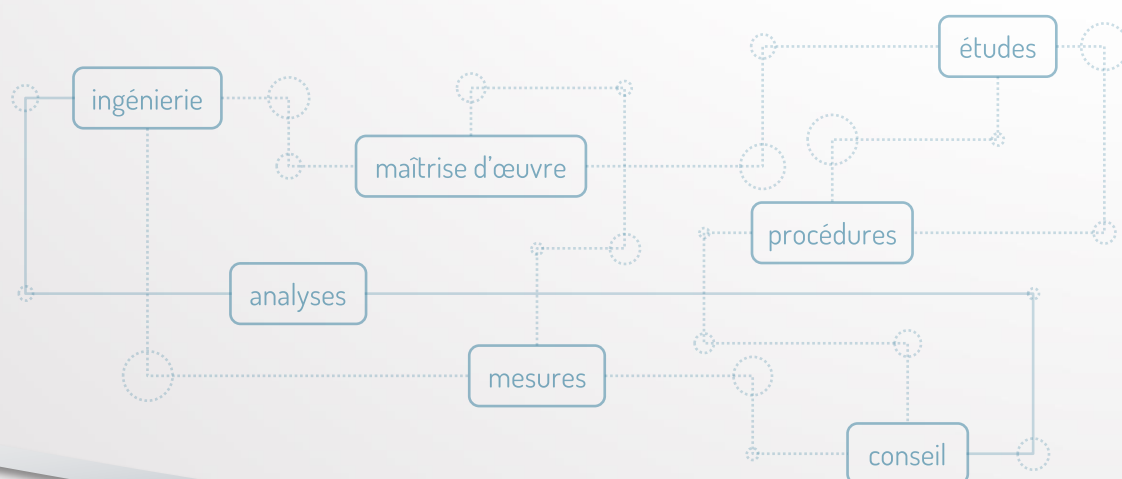


Réhydratation du cœur du marais de l'Enfer

Etude de faisabilité



janvier 2025

Avec le soutien financier de



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

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
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_Etude Faisabilité_Ind-2.docx
Date :	03/01/2025
Nombre de pages :	64

Historique des versions et révisions :

Indice révision	Date	Détails – modifications	Resp.
0	03/01/2025	Version initiale	aymeric le cavil
1	03/01/2025	Corrections suite à la lecture du SILA	aymeric le cavil
2	03/01/2025	Mise à jour des figures 23-23-24-32-34 et tableau 12	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 prévoit dans un premier temps un état des lieux du fonctionnement physique du marais avec une synthèse bibliographique, des recherches et une prospection de terrain. Cette phase permettra de préciser le fonctionnement hydrique du marais afin de faire émerger des potentialités de restauration. Ce rapport constitue la restitution de la phase 1 qui sera présenté au SILA durant une réunion de travail afin de valider les ambitions de restauration à développer en phase 2.

TABLE DES MATIERES

PRÉAMBULE	3
I. Contextualisation	7
I.1 Présentation du site d'étude.....	7
I.2 Contexte et objectifs de la mission	8
I.3 Données utilisées dans le cadre de l'étude.....	8
I.3.1 Données disponibles.....	8
I.3.2 Recueil de données.....	9
I.3.3 Acquisition de données.....	9
II. Etat des lieux.....	10
II.1 Evolution physique.....	10
II.2 Usages du site.....	13
II.2.1 Maîtrise foncière.....	13
II.2.2 Activités pratiquées	14
II.2.2.1 Activité agricole	14
II.2.2.2 Activités de loisirs	14
II.2.2.2.a Activité cynégétique	14
II.2.2.2.b Activité halieutique	14
II.2.2.2.c Mobilité et accueil du public	14
II.2.2.3 Synthèse	15
II.3 Pédologie.....	15
II.4 Géologie	17
II.5 Fonctionnement hydrique.....	17
II.5.1 Hydrologie et climat.....	17
II.5.2 Ecoulements superficiels	18
II.5.2.1 Bassin versant et réseau hydrographique	19
II.5.2.1.a Généralités	19
II.5.2.1.b Description des affluents.....	22
b.1 Ruisseau de l'Alloua.....	22
b.2 Ruisseau des écrevisses.....	26
b.3 Autres affluents	32
II.5.2.2 Ecoulements des eaux superficielles au cœur du marais	34
II.5.2.3 Gestion des eaux pluviales.....	38
II.5.2.3.a Généralités	38
II.5.2.3.b Interfaces avec le marais.....	41
b.1 Qualité des eaux	41
b.2 Quantité d'eau.....	41
II.5.2.4 Gestion des eaux usées	43
II.5.3 Ecoulements sub-surfaciques	43
II.5.3.1 Piézométrie.....	43
II.5.3.1.a Présentation	43
II.5.3.1.b Variations de la nappe d'accompagnement	44
b.1 Données 2024.....	44
b.2 Synthèse des données existantes.....	44
b.3 Compléments et critique des données existantes	46
b.4 Synthèse	47
II.5.3.1.c Relation nappe d'accompagnement – ruisseaux.....	47
II.5.3.1.d Relations nappe d'accompagnement - lac.....	53
II.5.3.2 Pédologie	53
II.5.4 Ecoulements souterrains profonds.....	53

II.6 Contexte écologique	54
II.6.1 Habitats et flore	54
II.6.1.1 Présentation	54
II.6.1.2 Zoom sur le cœur du marais	55
II.6.1.2.a Habitats	55
II.6.1.2.b Enjeux de conservation	55
II.6.1.2.c Description des Tourbières basses alcalines, de la végétation associée et de leurs besoins édaphiques	56
II.6.1.2.d Suivi des habitats	56
II.6.1.2.e Suivi des espèces indicatrices	57
II.6.1.2.f Synthèse	57
II.6.2 Faune	58
II.7 Zonages à porté règlementaires	58
III. Synthèse	60
III.1 Dysfonctionnements et potentialités d'aménagements	60
III.2 Première approche sur l'objectif de réhydratation.....	63
III.3 Données complémentaires	63
III.4 Discussion	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude	7
Figure 2 : Nature des sols avant 1730. Source : Guy PUZENAT	12
Figure 3 : Nature du foncier sur l'ENS du marais de l'Enfer.....	13
Figure 4 : Structures existantes d'accueil du public. Source : Plan de gestion du marais de l'Enfer 2018-2023.....	15
Figure 5 : Localisation des sondages.....	16
Figure 6 : Graphiques des précipitations et des températures à la station de Meythet entre 1991 et 2020. Source : Infoclimat 18	
Figure 7 : Bassin versant réel	20
Figure 8 : Réseau hydrographique à l'échelle du périmètre de l'ENS.....	21
Figure 9 : Bras de l'Aloua à la confluence avec le lac d'Annecy le 09/10/2024	22
Figure 10 : Exemple de la section de l'Aloua et muret désolidarisé	23
Figure 11 : Synthèse graphique de l'analyse hydraulique et hydromorphologique de l'Aloua	24
Figure 12 : Profils en long de l'Aloua, de la berge rive droite et du marais	25
Figure 13 : Accumulation d'eau en amont de la voie verte et OH bouché côté aval et non connectif avec la mare.	26
Figure 14 : Zoom sur le réseau hydrographique.....	27
Figure 15 : Synthèse graphique de l'analyse hydraulique et hydromorphologique des ruisseaux des écrevisses.....	30
Figure 16 : Profil en long du bras principal et d'un axe au centre du marais	30
Figure 17 : Profils en long du bras secondaire du ruisseau des Ecrevisses, de la berge et du marais	31
Figure 18 : Illustrations du ruisseau de l'Espérance	32
Figure 19 : Illustrations du ruisseau du marais de l'Enfer (1)	32
Figure 20 : Illustration du ruisseau du marais de l'Enfer (2)	33
Figure 21 : Illustration du ruisseau du marais de l'Enfer (3)	33
Figure 22 : Localisation des profils en travers sur fond du réseau hydrographique et de l'habitat 7230-Tourbières basses alcalines (hors réseaux).....	34
Figure 23 : Profils en travers au sein du marais et sens des écoulements superficiels en situation de saturation des ruisseaux / fossés (flèches en bleues).....	35
Figure 24 : Synthèse graphique des écoulements surfaciques.....	37
Figure 25 : Extrait de la cartographie des débits maximums autorisés de rejets d'eau pluviale . Source : SEPIA - 2019.	38
Figure 26 : Réseau hydrographique et ouvrages de gestion des EPU en tête de bassin versant au 1 / 12 000 -ème - Planche 1 39	

