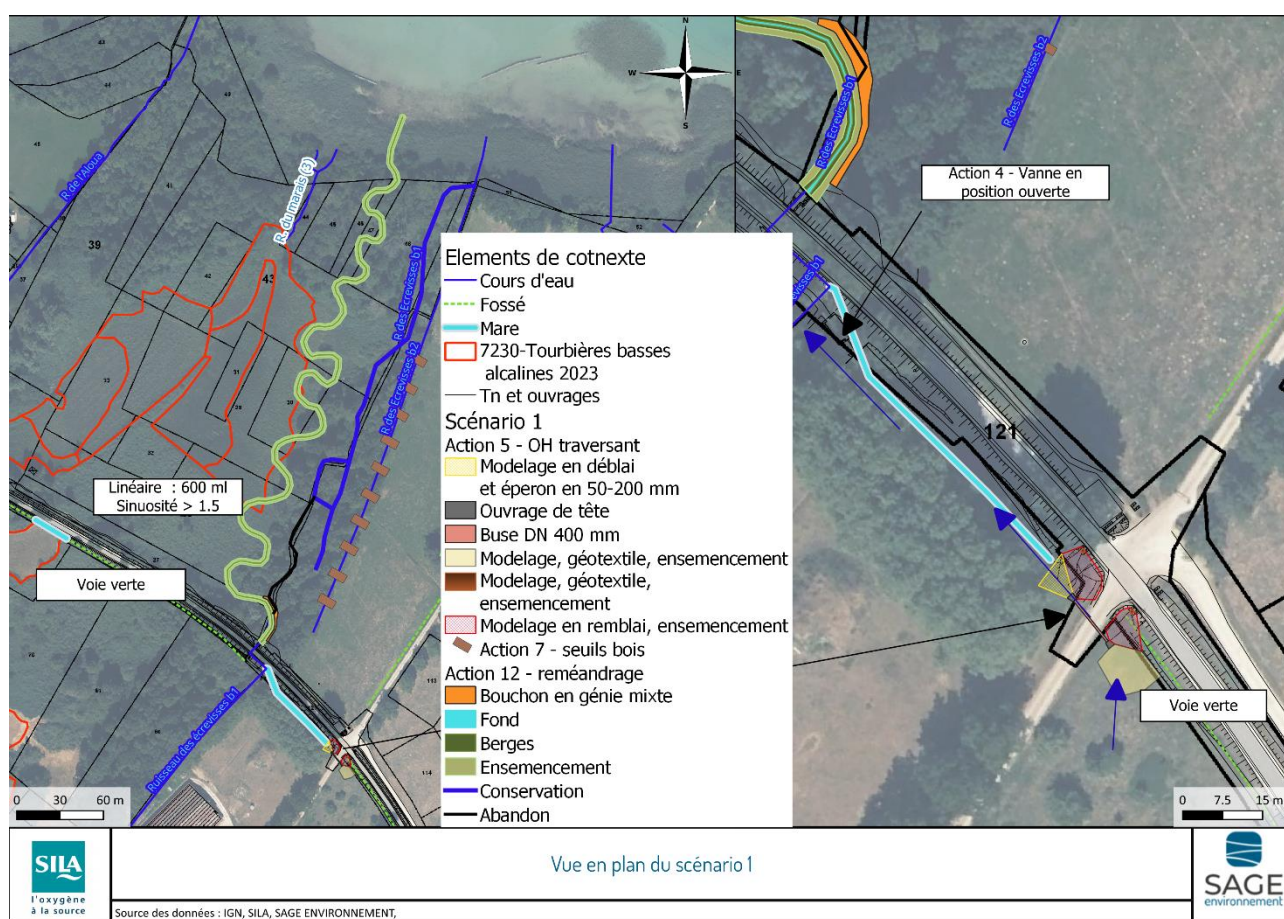


Figure 7 : Vue en plan du scénario 1

III.2.1.2.a Actions 4

L'action 4 consiste à une coordination avec le gestionnaire de la mare en bordure de la voie verte afin de laisser en position ouverte la vanne de régulation du niveau d'eau. Ce niveau devra être défini en concertation avec le gestionnaire et les projets en cours sur cette mare pour ne pas compromettre la vie aquatique de ce milieu.

III.2.1.2.b Action 5

L'action 5 porte sur la mise en œuvre d'un ouvrage hydraulique traversant entre un champs et la mare pour assurer une connexion hydraulique. L'eau se déversera dans la mare puis rejoindra le ruisseau des écrevisses bras 1 grâce à l'application de l'action 4.

L'ouvrage hydraulique actuel qui fait la jonction avec le champs au nord a une largeur de 0.6 m et un tirant d'air de 1.10 m soit une section de 0.66 m². Il n'est pas possible ici de proposer un ouvrage de section similaire au regard du faible dénivelé entre le champs et le chemin. Il est possible de mettre en œuvre au maximum une buse DN 400 mm qui aura une couverture de l'ordre de 0.20 m au droit du chemin (un enrobage béton sera nécessaire sur son emprise au regard de la faible épaisseur et le passage d'engins agricoles).

La longueur de l'ouvrage sera d'environ 12 ml avec une pente de l'ordre de 1 %, la buse aura une débitance de 190 L/s.

Pour assurer un maintien des talus et éviter l'affouillement il est préconisé l'utilisation d'un ouvrage de type mur de tête aux deux extrémités. Il est illustré ci-dessous ce type d'ouvrage.

Ø 400 À AILES OUVERTES

- Poids unitaire : 1502 kg
- Volume : 0.501 m³

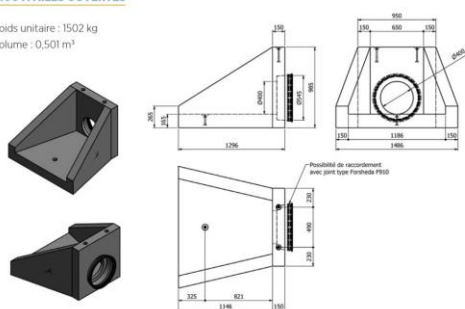


Figure 8 : Exemple de mur de tête pour une canalisation DN400 mm. Source : Plattard.fr et ArchiExpo

Une dépression formant un fossé existe en pied de talus entre le chemin et la mare. Pour limiter la longueur de l'ouvrage les berges de celui-ci seront scalpées et un modelage sera effectué pour raccord progressif à la mare. De façon à prévenir une érosion du talus il sera mis en œuvre une couche de matériaux 50-200 mm qui formera un éperon sur la largeur de l'ouvrage. Un remblaiement partiel du talus à mi-hauteur sera nécessaire pour raccord au terrain naturel. Une palissade bois pieutée sera ajoutée au droit de l'OH existant en arrière du remblai de façon à renforcer l'aménagement. Cette palissade sera calée à mi-hauteur pour permettra une surverse en cas de mise en charge de la vanne de régulation.

Côté amont, un modelage du terrain sera nécessaire pour assurer la fonctionnalité de l'ouvrage. Un déblai sur environ 10 m sera effectué pour atteindre la cote projet et former un point bas. Cette emprise sera recouverte de géotextile avec un ensemencement. Aussi au niveau de l'OH existant un remblai à mi-hauteur de talus de la voie verte avec raccord au TN sera réalisé pour rediriger l'eau vers le nouvel ouvrage. Une palissade bois sera à mettre en œuvre au niveau de l'OH pour renforcer la fermeture de l'OH et permettre une surverse évitant une mise en charge de la buse.

Les surfaces de remblai seront ensemencées.

Il est présenté ci-dessous une illustration du profil en long.

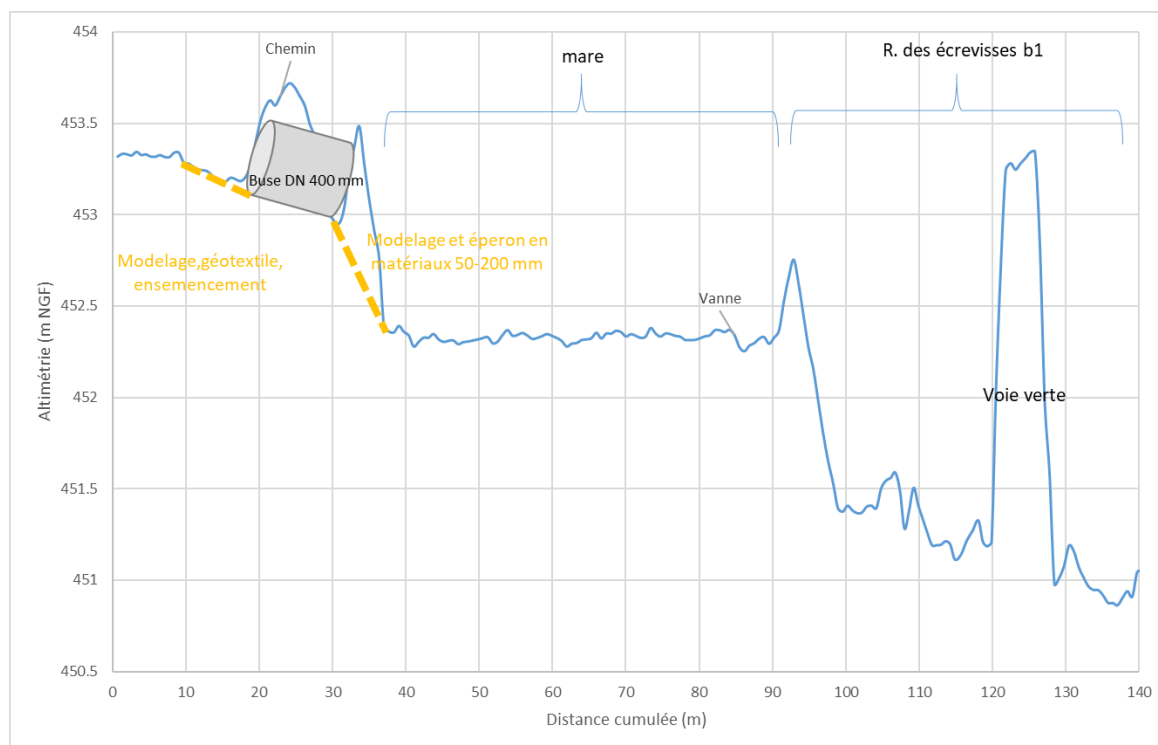


Figure 9 : Profil en long de calage de la buse DN 400 mm

III.2.1.2.c Action 7

En vue de limiter l'effet drainant du ruisseau des écrevisses bras 2 et d'humidifier les sols avoisinants il est préconisé la mise en place de seuils en bois en travers de toute la section du cours d'eau.