Figure 27 : Réseau hydrographique et ouvrages de gestion des EPU au 1/8 000 -ème au niveau du marais – Planche 2	40
Figure 28 : Comparaison des bassins versants	42
Figure 29 : Localisation des piézomètres. Source : HYDROTERRE. 2024.	44
Figure 30 : Graphiques des niveaux piézométriques moyens mensuels entre 2018 et 2023. Source : HYDROTERRE. 2024.	45
Figure 31 : Principales configurations de la typologie des échanges entre une nappe et une rivière (Auterives et al., 2017, d'après le guide interaction nappe/rievière de l'OFB).....	48
Figure 32 : Etude de la piézométrie et de la topographie	50
Figure 33 : Sens des échanges nappe-cours d'eau. Source :Brugeron et al., 2014, d'après Winter et al., 1998.....	51
Figure 34 : Synthèse cartographique des écoulements sub-surfaciques au 1 / 3 500 ^{ème}	52
Figure 35 : Cartographie des habitats de 2023. Source : ASTERS	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description de la structure du sol de sondages pédologiques. Source : ASTERS : 2010-2013.....	16
Tableau 2 : Photographies représentatives des zones identifiées sur l'Aloua.	23
Tableau 3 : Photographies du ruisseau des écrevisses – bras principal	28
Tableau 4 : Photographies du ruisseau des écrevisses – bras secondaire	29
Tableau 5 : Comparaison des bassins versants réels et topographiques	41
Tableau 6 : Niveaux caractéristiques des piézomètres. Source : HYDROTERRE.2024	44
Tableau 7 : Variations piézométriques en valeur absolue	48
Tableau 8 : Variations piézométriques en m NGF	49
Tableau 9 : Habitats avec un intérêt européens. Source : plan de gestion 2018-2023	54
Tableau 10 : Plan de gestion 2018-2023.....	55
Tableau 11 : Zonages à portée réglementaire	59
Tableau 12 : Synthèse des dysfonctionnements et potentialités d'aménagements.....	61

I. Contextualisation

I.1 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

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.

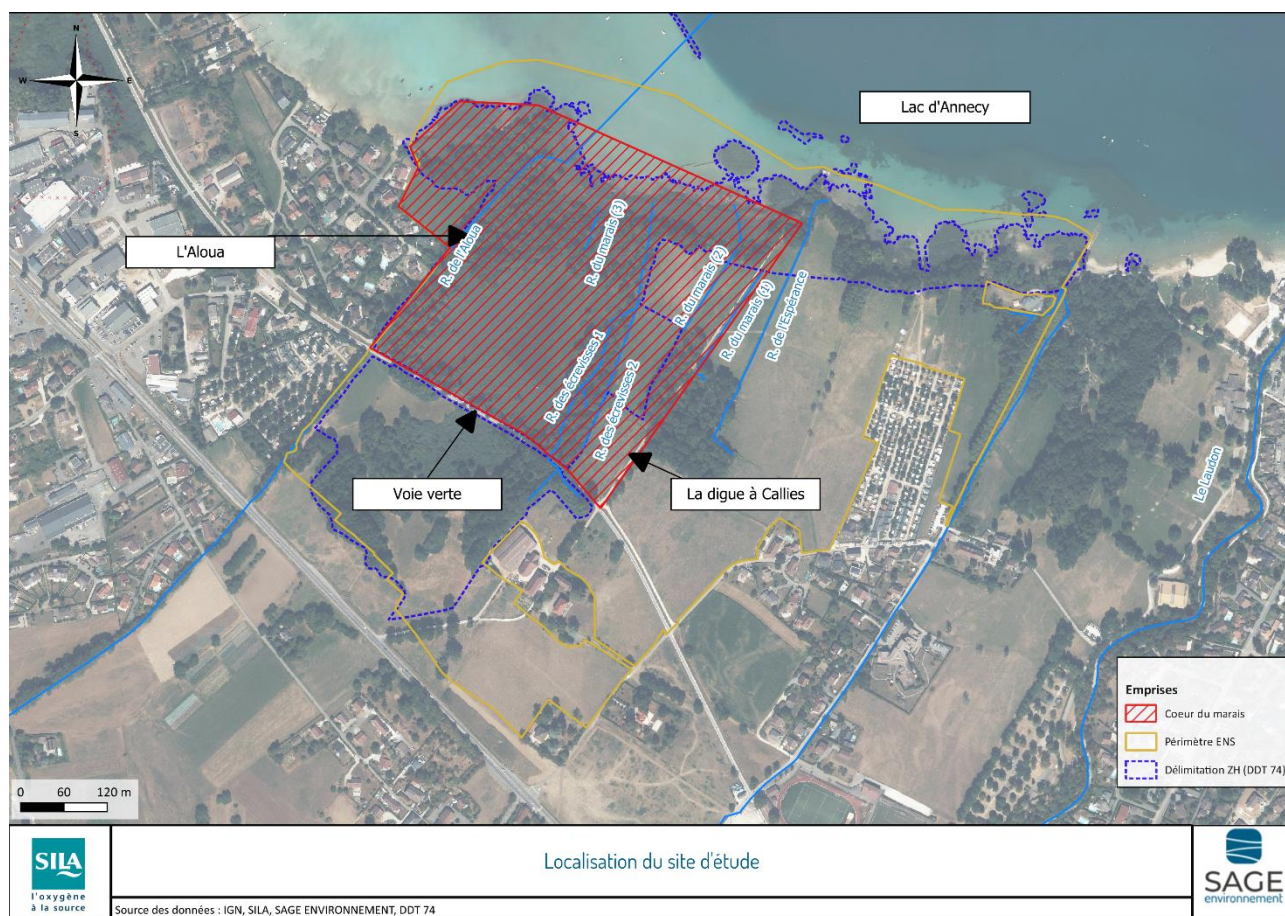


Figure 1 : Localisation du site d'étude

I.2 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

Le marais de l'Enfer a fait l'objet d'un plan de gestion 2018-2023 durant lequel un suivi piézométrique a été réalisé. Il a été mis en avant **une situation d'« assèchement » du marais**, qui se traduit concrètement ces dernières années par :

- des périodes prolongées des niveaux bas de la nappe,
- une disparition de la population de *Liparis de Loesel* (*Liparis Loeselii*), espèce inféodée aux milieux gorgés d'eau de façon quasi-permanente.

En 2023, un bilan et une mise à jour du document de gestion ont été réalisés, permettant d'aboutir à une nouvelle programmation d'actions à décliner sur la période 2024-2029. Ce nouveau programme prévoit la réalisation d'une étude de faisabilité. 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 ?

Les pistes d'actions envisagées suites aux différentes études préalables portent sur :

- La réhausse du ruisseau de l'Aloua,
- Le ralentissement des écoulements du ruisseau des écrevisses et des autres fossés/affluents,
- Le réacheminement d'eau au sein du marais.

L'étude prévoit dans un premier temps un état des lieux du fonctionnement physique du marais avec une synthèse bibliographique, des recherches et une prospection de terrain. Les données existantes sur la piézométrie et les habitats naturels sont nombreuses. SAGE Environnement portera principalement l'accent sur l'étude du réseau hydrographique à différentes échelles.

I.3 DONNEES UTILISEES DANS LE CADRE DE L'ETUDE

I.3.1 Données disponibles

Il est présenté ci-dessous les études fournies par le SILA qui sont utilisées pour la présente étude :

- Fonctionnement hydraulique du marais de l'enfer. ASTERS. 2019,
- Fonctionnement hydraulique du marais de l'enfer. ASTERS. 2020,
- Fonctionnement hydraulique du marais de l'enfer. ASTERS. 2021,
- Fonctionnement hydraulique du marais de l'enfer et corrélation avec la répartition des espèces floristiques patrimoniales. ASTERS. 2022,
- Suivi piézométrique autour du lac d'Annecy. Marais de l'Enfer – 2022/2023. HYDROTERRE. 2024,
- Plan de gestion du marais de l'Enfer (Saint-Jorioz-Sévrier) 2018-2023. ASTERS. 2018,
- Plan de gestion du marais de l'Enfer (Saint-Jorioz-Sévrier) 2018-2023 Recueil fiches actions. ASTERS. 2018,
- Evaluation de la mise en œuvre du plan de gestion 2018-2023. ASTERS,
- Fiches actions du plan de gestion 2024-2029,
- Rapport d'analyse. Marais de l'Enfer. CM. 2024,
- Inventaire des zones humides de Haute-Savoie. Code : 74ASTERS0252,
- Diagnostic multicritères de cours d'eau du bassin versant Fier et Lac d'Annecy. Extrait pour le ruisseau de l'Alloua. PROGEO ENVIRONNEMENT et CEVE.

Les données ont été fournies aux formats pdf et shape.