Les seuils seront constitués de rondins de bois empilés et assemblés par des fers à béton pour former une paroi étanche. Celle-ci sera maintenue de part et d'autre par des pieux en bois battus dans le substrat.

Afin d'avoir un effet sur la nappe d'accompagnement l'ouvrage sera ancré jusqu'à la profondeur du plus important tarissement observé sur les piézomètres soit 1.45 m selon le piézomètre ME2.

L'ouvrage aura une cuvette rectangulaire qui permettra :

- le passage de l'eau en période de basses eaux sur la partie inférieure de la cuvette,
- le passage de l'eau en période de hautes eaux sur la partie supérieure de l'ouvrage,

La ligne d'eau en période de hautes eaux ne devra pas déborder sur les parcelles avoisinantes. Cette cuvette sera à dimensionner selon les débits issus des données complémentaires.

Pour éviter l'affouillement en aval des ouvrages il sera mis en œuvre une épaisseur de matériaux 50-200 m en pied d'ouvrage sur environ 1 m de long.

Il est présenté ci-dessous le principe de mise en place de ce type d'ouvrage et une réalisation.

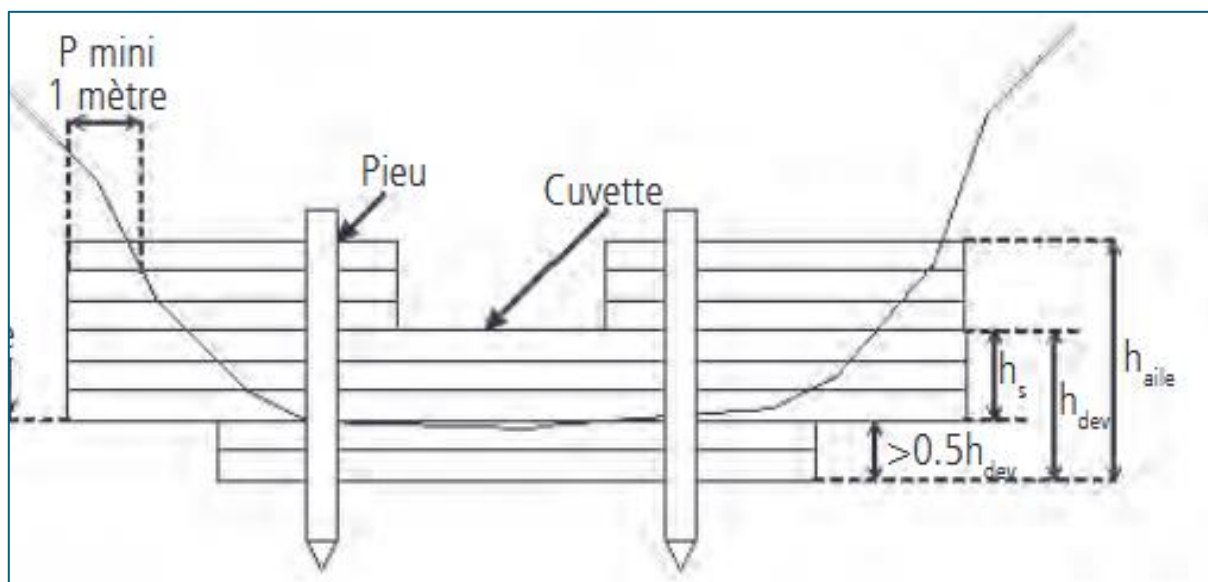


Figure 10 : Principe d'un seuil bois classique avec des ailes. Source : Office National des Forêts - Damien Roma



Figure 11 : Exemple de seuils bois. Source : www.lacompagniedesforestiers.com

L'implantation est favorisée sur le linéaire incisé où les impacts de la réhydratation seront faibles sur la parcelle rive droite. À noter que celle-ci est en partie classée en zone humide à l'inventaire départementale de Haute-Savoie. Aussi il n'est pas souhaité la mise en place de ces ouvrages sur le linéaire où le fond de lit n'est pas totalement colmaté puisqu'il peut présenter un intérêt pour la faune piscicole (150 m en amont depuis l'embouchure). Dans ces conditions les ouvrages seront implantés depuis la naissance du bras et sur environ 217 ml vers l'aval.

L'implantation d'un ouvrage aura une réponse importante sur la ligne d'eau puisque la pente est de 1%. L'espacement des ouvrages est défini à titre indicatif en partant de l'hypothèse que la réhausse sera au moins égale à la partie haute de l'ouvrage. Cette hauteur est fixée selon la médiane de l'incision mesurée sur site + 0.1 m soit entre 0.5 et 0.6 m au droit des ouvrages.

Dans ces conditions il est possible de mettre en place un ouvrage tous les 20 m qui permettrait l'influence suivante :

- médiane incision + 0.1 m : médiane incision = sur 10 m
- médiane incision : médiane incision – 0.1 m = sur 10 m

Il sera mis en œuvre 10 ouvrages.

III.2.1.2.d Action 12

Cette action concerne le reméandrage et la redéfinition du gabarit du ruisseau des écrevisses bras 1.

d.1 Première approche sur l'objectif de réhydratation

Les niveaux piézométriques actuels permettent l'expression du cortège bas marais alcalin mais ce dernier se dégrade par assèchement. L'habitat visé pour la restauration abrite trois espèces indicatrices dont :

- Liparis de Loesel : milieu marécageux ou temporairement inondé, variation hydrique faible avec une nappe superficielle d'une profondeur < 50 cm
- Orchis des marais : substrat humides à détrempe, variation hydrique faible,
- Gentiane pneumonanthe : sol humide à mésophile, variation hydrique importante,

Il s'agit alors de retenir les exigences écologiques les plus contraignantes soit **un milieu temporairement inondé avec une amplitude de variations faibles**.

A ce stade de l'étude, en absence de relations cotes/débits/précipitations/piézométrie il n'est pas proposé de niveaux spécifiques.

Il est toutefois possible d'améliorer l'hydratation du sol par réhausse du toit de la nappe et augmentation de la fréquence de débordement du ruisseau sur l'habitat cible par les actions suivantes :

- rapprocher l'eau superficielle et la nappe d'accompagnement de l'habitat cible en déplaçant le cours d'eau,
- définir un gabarit spécifique pour permettre un débordement sur l'habitat cible
- augmenter la sinuosité et diminuer la pente pour réduire la vitesse de transfert des eaux vers l'aval.

Le ruisseau des écrevisses bras 1 devra avoir un fond de lit proche du terrain naturel afin de favoriser la réhydratation et la réhausse du toit de la nappe.

Le titulaire du marché de l'Avant-Projet affinera les niveaux de calage et le gabarit projet pour avoir une nappe d'accompagnement permettant le développement du liparis de Loesel :

- un niveau d'eau proche du TN pour au moins 50 % du temps (médiane),
- un débordement / ennoiment en période de hautes eaux,
- un niveau d'eau de l'ordre de 10-20 cm sous le sol (condition existante pour ME2 et ME3 en hautes eaux) le reste de l'année (hors période de basses eaux),
- une fréquence maximale de jours de tarissement < 50 cm.

d.2 Description des actions

A. Etat actuel

La sinuosité actuelle a un ratio de 1.1 ce qui est faible pour un ruisseau de marais et une pente de 1 % ce qui est à l'inverse élevé. Globalement la section du cours d'eau est large et la ligne d'eau faible, les berges sont peu marquées puisqu'il n'y a qu'un écart de quelques dizaines de centimètres avec le TN.

Selon la typologie de Rosgen ci-après l'état actuel s'apparente à un cours d'eau de typologie C soit une sinuosité moindre (> 1.2) et une alternance de radiers et plats profonds. Ces cours d'eau sont issus de larges vallées avec terrasses, en association avec des plaines inondables, des sols alluviaux (cône de déjection du Laudon ?). Les cours d'eau sont légèrement encaissés avec des tracés sinueux.

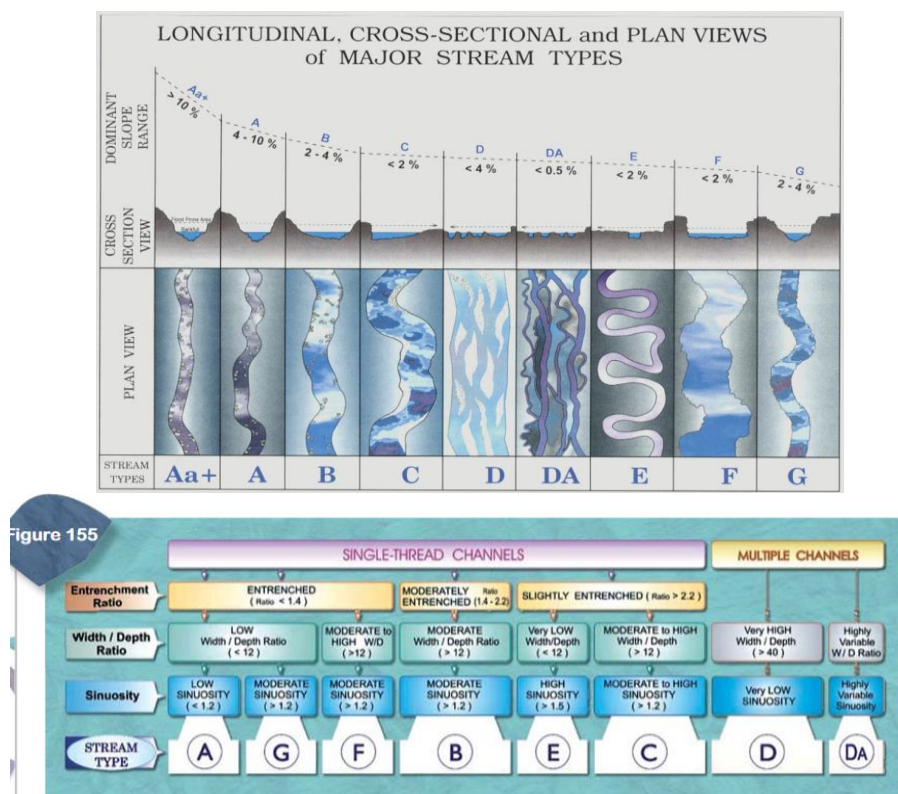


Figure 12 : Classification de Rosgen. Source : Rosgen et OFB.

D'après une moyenne réalisée sur 4 profils en travers la largeur plein bord (avant débordement) est d'environ 8 m avec une hauteur entre le fond et les berges de 0.40 m soit une pente de l'ordre de 5H/1V. En appliquant la formule de Manning-Strickler dans cette section il est nécessaire d'obtenir un débit de 1 800 l/s pour obtenir un débordement. Ce débit est très important, il s'agit de 2.5 X le module du Laudon qui a un bassin versant 50 fois plus grand que la ruisseau des écrevisses.

B. Etat souhaité

i. Tracé projet

Ici il s'agirait de se rapprocher de la typologie E de Rosgen qui correspond à des cours d'eau sinueux stables en fond de vallée avec une sinuosité > 1.5. Ces cours d'eau sont caractérisés par des faciès de types radiers et mouilles avec un chenal étroit et profond. La végétation tend à stabiliser les berges. Ce type de cours d'eau joue un rôle de soutien de l'hydrologie des zones humides.

Le tracé futur se fera au plus proche de l'habitat cible pour obtenir un maximum de résultats sur les objectifs visés. Il sera évité au maximum les impacts sur les boisements.

A noter qu'un des bras qui prend sa source dans le boisement ne sera pas dévié pour assurer un écoulement d'eau au sein de cet habitat. En complément des seuils bois cela permettra de limiter l'assèchement du milieu naturel.

Au niveau du lac le tracé est définit pour éviter au maximum l'influence du ruisseau du marais (3) et du bras des écrevisses bras 2. Il sera connectif pour assurer la continuité écologique.

Le point amont est défini le plus haut possible pour limiter la profondeur du chenal projet et le volume de déblais. Le fond projet est calé à +0.1 m du fond de lit en aval de l'OH n°18, la pente passe alors ponctuellement de 1.3 % à 0.7 % (il y aura ici la nécessité d'affiner ce calage avec de la topographie terrestre et de vérifier la non aggravation du risque inondation au droit de cet OH).

En aval le point bas est défini par le lac à 447.1 m NGF.

Il est présenté ci-dessous le profil en long du terrain naturel sur l'axe projet (vert) et le profil projet (bleu).

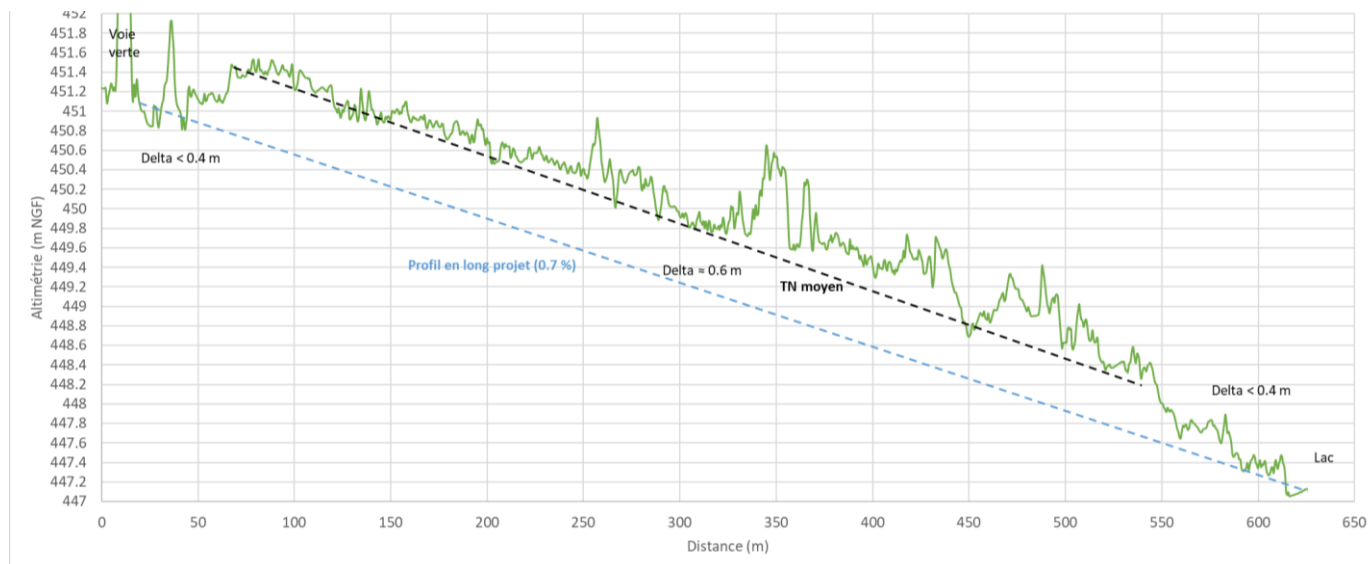


Figure 13 : Profils en long actuel et projet

Le linéaire projet est de 600 m ce qui permet d'obtenir une pente de 0.7 %.

En moyenne le fond de lit projet sera à -0.6 m du terrain naturel à l'exception de l'amont et l'aval avec une valeur proche de 0.4 m.

Note : le tracé proposé tiens comptes des éléments susmentionnés, il s'agit à ce stade d'une première ébauche, celui-ci pourra être adapté selon d'autres contraintes au stade Avant-Projet.

ii. Gabarit du lit mineur

Il est présenté ci-après le principe de la méthodologie à appliquer pour le dimensionnement du gabarit projet. Celle-ci sera à répliquer après acquisition de données hydrométriques.

Il est estimé le débit du ruisseau des écrevisses' à l'aide d'une formule de transfert avec le bassin versant du Laudon et les débits correspondants à la station « V123 7410 01 : Le Laudon à Saint-Jorioz ». A noter que l'écart de superficie est très important ce qui peut conduire à de fortes imprécisions pour les débits de crue.

Il est utilisé les formules suivantes :

- $Q_{bv \text{ Laudon Module}} = Q_{bv \text{ R.des écrevisses}} * (S_{bv \text{ Laudon}}/S_{bv \text{ R.des écrevisses}})^{1.1}$
- $Q_{bv \text{ R.des écrevisses } Q2 \text{ à } Q10} = Q_{bv \text{ R.des écrevisses}} * (S_{bv \text{ Laudon}}/S_{bv \text{ R.des écrevisses}})^{0.8}$
- $Q_{bv \text{ R.des écrevisses } Q1} = Q_{bv \text{ R.des écrevisses } Q10} * 0.4$

Il est présenté ci-dessous les débits estimés.

Tableau 4 : Estimation des débits

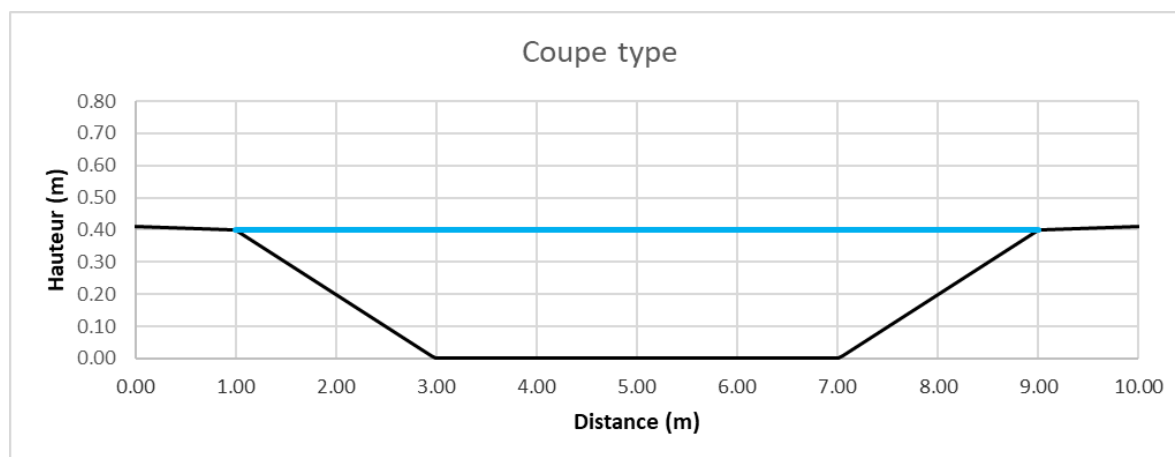
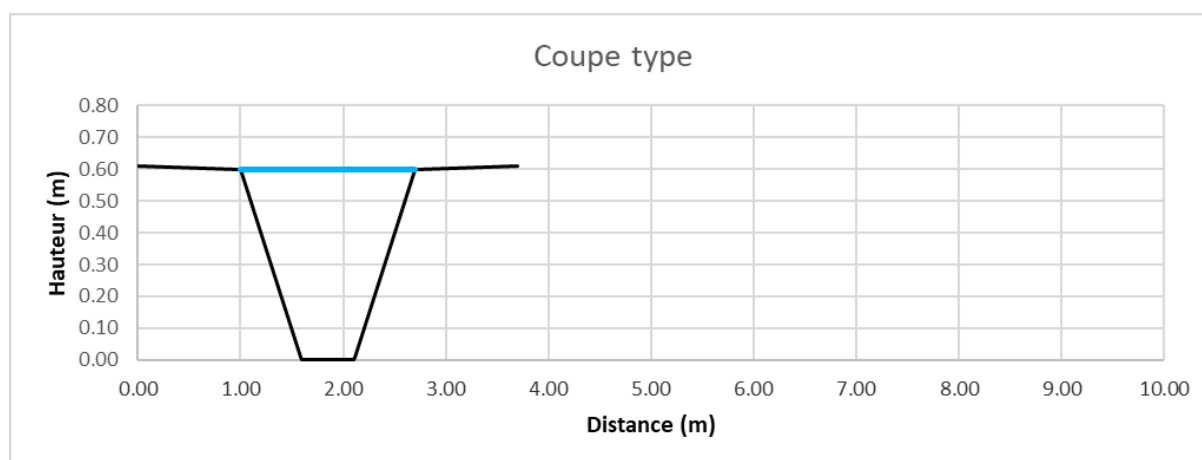
Surface de bassin versant (km ²)	Module (l/s)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)	Q10 (l/s)
Laudon – 29.2	740	10 560	18 400	26 400
R.des écrevisses – 0.560	14	446	778	1 116

En considérant les débits susmentionnés et la section moyenne du ruisseau des écrevisses bras 1 alors l'application de la formule de Manning-Strickler indique un niveau d'eau au module de l'ordre de 3 cm et un débit de 1 800 l/s pour obtenir un débordement. Ce débit correspondrait alors à un débit bien supérieur à une crue cinquantennale. Nous proposons ici de réduire la section afin de permettre un débordement proche de la crue annuelle ce qui induit les dimensions suivantes :

Tableau 5 : Etude du gabarit actuel et projet

Paramètres	Etat actuel	Etat projet
Largeur du fond (m)	4	0.5
Pente de berges (H/V)	5H/1V	1H/1V
Largeur au miroir (m)	8	1.7
Pente du fond (m/m)	0.01	0.007
Hauteur d'eau (m)	0.4	0.6
Débits (l/s)	1 800	460

Il est présenté ci-dessous la représentation graphique de ces situations.