I.3.2 Recueil de données

Il est présenté ci-dessous les données recueillies par SAGE Environnement :

- LiDAR de 2021 extrait de l'IGN, densité de 1 point pour 0.5 m, précision en X < 0.5m et en Z < 0.1 m,
- Topographie de la voie verte et ouvrages associés de 2014 au format dwg, transmis par le SILA,
- Levé topographique des ouvrages hydrauliques de 2014 au format dwg, transmis par le SILA,
- Visite d'inspection détaillée initiale et photographies des ouvrages hydrauliques de la voie verte A16 à 20. SOCOTEC. 2014, transmis par le SILA,
- Ouvrages et réseaux de gestion des eaux pluviales au format shape, transmis par Grand Annecy,
- Ouvrages et réseaux de gestion des eaux usées au format shape, transmis par le SILA,
- Documents de gestion des eaux usées au format pdf, transmis par le SILA,
- Formulaire des sondages pédologiques de 2010 et 2013 aux formats pdf et shape transmis par le CEN74,
- Sondages de pose des piézomètres au format shape transmis par le CEN74,
- Cours d'eau de l'inventaire départemental de Haute-Savoie au format shape, téléchargé sur le site www.geocatalogue.fr,
- PLU de la commune de Saint-Jorioz – Rapport de présentation – AGENCE DES TERRITOIRES, téléchargé sur le site de la commune,
- Contrat de bassin du Fier et du lac d'Annecy – Diagnostic, enjeux et stratégie - Fascicule A. 2017, téléchargé sur le site www.gesteau.fr,
- Etude préalable au Contrat de Bassin Fier et lac d'Annecy – Réduction des rejets de substances polluantes : Volets eaux pluviales. – Bassin versant et exutoires – Saint-Jorioz et Sévrier. 2016, téléchargé sur le site eauetbiodiversite.fr.
- Plan national d'actions en faveur du Liparis de Loesl 2010-2014 - Plan national d'actions- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.
- Agir pour le Liparis de Loesel en région Rhône-Alpes – 2011-2015. 2012. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Rhône-Alpes.

I.3.3 Acquisition de données

Dans le cadre de la présente étude SAGE Environnement a acquis des données de terrain qui sont transcrites dans le rapport. Il s'agit plus particulièrement de la description physique du réseau hydrographique du marais sur le périmètre de l'ENS.

II. Etat des lieux

II.1 EVOLUTION PHYSIQUE

Le marais de l'Enfer et son bassin versant topographique ont été étudiés sur un pas de temps de plusieurs dizaines d'années afin de mettre en avant des changements physiques notables, il est présenté ci-dessous des extraits de vues aériennes de 1936 à 2020.



1936



1967



D'après le plan de gestion 2018-2023 avant 1730 le site d'étude était marqué par des superficies conséquentes de cultures, marais et « teppes » (Terres incultivées à cause de l'excès d'humidité). Les aménagements humains avaient une vocation agricole (bâtiments, chemins, etc.).



Figure 2 : Nature des sols avant 1730. Source : Guy PUZENAT

Avant 1863 les zones humides du site d'étude ont été exploitées pour l'argile et les marais ont en partie disparus. L'aménagement du territoire s'est fait pour répondre à l'industrie des tuiles ; digues, embarcadères, création de voiries, etc.

D'après l'étude des images aériennes historiques il est possible de constater que :

- **Avant 1936** : présence d'un bassin versant très agricole avec de nombreuses parcelles cultivées. La pratique se fait jusqu'en bordure du lac, très peu de végétation ligneuse est visible. L'activité sylvicole est également pratiquée puisque des plantations alignées sont visibles. Le réseau hydrographique est très géométrique y compris au droit du marais, la ripisylve est résiduelle. Le bassin versant est très peu anthropisé.
- **Entre 1936 et 1967** : du défrichement a été réalisé en rive droite de l'Aloua en aval immédiat de l'actuelle voie verte. En effet des plantations constatées dans les années 1950 ont disparues dans les années 1960 pour laisser place à un terrain à nu. Entre la zone mise à blanc et le lac, la largeur de la ripisylve du ruisseau de l'Aloua et des écrevisses s'élargit. En rive gauche de l'Aloua les terrains semblent progressivement abandonnés par l'agriculture au profit soit de milieux naturels soit d'habitations. Des plantations se développent et s'étendent en amont de la voie verte. L'urbanisation reste très limitée sur le bassin versant.
- **Entre 1967 et 1996** : la pratique de la sylviculture semble diminuer car il est constaté le développement d'ensembles d'arbres ci et là au niveau du marais. La ripisylve s'est redéveloppée en rive droite de l'Aloua, ailleurs sa largeur semble stable. Une parcelle en rive droite du ruisseau des écrevisses a vu sa nature changée depuis 1936 en passant d'une zone embroussaillée à une zone cultivée. Le découpage du territoire par les nombreuses parcelles agricoles a diminué au fil du temps. A l'inverse l'urbanisation a explosée depuis les années 1970, l'amont immédiat de la voie verte reste relativement préservé en comparaison des autres surfaces du bassin versant.
- **Entre 1996 et 2023** : le tissu urbain se densifie mais les abords du marais restent relativement préservés. La végétation ligneuse tend à progresser sur le marais.

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

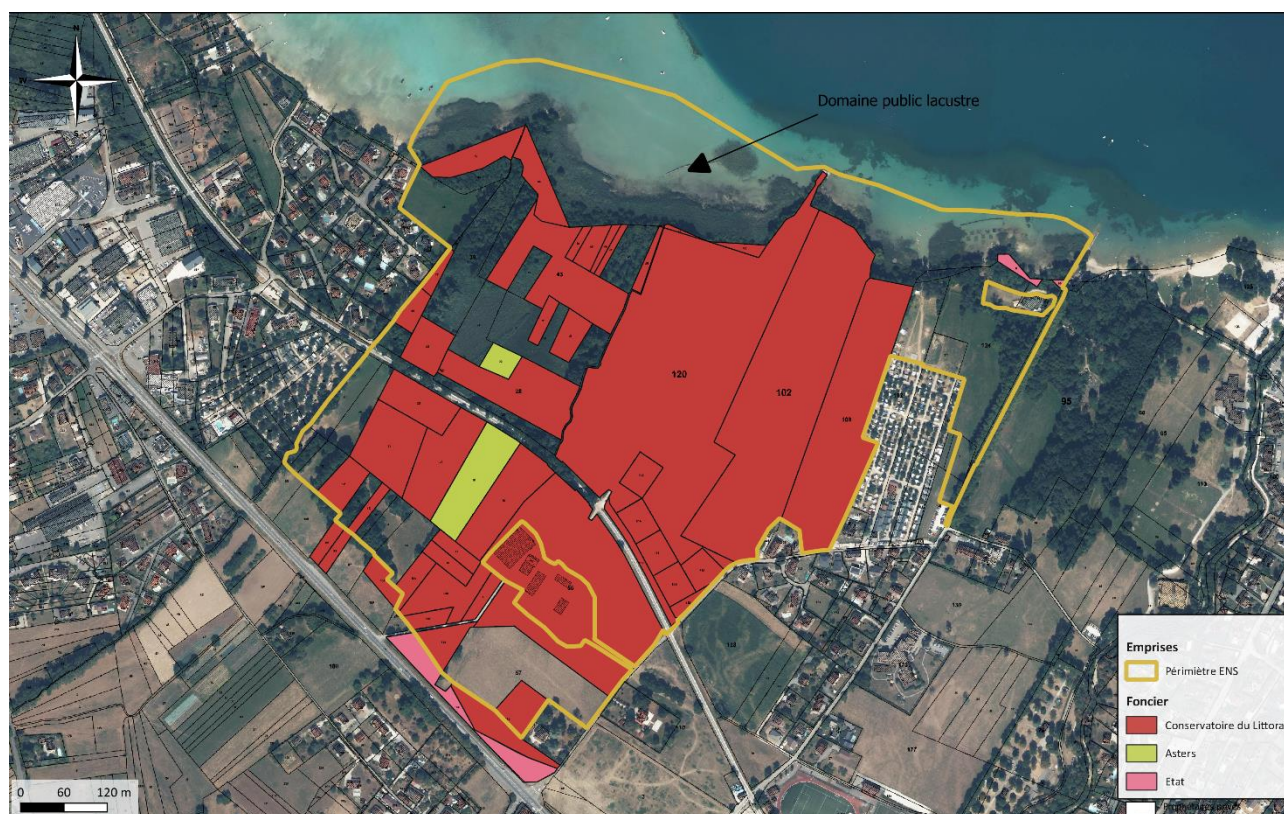
II.2.1 Maîtrise foncière

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 nature du foncier est la suivante :

- Conservatoire du Littoral : ≈ 32 ha,
- Domaine privé : ≈ 12 ha,
- Domaine public lacustre non cadastré : ≈ 11 ha,
- Domaine communal de Saint-Jorioz : ≈ 7 ha,
- ASTERS : ≈ 1 ha,
- Etat : ≤ 1 ha.

Les surfaces sont mesurées sous le logiciel Qgis ou renseignées dans les tables attributaires fournies par le SILA. Les parcelles propriétés de l'état ont été tracés manuellement à l'aide des informations du plan de gestion 2018-2023 . La surface du domaine lacustre provient du plan de gestion 2018-2023. Les superficies sont arrondies à 0.5 ha.

La cartographie suivante est une synthèse de la nature du foncier sur l'emprise de l'ENS du marais de l'Enfer.