**Géométrie initiale et ligne d'eau pour Q = 1 800 l/s****Géométrie projet et ligne d'eau pour Q = 460 l/s****Figure 14 : Géométrie initial puis projet et lignes d'eau associés**

Dans ces conditions le débit plein bord est diminué par 4 et la fréquence fortement augmentée.

En phase de réalisation il conviendra de créer un chenal dissymétrique pour concentrer les écoulements à l'étiage et des pentes de berges variables :

- pentes raides en extrados de méandre pour favoriser les érosions,
- pentes douces en intrados pour favoriser les dépôts et le développement de la végétation selon un gradient d'humidité,

Dans le cas présent les pentes de berges sont raides pour favoriser la concentration des écoulements, cela favorisera aussi le modelage naturel du cours d'eau en fonction des débits.

Il est présenté ci-dessous un schéma de principe.

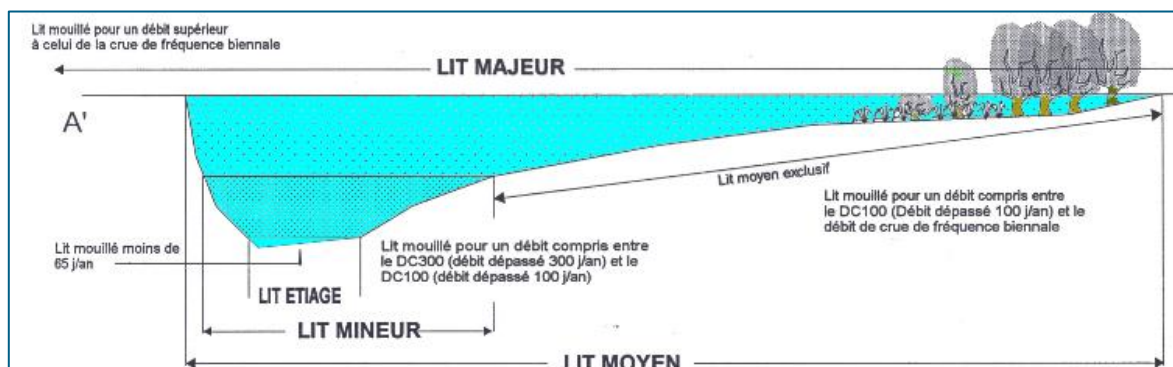


Figure 15 : Principe d'un profil dissymétrique

Les interventions sur les berges seront minimalistes, il ne sera pas mis en œuvre de géotextile pour laisser libre l'évolution du cours d'eau. De façon à éviter l'érosion des sols et la colonisation par des plantes exotiques envahissantes il sera réalisé un ensemencement des zones remaniées (largeur totale d'environ 4 m correspondant à l'emprise de passage des engins de chantier). Celui-ci intégrera des espèces similaires à celles présentes sur site.

En présence de végétation sur la rive droite à proximité il n'est pas proposé la réalisation de plantations d'espèces ligneuses. Cela permet aussi de limiter la fermeture du milieu et la colonisation sur l'habitat cible. Des hélophytes représentatives de l'habitat « Peuplements de grandes Laïches (Magnocariçaies) » présent sur site seront plantées en berges pour diversifier les habitats du cours d'eau et former un cordon de végétation rivulaire.



Figure 16 : Exemple de végétation herbacée souhaitée sur les berges du tracé projet. Sources : pxhere.com et DDT Vosges

Des structures en bois issus des abattages seront implantées dans le lit mineur pour favoriser les phénomènes d'érosions/dépôts voir des débordements localisés. Ces aménagements hydroécologiques seront aussi des caches piscicoles ou un support de vie pour les macro-invertébrés. Compte tenu de la faible largeur du cours

d'eau il est préconisé la mise en place de souches. Il est présenté ci-dessous un schéma de principe et de réalisation.

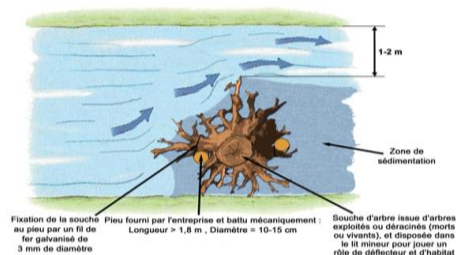


Figure 17 : Principe d'implantation d'une souche. Source : SMAVAS



Figure 18 : Exemples de réalisations. Source : SAGE Environnement.

Au niveau du méandre aval entre le nouveau et l'ancien lit il sera mis en place un confortement pour éviter un risque de recapture de l'ancien lit. Il s'agira d'un enrochement de pied surmonté d'un remblai avec du géotextile et des boutures. L'arrière sera soigneusement compacté à l'aide de matériaux fins pour éviter les infiltrations vers l'ancien lit.

N'ayant pas à connaissance les contraintes hydrauliques il est prévu une approche sécuritaire avec le recours à une technique mite. Le titulaire du marché prévoira l'optimisation de l'ouvrage aux contraintes hydrauliques.



Figure 19 : Exemple de confortement entre nouveau et ancien lit avant végétalisation

Le tracé projet permet un gain d'environ 175 m de cours d'eau ce qui induit une diminution de pente à 0.7 % et une sinuosité de 1.5.

Le tronçon en aval immédiat du reméandrage sera laissé en l'état pour éviter d'impacter le milieu naturel. Aussi les dimensions du lit plein bord ne permettent pas un stockage significatif de remblai. Ensuite le lit plus en aval sera en eau car il y a un écoulement provenant d'un second bras non dévié.

Il est présenté ci-après deux coupes de principe de l'opération de reméandrage.

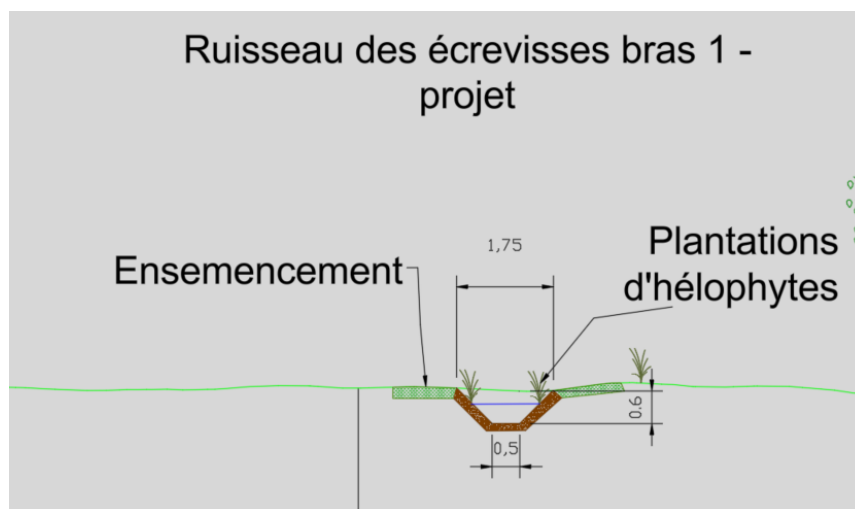
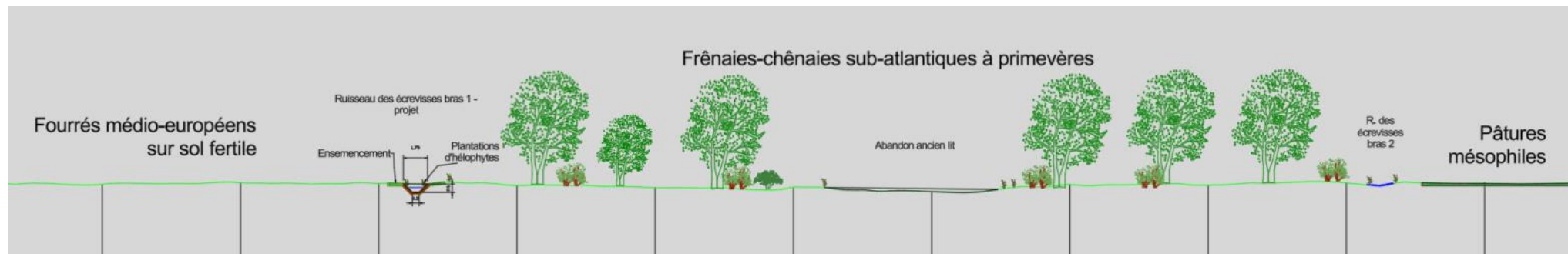


Figure 20 : Coupes de principes

III.2.2 Scénario 1bis

La cartographie suivante est une vue en plan des aménagements décrits aux sections suivantes.

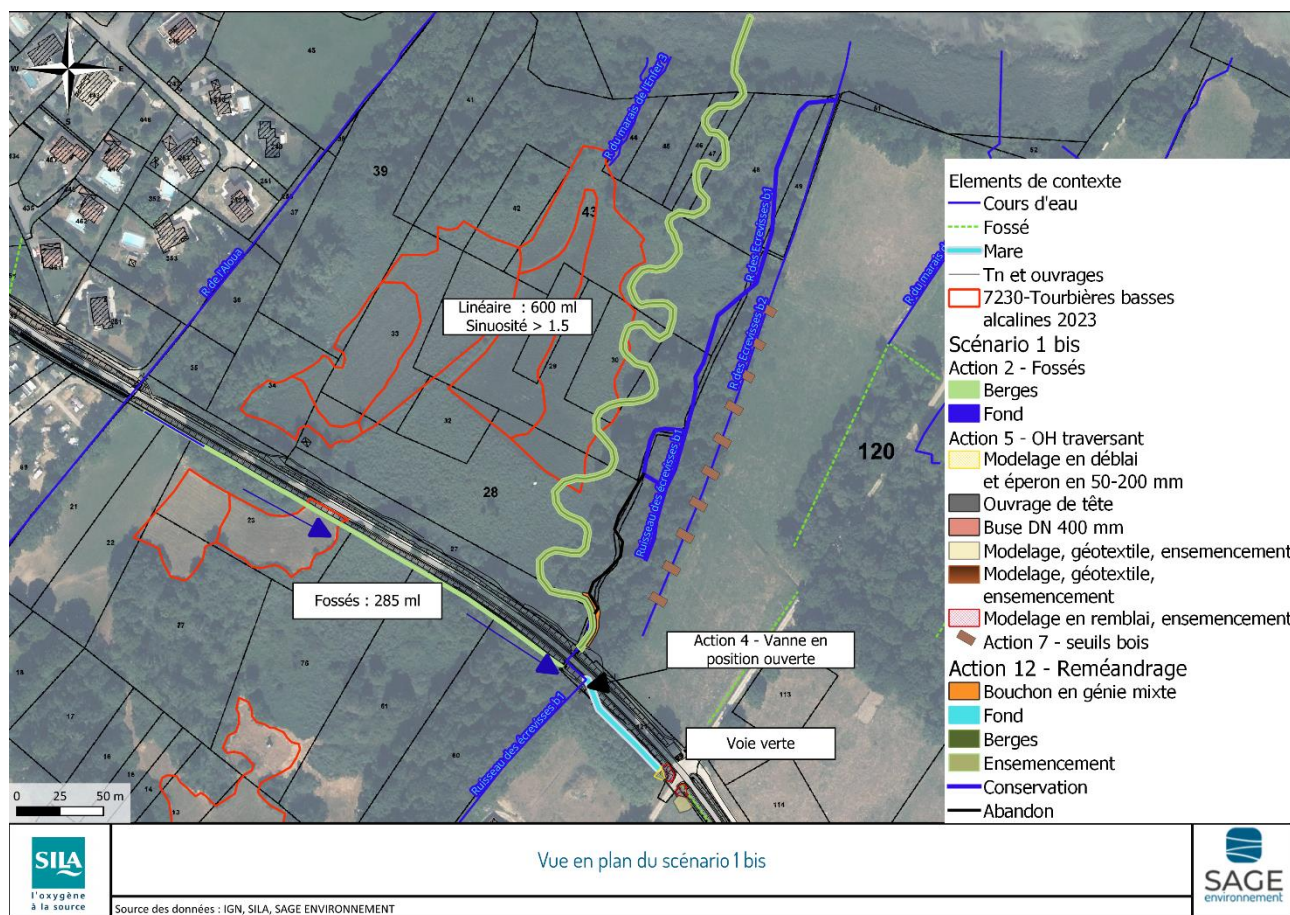


Figure 21 : Figure 7 : Vue en plan du scénario 1 bis

Cette variante permet en complément du précédent scénario de transférer les eaux qui ont tendance à stagner au niveau de la parcelle 23 en amont de la voie verte au ruisseau des écrevisses bras 1. Cette action est bénéfique à l'habitat cible puisque le ruisseau est reméandré à l'aide de l'action n°12.

L'action 2 consiste en la réalisation d'un fossé entre l'Aloua et le ruisseau des écrevisses bras 1.

A ce jour il existe un fossé de faible gabarit (largeur plein bord < 1 m et hauteur ≈ 0.2m) en pied de voie verte qui est bien délimité sur environ 130 m depuis le ruisseau des écrevisses bras 1. Celui-ci s'efface en direction de l'Aloua.

Ici il s'agira de créer un fossé en déblais de gabarit similaire mais éloigné d'environ 1 m du pied de la voie verte.

Ce dernier aura un fond de 0.5 m et des berges en pentes douces (2H/1V), la largeur plein bord variera entre 1 et 2 m selon la topographie, la profondeur sera de 0.1 m à 0.5 m.

Les berges seront végétalisées à l'aide d'un ensemencement. Il n'est pas prévu d'autres plantations pour limiter l'obstruction.

Il est présenté ci-dessous l'axe du fossé et les dimensions moyennes selon la topographie du terrain naturel.

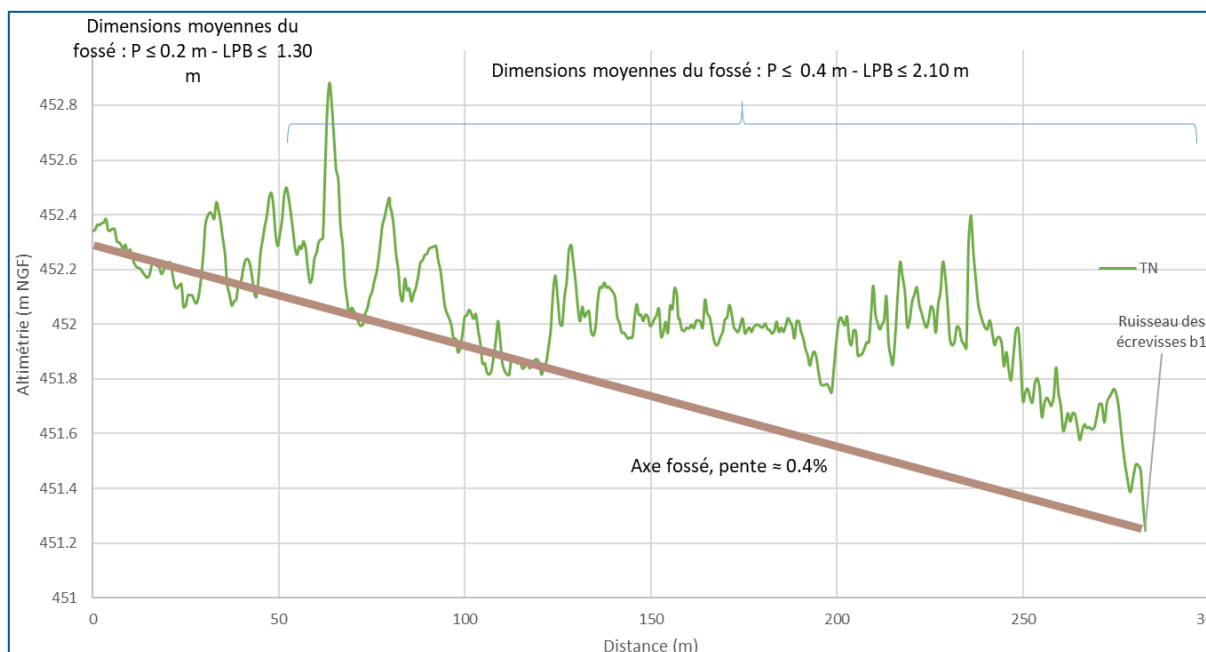


Figure 22 : Profil en long projet du fossé

Le linéaire est d'environ 285 m.

Le fossé existant en pied de voie verte sera remblayé pour décalage à +1 m des entrées en terres.

Le raccord sera particulièrement soigné en amont de l'OH n°18 avec une remise en place des enrochements.

Il est présenté ci-dessous des exemples de réalisation.



Figure 23 : Exemple de création de fossé et fossé végétalisé. Sources : SAS La Moselle Agricole et <https://www.gers.gouv.fr>

III.2.3 Scénario 2

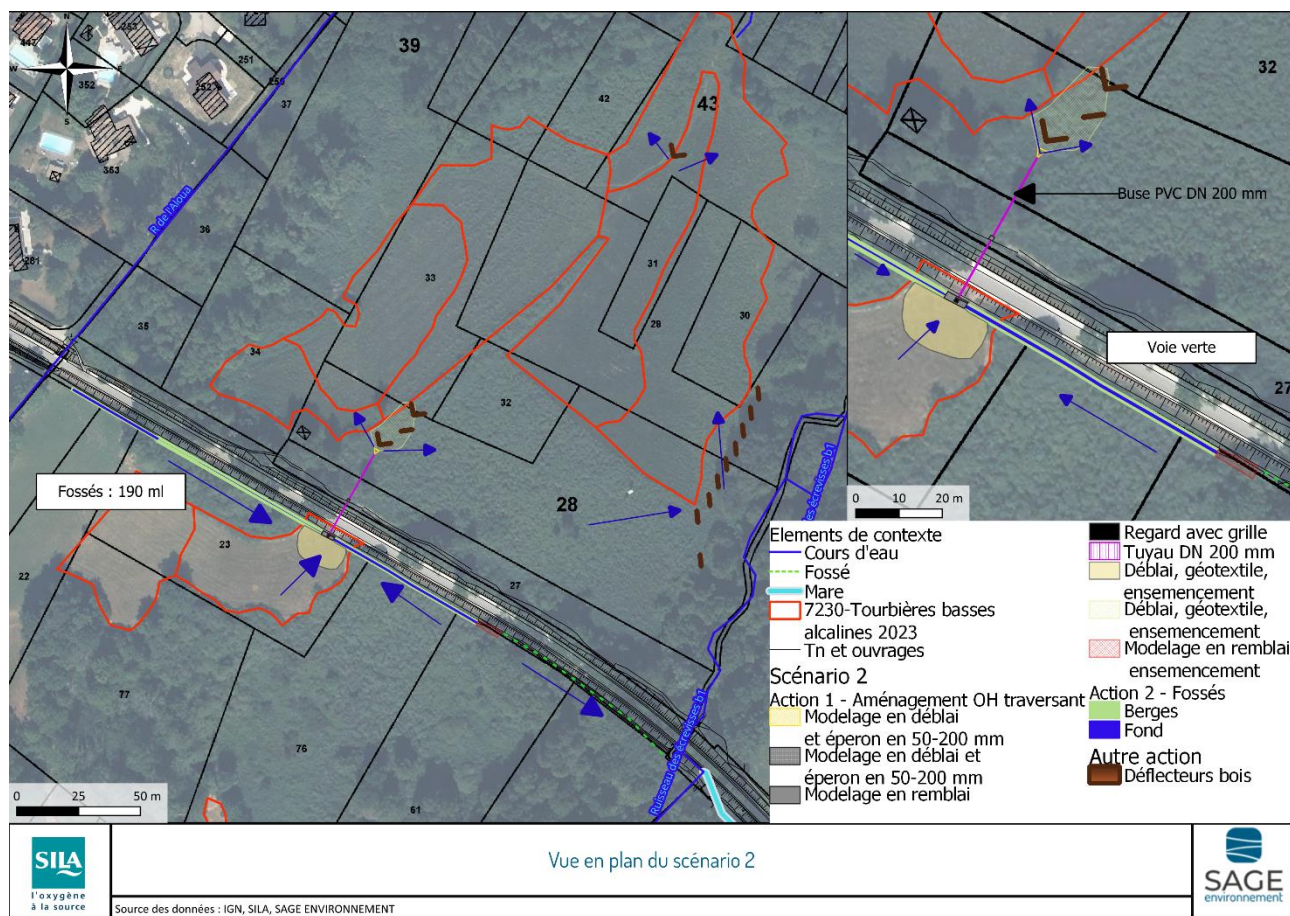
III.2.3.1 Objectifs de restauration

Ce scénario porte sur des actions à l'échelle du bassin versant afin de favoriser l'apport en eau sur l'habitat cible en aval immédiat de la voie verte. Le fonctionnement physique des cours d'eau du site d'étude est inchangé.

III.2.3.2 Description des actions d'aménagements

La cartographie suivante est une vue en plan des aménagements décrits aux sections suivantes.

Les ouvrages ont été dessinés aux dimensions réelles.



III.2.3.2.a Action 1

L'implantation de l'ouvrage traversant devra permettre de réhydrater l'habitat cible en aval par ruissellements diffus. En présence d'une pente du terrain naturel orientée vers le ruisseau des écrevisses bras 1 la sortie de l'ouvrage devra être le plus éloigné possible pour augmenter la distance de parcours de l'eau avant qu'elle ne le rejoigne.