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, elles 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

II.2.2.1 Activité agricole

Le GAEC du Laudon exploite les parcelles du Conservatoire du littoral dans le cadre du cahier des charges inclus à l'autorisation conventionnelle d'usage agricole qui s'y applique de 2005 à 2025.

Il est pratiqué le pâturage uniquement sur les prairies agricoles et la fauche sur les autres parcelles. Cette pratique est largement encadrée, il est possible de citer les obligations suivantes qui s'imposent au GAEC ;

- respecter le cahier des charges AOC Reblochon, l'APPB du marais de l'Enfer, le DOCOB Natura 2000 et le Contrat d'agriculture durable conclut par le GAEC,
- **conserver la nature des parcelles,**
- **ne pas modifier la fonction hydraulique,**
- ne pas supprimer les haies et infrastructures,
- ne pas employer de produits phytosanitaires,
- ne pas épandre de produits fertilisants non naturels à moins de 60m du lac,
- entretenir les chemins (sauf itinéraires de promenade - hors dégâts causés par les engins agricoles), fossés, haies, clôtures.

Il est également possible de noter que L'EARL « Les Eaux vives » exploite (deux fauches et un pâturage automnal) les parcelles communales entre le camping « Le solitaire du lac » et la digue à Panade, dans le cadre d'une convention d'occupation précaire (renouvellement annuel).

II.2.2.2 Activités de loisirs

II.2.2.2.a Activité cynégétique

La chasse au gros gibier est pratiquée ponctuellement par L'ACCA de Saint-Jorioz à partir de miradors. Des actions visant le décantonement des sangliers (battues, tirs d'été en début et fin de journée, tirs de nuit dans la zone agricole) et la sécurisation de la traversée de la RD1508 (clôture électrifiée, piquets réflecteurs) ont été mises en place par l'ACCA. La chasse se pratique principalement à l'arc.

II.2.2.2.b Activité halieutique

La pêche à pied est pratiquée uniquement depuis l'extrémité de la digue à Calliès. Il n'est pas connu la pratique de la pêche sur les ruisseaux qui traversent le marais.

II.2.2.2.c Mobilité et accueil du public

Le marais de l'Enfer est traversé par la voie verte, piste cyclable qui longe les bords du lac d'Annecy. Des cheminements, aires de repos et de contemplation du milieu naturel sont présents au sein du marais. Le marais de l'Enfer fait l'objet de nombreuses animations in situ, que ce soit par ASTERS ou par d'autres

structures d'éducation à l'environnement (FRAPNA, LPO, etc.). A ce jour les actions de sensibilisation sont portées par le SILA.

Il est présenté ci-dessous les aménagements liés à l'accueil au public au sein du marais.

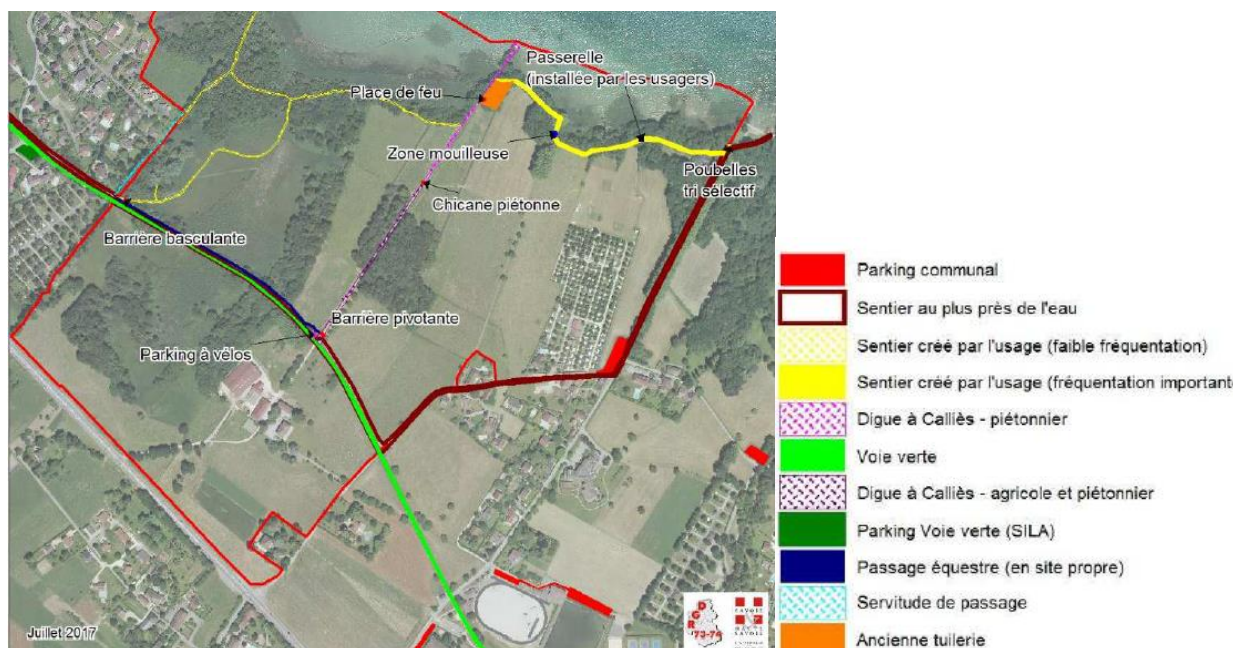


Figure 4 : Structures existantes d'accueil du public. Source : Plan de gestion du marais de l'Enfer 2018-2023.

Notons la présence d'un passage équestre aménagé au niveau de la voie verte, un itinéraire de promenade équestre a été validé, il se situe au nord-est en dehors du cœur du marais.

La circulation sur le marais et les activités sont très règlementées par les arrêtés municipaux et l'APPB. Malgré cette règlementation il est constaté des conflits d'usages : camping, baignade, déchets, utilisation de cycles motorisés, etc.

II.2.2.3 Synthèse

Le marais est très largement fréquenté par le public au niveau des différents aménagements d'accueil (chemin piéton, structures 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.

De nombreuses animations sont réalisées par des associations et les gestionnaires du marais 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 PEDOLOGIE

Cinq sondages pédologiques ont été réalisés en 2010 par ASTERS dans le cadre de la mise en place des protocoles Rhoméo. Dix sondages supplémentaires ont été réalisés en 2013 afin de préciser la délimitation de la zone humide conformément aux protocoles définis par les textes réglementaires (arrêté du 24 juin 2008

modifié par arrêté du 1er octobre 2009 et circulaire du 18 janvier 2010). La nature du sol a également été apprécié lors de la mise en place des piézomètres.

Il est présenté ci-dessous la localisation des sondages.

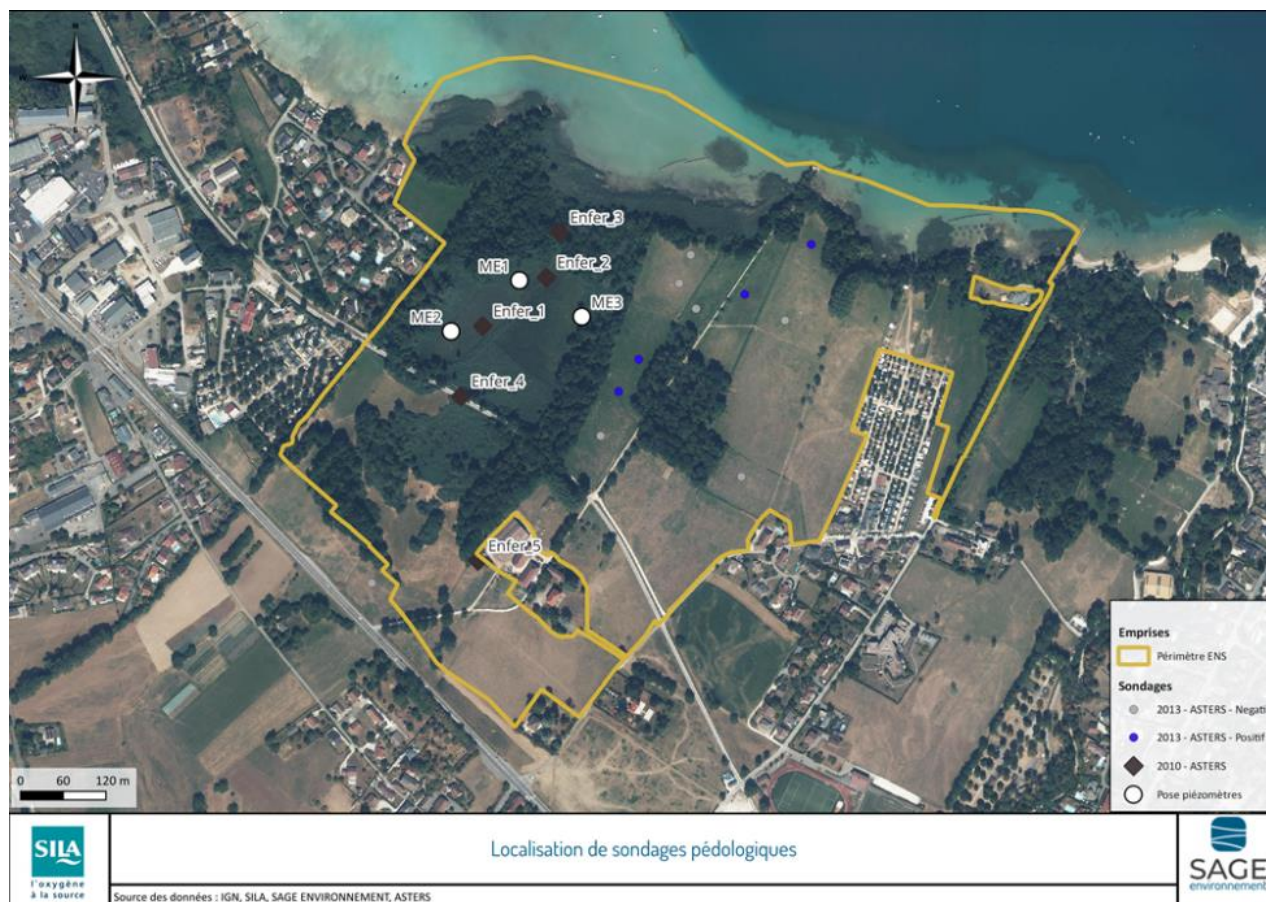


Figure 5 : Localisation des sondages

Il est présenté ci-dessous une synthèse des résultats des sondages pédologiques réalisés par ASTERS entre 2010 et 2013.

Tableau 1 : Description de la structure du sol de sondages pédologiques. Source : ASTERS : 2010-2013.

Nom	Éléments grossiers	Tâches	Texture / Remarques
Enfer 3	Ø	Oxydation : 18-36 cm	* 4-18 cm : limono-argileux, * 18-36 cm : argileux * 36 - 67 cm : tourbe + argile
Enfer 2	Ø	Oxydation : 18-50 cm	* Sol argileux entre 8 et 50 cm
Enfer 1	Pierres et blocs de 7 à 50 cm	Oxydation : 7-38 cm Réduction : 38-50 cm	* Sol limoneux entre 0 et 4 cm * Sol argileux entre 4 et 50 cm
Enfer 4	Ø	Oxydation : 11- 29 cm Réduction : 29-37 cm	* 0 à 7 cm : organo- limoneux. * 7 -19 cm : limoneux * 19-63 cm : alternance de limoneux et argileux avec une couche de sable de 3 cm Après 63 cm, retour d'un horizon organique.
Enfer 5	Graviers < 2cm de 35 à 60 cm	Oxydation : 15 - 60 cm	* 0 à 15 cm : limoneux. * 15 -35 cm : argileux. * 35-60 cm : sableux.

Ces informations nous indiquent que le sol est composé :

- **d'argile** sur l'épaisseur 10-50 cm pour les sondages Enfer 1 et 2 situés au cœur du marais,
- **d'un sol limoneux-argileux et argileux** entre 4 et 36 cm puis argileux avec de la tourbe après 36 cm pour le sondage Enfer 3 situé à moins de 100 m du lac,
- d'une alternance de couches sableuses, argileuses et organiques sur la zone amont de la voie verte.

La nature du sol détaillée par ASTERS confirme la présence d'argile sur ME2 et ME3 et ce jusqu'à 120 cm. Au-delà il est constaté de la tourbe pour ME2 jusqu' 160 cm, il n'y a pas d'informations pour ME1.

Lors de la prospections de terrain de SAGE Environnement le sol à proximité du ruisseau des écrevisses est composé en surface de matière organique en décomposition avancée et gorgée d'eau assimilable à de la tourbe.

Les sondages pédologiques réalisés par ASTERS en 2023 avec un résultat positif à la délimitation de la zone humide (points bleus) présentent des traces de réduction entre 0.6 et 1.2 m.

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.

II.4 GEOLOGIE

La cluse d'Annecy-Ugine abrite dans sa moitié externe un lac de 14 km de long qui tire son origine d'une part d'un creusement glaciaire würmien (glacier de l'Isère avançant vers Annecy) puis néowurmien et d'autre part, d'un barrage frontal, ancien cône de déjection du Fier.

Le massif des Bauges, au sud, et celui des Bornes, au nord, encadrent cette région. Ce sont des massifs subalpins constitués par une couverture sédimentaire très plissée dont l'âge va du Trias à l'Oligocène.

La zone humide du marais de l'Enfer est située sur le cône de déjection formé par l'accumulation de matériaux charriés et déposés par le torrent du Laudon. Le marais est une relique de la zone anciennement inondée par le Laudon, par les remontées de nappe d'accompagnement du lac d'Annecy et par ses débordements.

Les alluvions sont peu visibles sur site car les ruisseaux sont largement colmatés à l'exception de l'Aloua.

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.5 FONCTIONNEMENT HYDRIQUE

II.5.1 Hydrologie et climat

Le climat général sur le lac d'Annecy est de type continental avec une nette influence montagnarde. Deux 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,

La pluviométrie ne descend jamais en dessous de 75 mm en moyenne ce qui reste relativement élevé. Les températures moyennes sont supérieures à 15 degrés entre mai et septembre avec des maximums en juillet et août.

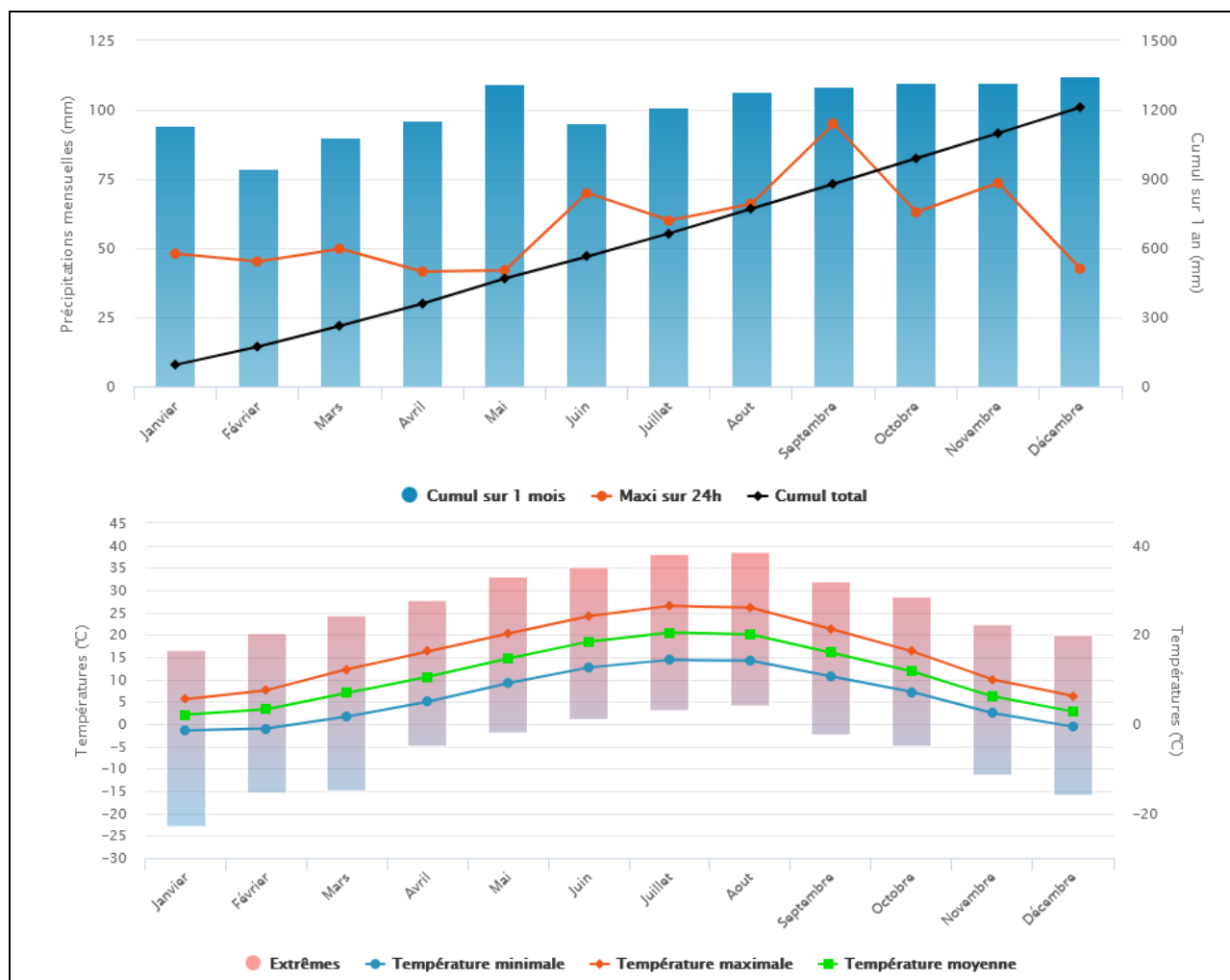


Figure 6 : Graphiques des précipitations et des températures à la station de Meythet entre 1991 et 2020. Source : Infoclimat

L'hydrologie des cours d'eau du bassin versant Fier et lac est de type nivopluvial caractérisée par un net gradient altitudinal (est-ouest) :

- Les hautes eaux se produisent au printemps avec la fonte des neiges. Les orages peuvent générer des crues d'été parfois très violentes,
- Les basses eaux surviennent à deux périodes de l'année : en été quand la pluviométrie est la plus faible et en hiver quand l'essentiel des précipitations est retenu sous forme de neige.