Au regard de la faible variation altimétrique du terrain naturel et de la présence d'un chemin (passage équestre) en pied de voie verte il est nécessaire de proposer un linéaire d'ouvrage important pour disposer d'une pente $> 0.5 \%$ (pente minimale pour la pose de canalisations) et limiter la reprise du chemin.

Un géotextile avec un ensemencement sera mis en place côté amont de la voie verte pour éviter l'érosion des sols. De la même façon, au droit de l'ouvrage de collecte des eaux et en sortie il sera disposé une couche de matériaux 50-200 mm.

Pour assurer la fonctionnalité de l'aménagement il est préconisé de réaliser un ouvrage de rétention des matériaux en amont de la voie verte pour éviter l'obstruction de la canalisation traversante (feuilles, branches, terres, etc). Il s'agira par exemple d'un regard équipé d'une grille.

Une surveillance après chaque orage sera nécessaire pour assurer la pérennité du fonctionnement. Il est présenté ci-dessous un exemple d'ouvrage.

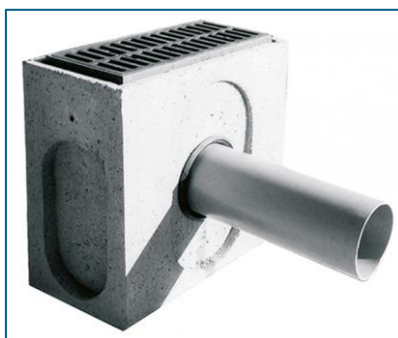


Figure 25 : Exemple de regard de branchement avec grille. Source : VHM canalisation

Pour reconnecter en partie le fossé se dirigeant au ruisseau des écrevisses bras 1 il est nécessaire de terrasser à -0.1 m sur environ 10 m en amont de la voie verte. Cette opération permet une connexion de 120 m de fossé côté Aloua et 70 m côté ruisseau des écrevisses bras 1. Les fossés sont réalisés conformément aux prescriptions de la section III.2.3.

Un bouchon en remblai sera réalisé au sein du fossé de 70 m pour former une délimitation des eaux qui iront vers le futur ouvrage et au ruisseau des écrevisses bras 1.

En aval de la voie verte, pour assurer la diffusion des eaux le linéaire de modelage est d'environ 25 m avec une épaisseur moyenne d'environ 0.2 m.

Il est présenté ci-dessous un graphique illustrant les propos.

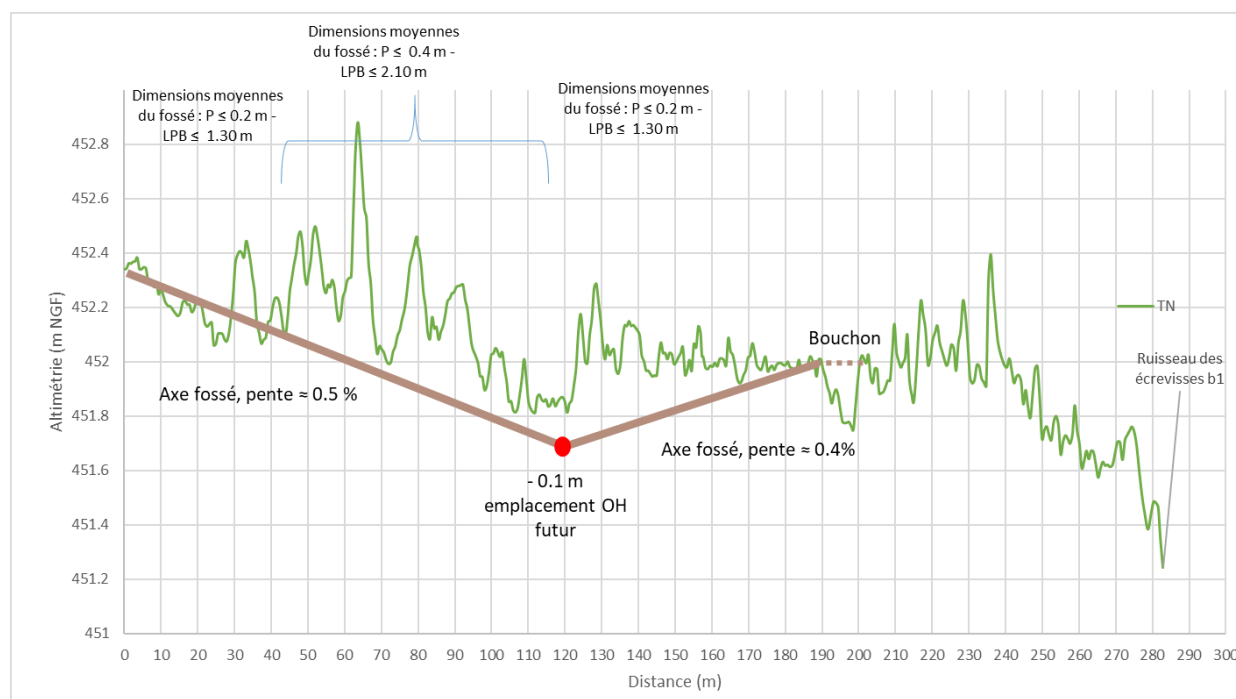


Figure 26 : Fossé à modeler et connecter

Pour assurer le franchissement de l'ouvrage au niveau du chemin il sera à mettre en place un regard de branchement avec tampon.

Il est préconisé l'utilisation de tuyaux PVC de DN 200 mm, au-delà il serait affleurant avec une nécessité d'adaptation du chemin en arrière de voie verte. Ne s'agissant pas d'un réseau de distribution il n'y a pas d'épaisseur de couverture minimale.

Avec l'utilisation d'une buse DN 200 mm et la pente projet (0.6 %) le débit de transit est d'environ 30 l/s. Il est ici conseillé de se limiter à un objectif de restitution continue de l'eau en aval avec une possibilité de rétention en amont (mare) de façon à augmenter le temps de restitution en aval. Cette dimension devra être précisée au stade AVP pour répondre à cet objectif.

Il est présenté ci-dessous un graphique du profil en long projet.

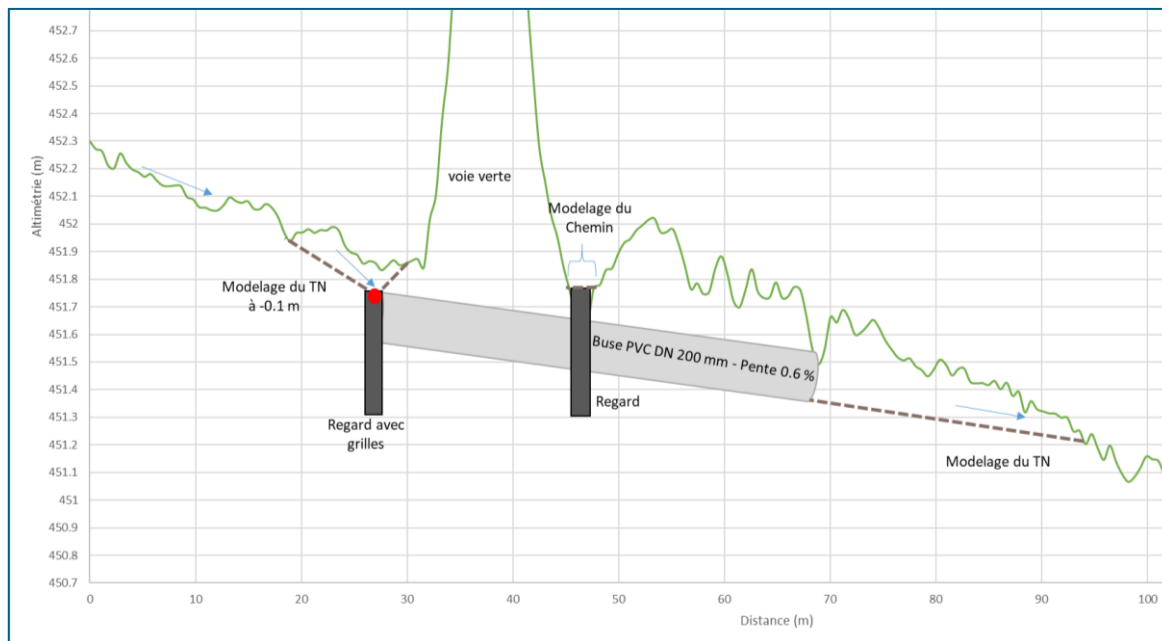


Figure 27 : Graphique du profil en long de l'ouvrage traversant

Note : il est possible en variante de réaliser un ouvrage traversant dont la cote fil d'eau est calée au niveau du point rouge pour limiter le linéaire de reprise aval sur le milieu naturel. Cela nécessite toutefois une reprise du cheminement pour assurer une couverture de la canalisation.

Au regard de la topographie un modelage pourra toutefois être nécessaire pour rediriger les eaux sur l'habitat cible.

Cette solution sera à étudier au stade Avant-Projet.

III.2.3.2.b Autre action

En complément du modelage du terrain naturel en aval de l'ouvrage il est proposé de mettre en œuvre des ouvrages bois déflecteurs pour favoriser la répartition des eaux sur l'habitat cible et limiter l'effet de drainage (des points bas et du ruisseau des écrevisses). Ceux-ci sont disposés sur des secteurs stratégiques : sortie d'ouvrage, zones de ruptures de pentes entre l'habitat cible et les boisements, en amont du ruisseau du marais qui concentre les écoulements.

Ces ouvrages auront une longueur d'environ 5 m et une hauteur hors sol d'environ 0.3 m (variable selon la topographie du site). Ils seront constitués de grumes de bois de diamètre > 0.3 m maintenues par des pieux et des cordelettes. Pour éviter le passage de l'eau en-dessous il sera ancré une grume sous le sol.

Il sera réutilisé les matériaux issus des abattages, de grosses branches pourront compléter les ouvrages. Les matériaux de déblais seront réutilisés pour favoriser l'étanchéité de part et d'autre.

Il est présenté ci-dessous un exemple de réalisation.



Figure 28 : Exemple de déflecteur en bois. Source : Sage Environnement

III.3 CHIFFRAGE

III.3.1 Base d'évaluation des prix

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour l'estimation :

- base des prix unitaires fondés sur des prix appliqués par des entreprises de Rhône-Alpes pour des travaux similaires,
- matériaux d'apport nécessaires considérés fournis sur le site par l'entrepreneur,
- hors coût foncier (acquisition et négociation parcellaire + mesures compensatoires environnementales si besoin),
- hors dévoiement de réseaux existants non mentionnés explicitement,
- hors maîtrise d'œuvre, études géotechniques, contrôles techniques
- hors création de cheminement.