Le climat est de type montagnard avec des précipitations moyennes mensuelles :

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

Les hautes eaux ont lieu au printemps, les basses eaux ont lieu en été et l'hiver.

II.5.2 Ecoulements superficiels

La présente section s'intéresse au réseau hydrographique composé des entités linéaires issues de l'inventaire départemental des cours d'eau de la DDT 74. Cette donnée est complétée avec :

- L'analyse des courbes de niveaux,
- L'analyse du LiDAR de 2021,
- Les données sur les ouvrages de gestion des eaux pluviales fournies par Grand Annecy,
- Les données de 2019 sur les axes d'écoulements fournies par le SILA,

- Une expertise de terrain en date du 09/10/2024. Celle-ci a été menée à l'échelle du périmètre de l'ENS du marais de l'Enfer afin de préciser les données susmentionnées et étudier le fonctionnement hydraulique et hydromorphologique du réseau hydrographique du marais.

Il est étudié dans la présente section le bassin versant nommé « réel » dans la suite du rapport, alimentant le cœur du marais. Il s'agit de la surface du territoire drainée, d'où provient l'eau de ruissellement en raison de la topographie du terrain naturel corrigé par l'analyse du réseau d'ouvrages de récupération des eaux pluviales. Le bassin versant hydrogéologique n'est pas considéré.

Il sera ensuite présenté les principaux affluents sur les aspects hydraulique et hydromorphologique.

II.5.2.1 Bassin versant et réseau hydrographique

II.5.2.1.a Généralités

Le bassin versant du cœur du marais a une superficie de 3.87 km², il culmine au crêt des sauts à une altimétrie de 1 378 m NGF et se termine au lac d'Annecy à une altimétrie proche de 447 m NGF.

Les pentes sont importantes jusqu'à la RD912 puis diminuent fortement pour former ensuite une plaine au niveau de la voie verte jusqu'au lac. Des points bas sont formés en amont de la voie verte et proche du lac.

Le bassin versant est recouvert principalement par des espaces boisés jusqu'à la RD10 puis des surfaces agricoles et ensuite des surfaces anthropiques qui correspondent à des lotissements.

Le réseau hydrographique est représenté par 8 entités classées cours d'eau à l'inventaire départemental des cours d'eau (DDT 74) :

- Ruisseau de l'Aloua et ses affluents ; ruisseau de la Fourmi et ruisseau de Frédan,
- Ruisseau des écrevisses (X2),
- Ruisseau du marais de l'Enfer (X3),

Le ruisseau de l'Aloua draine 86 % de la surface du bassin versant du cœur du marais de l'Enfer, il s'agit alors du principal ruisseau contributeur en quantité d'eau pour ce marais (à condition que celui-ci l'alimente). Le pourcentage restant correspond aux bassins versants du ruisseau des écrevisses et du marais de l'Enfer qui ont de faibles pentes avec pour natures de sols des escapes cultivés et anthropiques.

Les cartographies suivantes présentent le bassin versant réel défini à l'aide :

- des courbes topographiques de la cartographie SIG OpentopoMap,
- du LiDAR de 2021,
- des données sur les réseaux de gestion des eaux pluviales fournies par Grand Annecy,
- l'analyse de terrain à l'échelle de l'ENS.

L'analyse de terrain a permis de préciser et corriger certaines données liées à la gestion des eaux pluviales. Des fossés ont été ajoutés, ils sont caractérisés comme des dépressions topographiques avec de la végétation hygrophile. Aussi la connexion hydraulique des différents ouvrages a été précisée. Le linéaire des cours d'eau inventorié par la DDT 74 a été reprécisé en longueur et implantation.

Le bassin versant réel est présenté à une échelle élargie puis à l'échelle de l'ENS du marais, cette cartographie sera commentée à la section II.5.2.1.b.

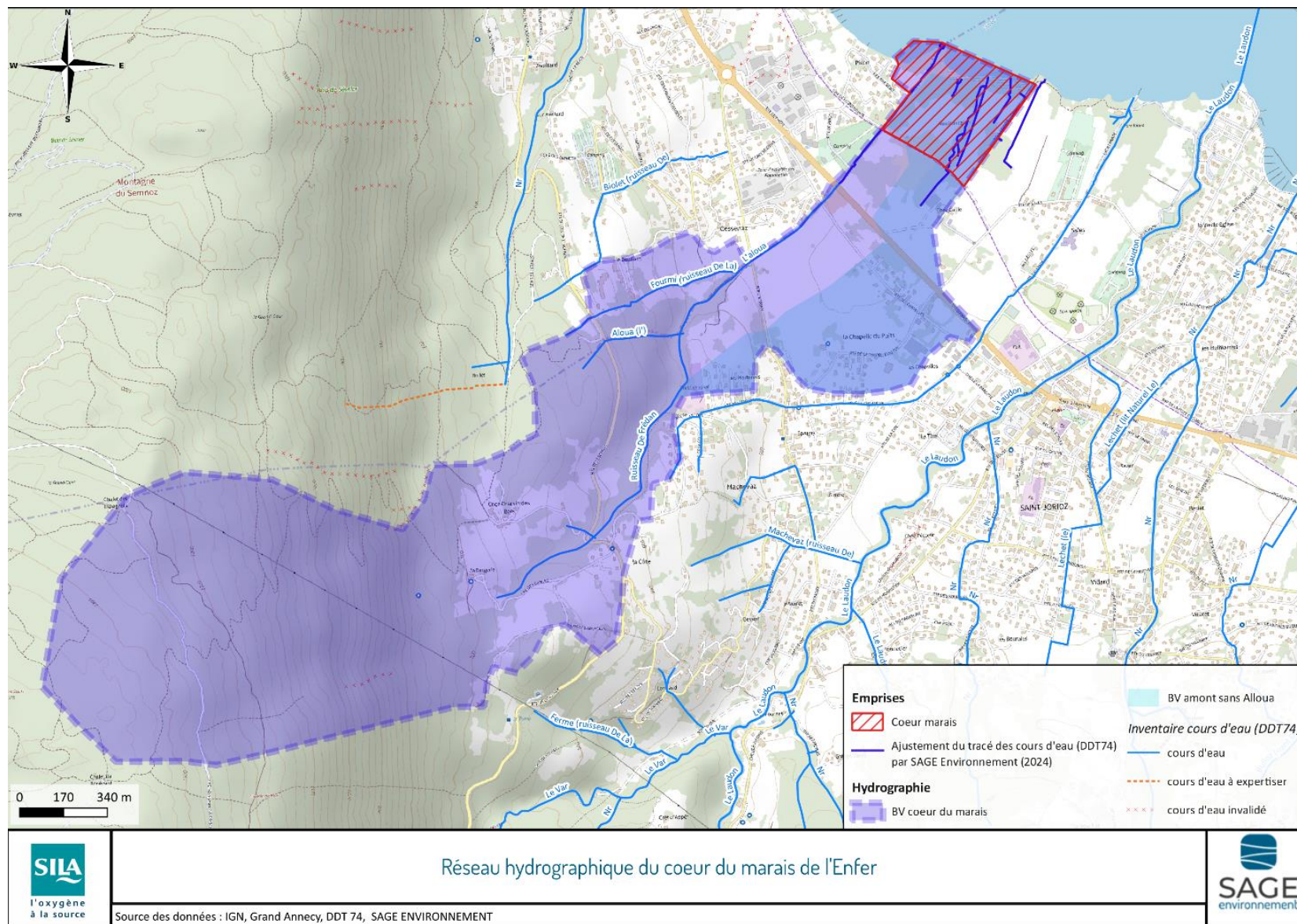


Figure 7 : Bassin versant réel

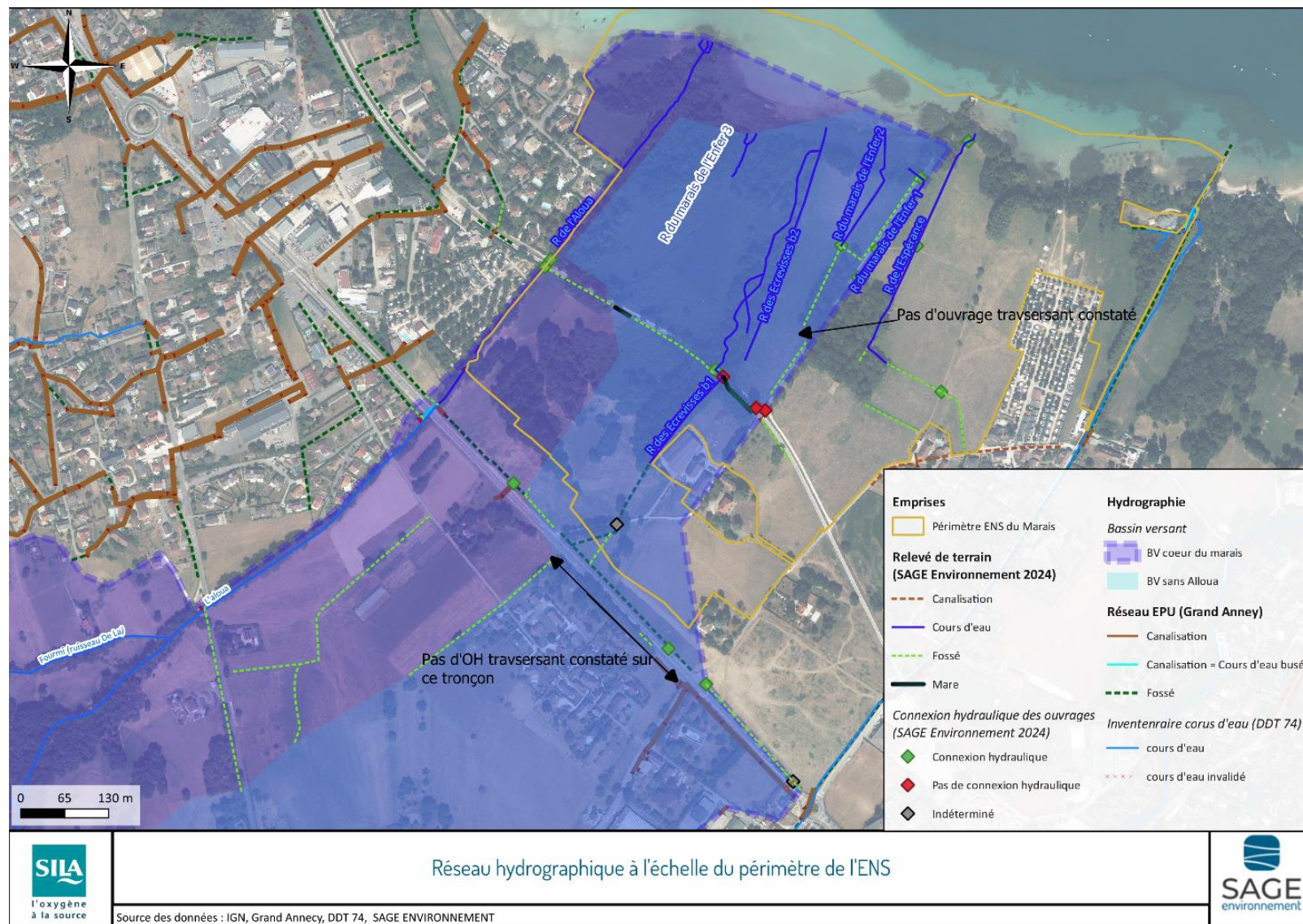


Figure 8 : Réseau hydrographique à l'échelle du périmètre de l'ENS

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.5.2.1.b Description des affluents

b.1 Ruisseau de l'Aloua

Le ruisseau de l'Aloua a un linéaire d'environ 2 km, il prend sa source à 620 m d'altitude dans la montagne du Semnoz, ses affluents sont le ruisseau de Frédan et de la Fourmi, il conflue dans le lac d'Annecy.

L'Aloua subit des assecs fréquents comme le témoigne les gérants du camping de l'Aloua rencontrés le 09/10/2024. Malgré son faible gabarit et les assecs **il est à l'origine d'un aléa fort de débordement torrentiel d'après le PPR de la commune de Saint-Jorioz**. L'Annexe sanitaire de 1995 indique que sa section est trop étroite pour contenir le débit décennal.

La continuité hydraulique est assurée au niveau des axes de circulation à l'aide d'ouvrages hydrauliques traversants. En amont de ces axes il y a des fossés qui contribuent à redistribuer les eaux au cours d'eau.

Il n'est pas noté de dysfonctionnements sur la continuité hydraulique de l'Aloua à l'échelle du marais.

La confluence avec le lac se fait sous forme de plusieurs bras marqués au sein d'une roselière. Le jour de la prospection de terrain (09/10/2024) la continuité piscicole est jugée mauvaise en raison de la présence d'embâcles formant une chute de plusieurs dizaines de centimètres et l'absence d'un courant d'appel attractif.



Figure 9 : Bras de l'Aloua à la confluence avec le lac d'Annecy le 09/10/2024

Sur le périmètre du cœur du marais ce cours d'eau a un tracé rectiligne et une section rectangulaire. Le fond du cours d'eau n'est pas colmaté, les alluvions sont visibles. Les berges sont raides et composées de matériaux tout venant à l'exception de la rive gauche à l'intersection des deux dernières propriétés où il est constaté un muret en pierres d'une cinquantaine de mètres. Celui-ci a un état visuel mauvais avec de nombreux éléments désolidarisés.



Figure 10 : Exemple de la section de l'Aloua et muret désolidarisé

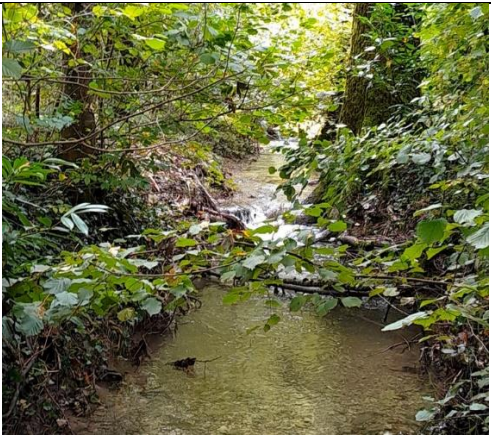
La connectivité latérale du ruisseau a été étudiée à l'aide de la nature de la végétation présente et l'incision mesurée entre le fond de lit et le haut de berge côté marais. L'incision traduit des pertes de potentialités d'alimentation en eau du marais par débordements ou par capillarité (voir un potentiel effet de drainage).

Il est possible de différencier trois zones de l'amont vers l'aval :

- **Zone amont – 130 ml : gros arbres en berges et incision mesurée entre 70 et 130 cm**, il est noté la présence de trois points durs d'une hauteur de chute de 20-25 cm formés d'embâcles et racines qui maintiennent temporairement le profil en long. En cas de rupture, l'incision sera augmentée. Ce secteur a la particularité de présenter sur **73 % de son linéaire une berge plus basse en rive gauche au niveau des habitations, ce qui induit un débordement préférentiel sur cette zone plutôt que le cœur du marais.**
- **Zone médiane – 190 ml : gros arbres en berges et végétation arbustive**, présence du muret en rive gauche. **L'incision est mesurée entre 50 et 70 cm avec la rive droite.** Il est relevé **deux zones de points bas** en rive gauche en aval du champs.
- **Zone aval – 75 ml : gros arbres en berges, végétation arbustive et végétation herbacée (hélrophytes).** Il est noté une zone de transition de 18 ml avec le tronçon amont où **l'incision diminue progressivement pour ensuite n'être plus perceptible (< 20 cm).** Des traces de débordements sont constatés et la végétation est hygrophile.

Les éléments susmentionnés sont présentés à l'aide de photographies puis synthétisés sous forme d'une cartographie. Les photographies suivantes présentent les éléments susmentionnés.

Tableau 2 : Photographies représentatives des zones identifiées sur l'Aloua.