Les matériaux extraits des déblais seront utilisés en remblai dans la limite des volumes nécessaires pour la réalisation des aménagements des différentes actions.

Les matériaux excédentaires extraits des déblais seront évacués en classe 3.

Le titulaire du marché utilisera les végétaux issus des abattages pour la confection des ouvrages bois. Il valorisera à sa charge les matériaux de coupes excédentaires après mise en œuvre des aménagements.

Les métrés sont calculés en projection horizontale sur la base des surfaces en plan à l'exception des déblais ou il est appliqué :

- Cours d'eau et fossés : section type x linéaire,
- Autre : surface plane x profondeur moyenne.

Pour le déboisement il est pris en compte la surface plane et les hypothèses suivantes ;

- une largeur de 4 m pour les fossés,
- une largeur de 2 m pour les seuils bois,
- l'abattage et dessouchage de 1 U /100 m² de débroussaillage.

Les métrés liés aux surfaces, longueur et volumes sont majorés de 20 % (pourcentage couramment appliqué à ce stade d'étude).

En absence de connaissance des dispositions générales (installations de chantier, accès, mesures ERC, etc.) il est appliqué un montant de prix généraux à hauteur de 12% du prix des travaux.

Un post divers et imprévu de 15 % du montant global est intégré (pourcentage couramment appliqué à ce stade d'étude).

III.3.1 Détails de l'estimation financière

Il est présenté ci-dessous le détails des coûts de travaux par actions et par scénarios.

Tableau 6 : Estimation des prix de travaux

Séries de prix	Total par séries de prix en euros HT		
	Scénario 1	Scénario 1 bis	Scénario 2
Prix généraux	12 000	15 500	5 500
Action 1- OH traversant			24 197.00
Action 2 - Fossés		21 260.50	11 823.00
Action 5 - OH traversant	19 200.00	19 200.00	
Action 7 - seuils bois	23 639.00	23 639.00	
Action 12- reméandrage	63 950.00	63 950.00	
Action autre - déflecteurs bois			7968.00
Divers et imprévu (15 %)	17 818.35	21532.43	7423.20
Total en euros HT	136 607.35	165 081.93	56 911.20
Total en euros TTC	163 928.82	198 098.31	68 293.44

III.4 ANALYSE MULTICRITERES

Il est présenté ci-dessous une analyse multicritères des différents scénarios d'aménagements.

Chaque critère analysé est commenté, aussi il est ajouté une notation avec un code couleur pour faire émerger un classement comme détaillé ci-dessous.

Tableau 7 : Grille de notation de l'AMC

Interprétation	Note
Optimal	3
Favorable	2
Moyennement favorable	1
Plutôt défavorable	-1
Défavorable	-2
Très défavorable	-3

Tableau 8 : Analyse multicritères

Scénarios	Scénario 1 A4 - Ouvrage hydraulique traversant vers la mare A5 - Vanne ouverte de la mare A7- Seuils bois sur le R. des écrevisses bras 2 A12 - Reméandrage R. des écrevisses bras 1	Scénario 1bis (S1 + fossés)	Scénario 2 Ouvrage hydraulique traversant sous la voie verte Fossés Déflecteurs bois
Avantages	- o Actions à l'échelle du bassin versant (fossés, connexion hydraulique à l'aide d'ouvrages) et sur les cours d'eau permettant des gains multiples sur l'hydraulique : augmentation de la quantité d'eau de surface, déplacement de la nappe d'un ruisseau proche de l'habitat cible, réhausse du toit de nappe, limitation du drainage - o Restauration de la continuité écologique - o Augmentation de l'attractivité piscicole - o Facilité de réalisation et peu d'entretien	idem précédent	- o Actions ciblée à l'échelle du bassin versant avec une augmentation de l'apport d'eau de surface - o Opération de faible ampleur (surface et coûts)
Inconvénients	- o Emprise travaux importante avec destruction d'habitats dont 1 000 m² de boisements et 230 m² d'habitat d'intérêt communautaire (habitat cible) - o Coût des travaux élevés - o Dérangement temporaire des activités agricoles pour accès au niveau de la ferme - o Augmentation de l'humidité du sol sur une parcelle agricole - o Foncier non maîtrisé sur 2 parcelles - o Procédure règlementaire intégrant une demande de dérogation espèces protégées (DDEP) probablement.	- o Emprise travaux importante avec destruction d'habitats dont 1 300 m² de boisements et 480 m² d'habitat d'intérêt communautaire (dont 270 m² d'habitat cible) - o Coût des travaux élevés - o Dérangement temporaire des activités agricoles pour accès au niveau de la ferme - o Augmentation de l'humidité du sol sur une parcelle agricole - o Foncier non maitrisé sur 4 parcelles - o Procédure règlementaire intégrant un DDEP probablement	- o Ambition limitée - o Impact 140 m² de boisements et 230 m² d'habitat d'intérêt communautaire (habitat cible) - o Dérangement temporaire de la circulation de la voie verte - o Foncier non maîtrisé sur 1 parcelle - o Procédure règlementaire intégrant un DDEP probablement
Apport en eau de surface	- o Augmentation de la surface drainée pour le bassin versant du ruisseau des écrevisses bras 1 : 41 000 m² côté champs et 11 000 m² côté mare. L'eau drainée pourra pleinement profité à l'habitat cible en raison du reméandrage. - o Gabarit projet du ruisseau des écrevisses bras 1 favorable aux débordements pour un débit 4 fois inférieur	idem précédent o Augmentation de la surface drainée pour le bassin versant du ruisseau des écrevisses d'environ 47 000 m² (en complément du scénario 1)	- o Restitution d'écoulements diffus de surface proche de l'habitat cible - o Augmentation de la surface drainée 30 000 m²
	2	3	1
Effet sur la nappe du marais	- o Recharge continue (écoulement permanent du ruisseau) par déplacement du ruisseau et de sa nappe d'accompagnement - o Gabarit projet limité pour assurer un niveau d'eau proche du terrain naturel	idem précédent	o Restitution d'eau en période pluvieuse
	3	3	1
Limitation du drainage	- o Réduction de la vitesse de transfert de l'eau du ruisseau des écrevisses bras 1 par augmentation de la sinuosité et diminution de la pente - o Eloignement du ruisseau des écrevisses bras 1 du bras 2 - o Limitation du drainage des écoulements persistants (provenant d'un bras annexe) dans le lit du bras 1 laissé en état en raison de la mise en place de seuils bois dans le bras 2 - o Réduction de la vitesse de transfert de l'eau du ruisseau des écrevisses bras 2 par la mise en place de seuil bois	idem précédent	- o Les déflecteurs bois permettent de limiter le drainage par redirection des écoulements - o Le drainage des ruisseaux des écrevisses bras 1 et 2 s'opère toujours
	3	3	1
Impacts écologiques positifs	- o Augmentation de la résilience de l'habitat cible par augmentation de la quantité d'eau de surface et déplacement de la nappe d'accompagnement du ruisseau des écrevisses bras 1 au plus proche de l'habitat cible - o Restauration de la continuité écologique du ruisseau des écrevisses bras 1 - o Attractivité piscicole augmentée	idem précédent	o Augmentation de la quantité d'eau surfacique apportée en aval de la voie verte et restitution contrôlée (débit limiter par le diamètre de la canalisation)
	2	2	1

Impacts écologiques négatifs	o Emprise : environ 2 500 m² dont 1 000 m² de boisements et 230 m² d'habitat d'intérêt communautaire (habitat cible) o Le projet est de nature à diminuer la quantité d'eau dans le boisement par dérivation du ruisseau. Toutefois cet effet est nuancé et l'assèchement ralenti car une arrivée d'eau est maintenue et son drainage est limité par la mise en place de seuils bois. o L'ajout de seuils en bois sur un cours d'eau peut poser des questions d'acceptabilité par les services de l'Etat. Le linéaire impacté est celui incisé, colmaté et fermé par la végétation où les potentialités d'accueil de la faune piscicoles sont faibles	o Emprise : environ 3 200 m² dont 1 300 m² de boisements et 480 m² d'habitat d'intérêt communautaire (dont 270 m² habitat cible) o Drainage de l'eau de la parcelle en amont de la voie verte : impact de l'habitat cible en période de hautes eaux o Le projet est de nature à diminuer la quantité d'eau dans le boisement par dérivation du ruisseau. Toutefois cet effet est nuancé et l'assèchement ralenti car une arrivée d'eau est maintenue et son drainage est limité par la mise en place de seuils bois. o L'ajout de seuils en bois sur un cours d'eau peut poser des questions d'acceptabilité par les services de l'Etat. Le linéaire impacté est celui incisé, colmaté et fermé par la végétation où les potentialités d'accueil de la faune piscicoles sont faibles	o Emprise : environ 800 m² dont 140 m² de boisements et 230 m² d'habitat d'intérêt communautaire (habitat cible) o Drainage de l'eau de la parcelle en amont de la voie verte : impact de l'habitat cible en période de hautes eaux
	-2	-3	-1
Interfaces usages	o Parcelle agricole rive droite du ruisseau des écrevisses bras 2 plus humide notamment sur 90 ml (amont) où elle n'est pas classée en zone humide o Interception d'un sentier créé par l'usage (faible fréquentation)	idem précédent + o Assèchement de la parcelle agricole amont de la voie verte (positif pour l'exploitation agricole : meilleure portance des sols)	o Emprises des ouvrages à éviter lors de l'entretien (fauche) du marais o Assèchement parcelle agricole amont de la voie verte (positif pour l'exploitation agricole : meilleure portance des sols)
	-1	-2	-1
Ordre de grandeur du coût	137 k€ HT	165 k€ HT	57 k€ HT
	-2	-3	-1
Facilité de réalisation et dérangements temporaires d'usages	o Travaux sur OH nécessitant une déviation temporaire pour accès à la ferme et aux champs pour le bétail o Pas de technicité particulière	o idem	o Travaux sur OH nécessitant une déviation temporaire au niveau de la voie verte o Travaux sur ouvrage de circulation
	2	2	1
Entretien	o Vérification et entretien au niveau de la buse y compris vanne	idem précédent	idem précédent
	-1	-1	-1
Maîtrise foncière	o 2 parcelles privées (48-27) dont 1 est évitable (48) o 2 parcelles communales o Autre : Conservatoire du Littoral et Etat	o 4 parcelles privées (48-27-21-22) dont 1 évitable (48) o 2 parcelles communales o Autre : Conservatoire du Littoral et Etat	o 1 parcelles privée (27) o 3 parcelles communales o Autre : Conservatoire du Littoral et Etat
	-1	-1	-1
Contexte réglementaire	o Déclaration loi sur l'eau o Dossier de demande d'activités en zones de protection o Déclaration d'Intérêt Général o Défrichement : à définir avec les services de l'état o Dossier DDEP très probable (habitat d'intérêt communautaire, boisements)	idem précédent	idem précédent
	-2	-2	-2
Note globale	3	1	-2

Le scénario 1 apparaît comme le mieux noté car il permet d'obtenir des gains importants pour l'habitat cible en ayant un impact financier modéré. La variante étudiée est toutefois plus bénéfique pour l'atteinte de l'objectif de réhydratation du marais cependant ce scénario est pénalisé par le budget de travaux et les impacts écologiques qui sont plus conséquents.

Les opérations d'aménagements sont favorables à l'amélioration de l'hydratation du marais et au soutien voir la réhausse de la nappe d'accompagnement. **Il est alors possible d'espérer un maintien de l'habitat Tourbières basses alcalines par augmentation de la quantité d'eau surfacique et sub surfacique ce qui sera favorable à la diminution de l'amplitude des variations piézométrique.**

La résilience de l'habitat sera augmentée et la succession écologique ralentie mais il n'est pas à espérer un retour à l'état avant anthropisation du secteur d'étude.

Le second scénario a un coût de travaux et des impacts environnementaux limités en corrélation avec la faible ambition de restauration limitée à l'apport d'eau en aval de la voie verte.

Il est ici conseillé au maître d'ouvrage de s'orienter vers le scénario le plus ambitieux à savoir le scénario 1bis.

Rappelons qu'il existe un risque d'enfoncement de la nappe d'accompagnement de l'Aloua en cas de rupture des points durs temporaires. Il est préconisé au maître d'ouvrage de suivre l'évolution de ces derniers, voire de les intégrer pour l'étude d'Avant-Projet afin de s'assurer de la pérennités des opérations de restauration.

Note : le tracé projet du reméandrage a été déterminé de façon à :

- obtenir la sinuosité fixée (1.5),
- être proche de l'habitat cible pour maximiser les gains,
- limiter les impacts sur les boisements,
- éviter le drainage par le ruisseau des écrevisses bras 2 et le ruisseau du marais
- éviter les points bas et la proximité avec l'ancien lit pour limiter le drainage et un risque de recapture,
- limiter les impacts sur les boisements,

En considérant une possibilité d'ajustement sur les deux points précédents il est possible de diminuer significativement la superficie d'habitat d'intérêt communautaire impactée pour le scénario 1 et 1bis, voir le nombre de parcelles privées concernées. L'ajustement du tracé en fonction des différentes contraintes fixées par le maître d'ouvrage pourra être envisagé au stade Avant-Projet.

IV. Suites à donner

IV.1 PLANIFICATION DE LA MISSION

Il est présenté ci-dessous la planification temporelle de la mission :

- Phase 1 : diagnostic et potentialités de restauration : Septembre 2024- janvier 2025
- Réunion de présentation : mi-janvier 2025
- Phase 2 : étude de 2 scénarios d'amendements : février-mars 2025
- Réunion en COPIL : avril-mai 2025
- COPIL Natura 2000 : fin d'année 2025
- Données complémentaires et mission éventuelle de maîtrise d'œuvre à partir de 2026 pour des objectifs travaux en 2027-2028.

IV.2 DONNEES COMPLEMENTAIRES

Il est listé ci-dessous les données à acquérir afin de permettre la conception des aménagements au **stade Avant-Projet** :

- Topographie du terrain naturel au niveau des zones à reconnecter,
- Profils en travers du marais avec intégration de l'Aloua et des ruisseaux des écrevisses pour :
 - corriger les zones d'ombres du LiDAR : point haut et bas, fond de lit et berges, zone amont du bras 2 du ruisseau des écrevisses,
 - définir la géométrie projet,
- Nature du sol sur l'emprise future du ruisseau des écrevisses bras 1 afin d'assurer un substrat similaire (sable),
- Campagne de mesures :
 - Nivellement des piézomètres pour mise à jour des variations piézométriques par rapport au sol,
 - Débits, cote fil d'eau de l'Aloua et des ruisseaux des écrevisses en période de basses eaux et hautes eaux pour aide à la définition des gabarits de projets,
- Données sur la qualité physicochimique des eaux provenant des secteurs à reconnecter,
- Données hydrologiques et hydrauliques pour dimensionnement et étude de l'impact hydraulique des aménagements vis-à-vis du risque inondation et du zonage du PPRI,
- Données sur la construction de la voie verte pour déterminer la présence d'une fondation étanche pouvant interférer avec les eaux sub-surfaciques,
- Données sur les réseaux en interface avec l'emprise travaux,
- Données faune-flore pour élaboration d'un dossier réglementaire,

IV.3 CONCEPTION AU STADE AVANT-PROJET

Après présentation des scénarios en COPIL le SILA lancera un marché de maîtrise d'œuvre pour la définition des aménagements en vue de réaliser des travaux, la prochaine étape concerne la réalisation d'un Avant-Projet. Le titulaire du marché devra à minima traiter les points suivants :

- Synthèse des données existantes,
- Intégration des données nouvelles,

- Précision de l'objectif de réhydratation,
- Définition des dimensions projets,
- Etude d'une variante pour le scénario 2,
- Optimisation des impacts sur les milieux naturels, le foncier, etc.
- Modélisation hydraulique de la solution aménagée,
- L'optimisation du bouchon en technique mixte à la jonction nouveau-ancien lit selon les contraintes hydrauliques,
- La définition des mesures correctives pour respecter un principe de non aggravation du risque inondation,
- Le dimensionnement des ouvrages de franchissement,
- Réseaux :
 - La réalisation de DT, le contact des concessionnaires et la définition des projets de dévoiements éventuels de réseaux existants,
 - Intégrer les réseaux et ouvrages associés et ce sans compromettre la stabilité de berge ou le fonctionnement des rejets,
- Si nécessaire, les premiers calculs de stabilité des ouvrages et des conditions de fondation,
- Si nécessaire, mes pré-dimensionnements structuraux des ouvrages en béton armé,
- L'implantation des ouvrages sur fond topographique en tenant compte des contraintes des sites,
- La réalisation de profils en travers types,
- La réalisation de profils en long état initial et projet,
- Pour chaque ouvrage, la description des dispositions constructives particulières (procédures de réalisation, nature des matériaux, qualité des fournitures, etc ...),
- La définition précise des dispositions envisagées pour réaliser les travaux en rivière : pistes de chantier, passage à gué, batardeau, repli de matériel, y compris emprises nécessaires,
- Les modalités de prise en compte des plantes exotiques envahissantes,
- Le phasage des différents post de travaux et l'estimation de la durée,
- La réalisation de tous les avant-métrés,
- Le devis estimatif des travaux de la solution détaillée. L'estimation détaillée sera décomposée pour chaque ouvrage en distinguant les coûts de terrassement, les coûts de génie civil, les coûts de génie biologique, les coûts d'équipement et les couts d'entretien.
- Définition des impacts hydrauliques, hydromorphologiques et hydrobiologiques,
- La mise en avant des besoins complémentaires,
- Définition des mesures d'entretien des ouvrages,
- Une réunion de précadrage réglementaire avec les services de l'Etat,
- Une réunion intermédiaire,
- Une réunion de présentation de l'Avant-Projet.

Dans le cadre du marché de conception, le titulaire devra intégrer la coordination nécessaire avec les travaux d'élargissement de la voie verte qui auront lieu vers 2027.

IV.4 ESTIMATIONS DES DEPENSES FUTURES

Cette section s'attache à estimer le coût des missions de l'AVP jusqu'à la réception des travaux.

Données complémentaires

Il est présenté une estimation du coût associé à l'acquisition des données complémentaires connues à ce jour.

Tableau 9 : Estimation financière des données complémentaires

Tâches	Budget en euros HT
Topographie : - Fil d'eau et fond de lit des fossés à reconnecter - Profils en travers du marais (x4) - Nivellement des piézomètres (x3) - Restitution aux formats pdf et dwg	2500-3000
Nature du sol sur l'emprise projet : Ruisseau des écrevisses bras 1 - 4 sondages pour définition de la nature du sol sur 400 ml Analyse des résultats et compte rendu	1500-2000
Campagnes de mesures : - Débits et cote fil d'eau Ruisseau de l'Aloua, Ruisseau des écrevisses bras 1 et 2 soit 3 mesures - Période de basses eaux (x 1), période de hautes eaux (x 2) - Compte rendu des interventions - Corrélation des débits - Corrélation simplifiée avec la piézométrie	5000-6500
Campagnes de mesures physicochimiques - Prélèvements dans la mare et en aval en période sèche et pluvieuse - Prélèvements dans en amont de la voie verte et en aval - Analyses physicochimiques - Analyse des résultats	1000 - 1500

Mission de maîtrise d'œuvre

L'estimation prend en compte :

- Phase AVP à AOR :
 - Scénario 1 ou 1 bis (montant de travaux compris entre 135 000 et 165 000 euros HT) réalisé en une tranche : 18 000 – 25 000 euros HT,
 - Scénario 2 (montant de travaux < 60 000 euros), réalisé en une tranche : 9 000 – 12 000 euros HT
- Dossier de déclaration loi sur l'eau : 3 000 – 5 000 euros HT,
- Demande d'activités en zones de protection avec incidence Natura 2000 : 3 000 – 4 000 euros HT
- Déclaration d'Intérêt Générale : 1 500 – 2 500 euros HT,
- Autorisation de défrichement : 1 000 – 1 500 euros HT,
- La rédaction d'un dossier de dérogation espèce protégées : 3 000 – 5 000 euros HT,
- Inventaires faune-flore 4 saisons, rédaction d'un livrable comprenant le diagnostic, l'évaluation des impacts et la définition des mesures ERC :
 - Scénario 1 ou 1 bis : 35 000 – 40 000 euros HT,
 - Scénario 2 : 10 000 – 15 000 euros HT,

Il est présenté ci-dessous une répartition des coûts par scénarios.

Tableau 10 : Estimation du budget de travaux et d'études

	Scénario 1	Scénario 1bis	Scénario 2
Données complémentaires	10-13 K € HT		3-5 K € HT
Maîtrise d'œuvre complète	AVP - AOR : 18-24 K € HT		AVP - AOR : 9-12 K € HT
	Dossiers réglementaires y compris inventaires 4 saisons : 47 - 58 € HT		« » : 12 - 15 K € HT
	Total : 65-82 K € HT		Total : 21-27 K € HT
Travaux	137 K € HT	165 K € HT	57 K € HT
Total (K € HT)	212 - 256 K € HT	240 - 284 K € HT	90 - 101 K € HT

Concernant le scénario 2 il n'est pas nécessaire d'obtenir les données complémentaires associées à l'hydraulique, la nature du sol et aux dimensions des ruisseaux.