Zone amont	
	
Zone médiane	

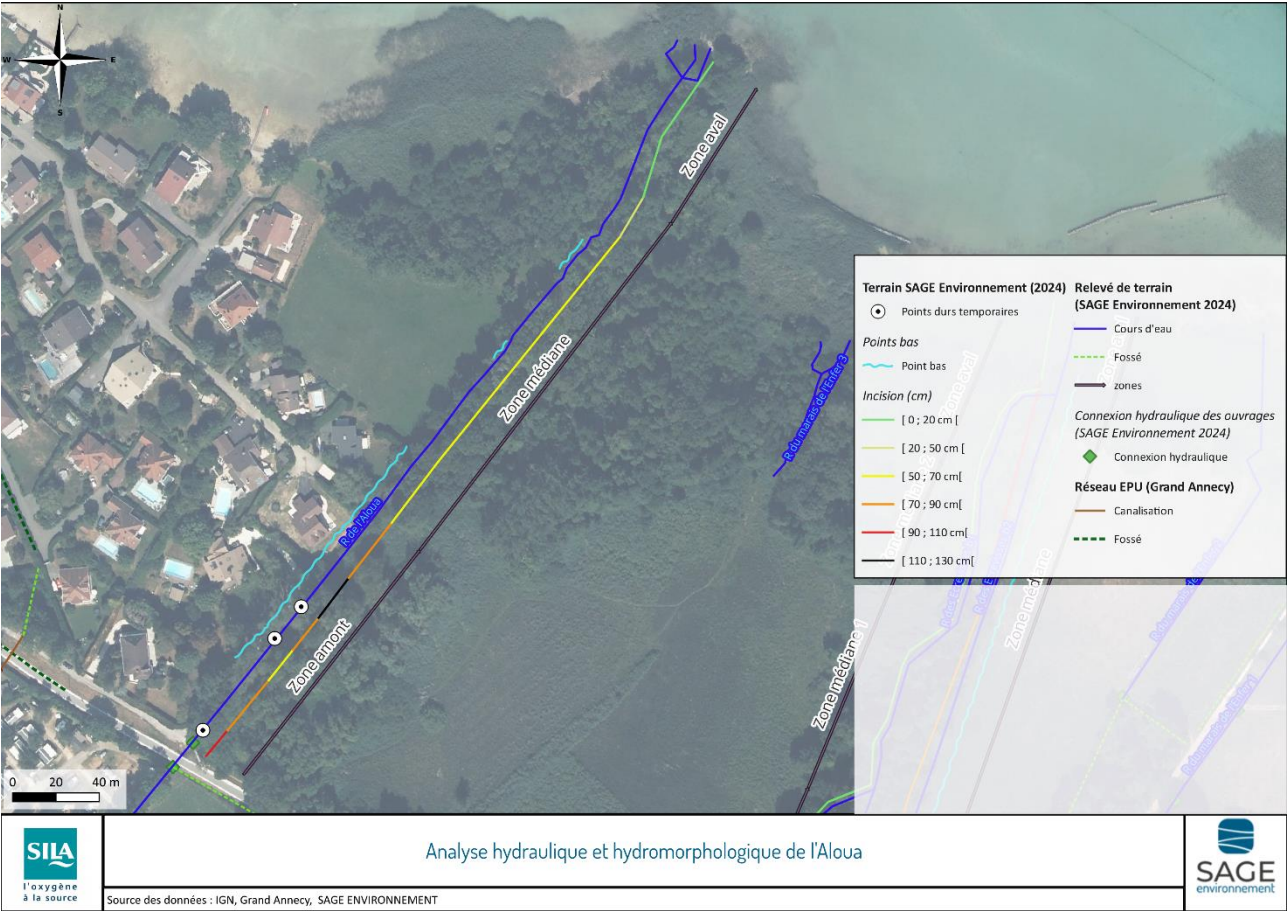


Figure 11 : Synthèse graphique de l'analyse hydraulique et hydromorphologique de l'Aloua

Le SILA a indiqué la présence potentielle d'anciennes décharges en berges, lors de la prospection de terrain il a été constaté une zone de débris divers en rive droite en face des deux dernières propriétés.

En complément des observations de terrain une analyse de profils en long à partir du LiDAR de 2021 a été effectuée afin de préciser les observations et confronter les données. Le profil intitulé « centre du marais » est réalisé environ 100 m en rive droite de l'Aloua. A noter que la hauteur d'eau le jour du levé n'est pas connue.

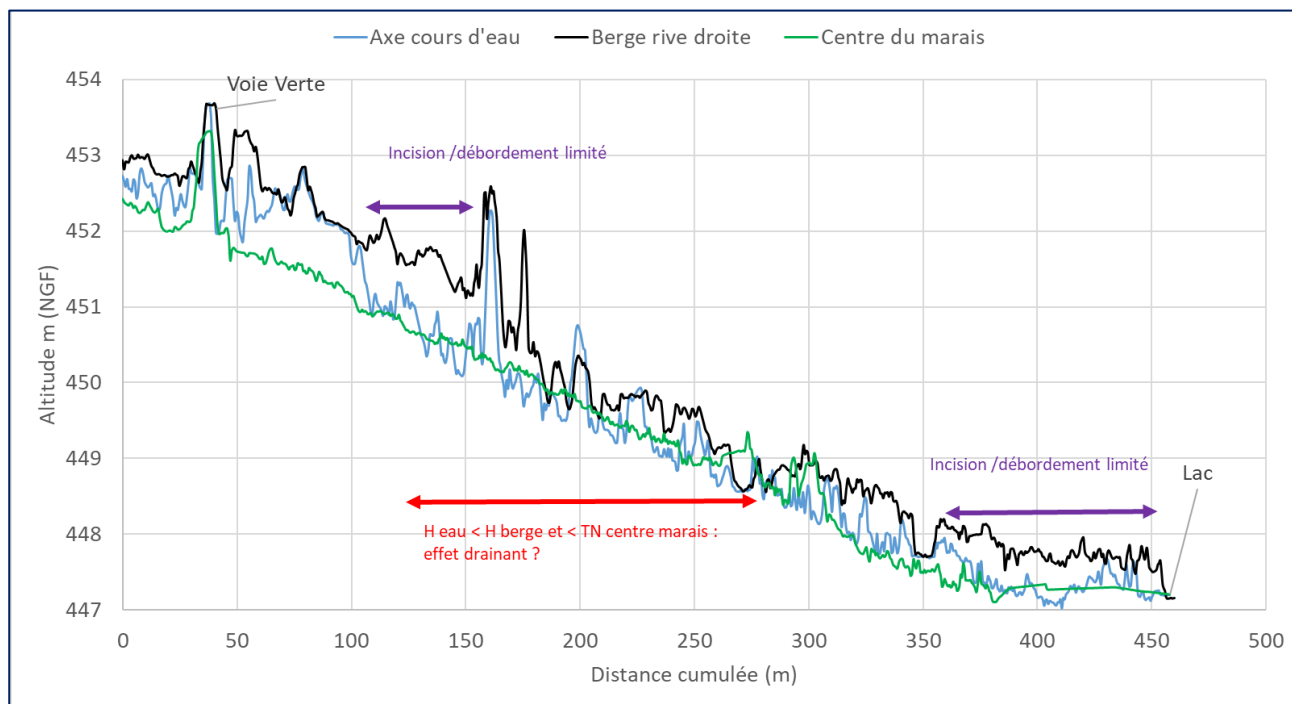


Figure 12 : Profils en long de l'Aloua, de la berge rive droite et du marais

Cette approche nous permet d'indiquer que :

- L'écart entre la ligne d'eau et la berge est perceptible sur 50 m en amont, comme sur le terrain,
- La ligne d'eau de l'Aloua est inférieure à l'altimétrie du terrain naturel du centre du marais sur 170 ml,
- La zone aval ne présente pas l'écart indiqué entre le haut de berge et le fond de lit indiqué au LiDAR, il s'agit du secteur le plus connectif selon la prospection de terrain,
- L'incision du cours d'eau constatée sur site n'est pas perceptible sur la majorité du linéaire à partir de la donnée LiDAR.

Le ruisseau de l'Aloua a une hydrologie variable ; il subit des assèchs 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.

La donnée LiDAR 2021 ne permet pas d'étudier le cours d'eau avec précision, cela s'explique par l'importance du couvert végétal et la faible largeur du cours d'eau. 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, le cours d'eau ne semble pas drainer les eaux des premiers décimètres du marais.

b.2 Ruisseau des écrevisses

Le ruisseau des Ecrevisses prend sa source en amont de la voie verte à une altimétrie de 454 m et conflue avec le lac d'Annecy après un parcours d'environ 600 m.

Il est à l'origine d'un aléa fort de débordement torrentiel d'après le PPR de la commune de Saint-Jorioz.

La continuité hydraulique est assurée sous la voie verte par le biais d'un ouvrage hydraulique. Des fossés renvoient les eaux vers ce ruisseau en amont des axes de circulation.

Il est noté la présence d'un point bas en rive droite en amont de la voie verte qui forme une mare. Son niveau bas est régulé par un ouvrage béton relié à une vanne qui permet une connexion hydraulique au ruisseau (si elle est ouverte, ce qui n'est pas le cas le jour de la visite). Côté Est, il existe un ouvrage traversant entre la mare et un champs. Cet ouvrage est calé au-dessus de l'altimétrie de la vanne, il est hors d'eau le jour de la visite, il peut avoir une fonction de surverse.

Quelques mètres à l'Est, il existe un ouvrage traversant dont l'exutoire est bouché par un chemin agricole, l'eau ne s'écoule pas en aval. Elle ne peut pas non plus rejoindre la mare en raison de la présence d'un chemin et l'absence d'ouvrage.

La mare et l'ouvrage hydraulique bouché participent à la rétention d'eau en tête du bassin versant du ruisseau des écrevisses.

Les photographies suivantes illustrent les propos susmentionnés.



Figure 13 : Accumulation d'eau en amont de la voie verte et OH bouché côté aval et non connectif avec la mare.

Aussi au niveau de la route départementale il est supposé l'accumulation d'eau car il n'est pas constaté d'ouvrage hydraulique traversant comme le rappelle la cartographie ci-après.

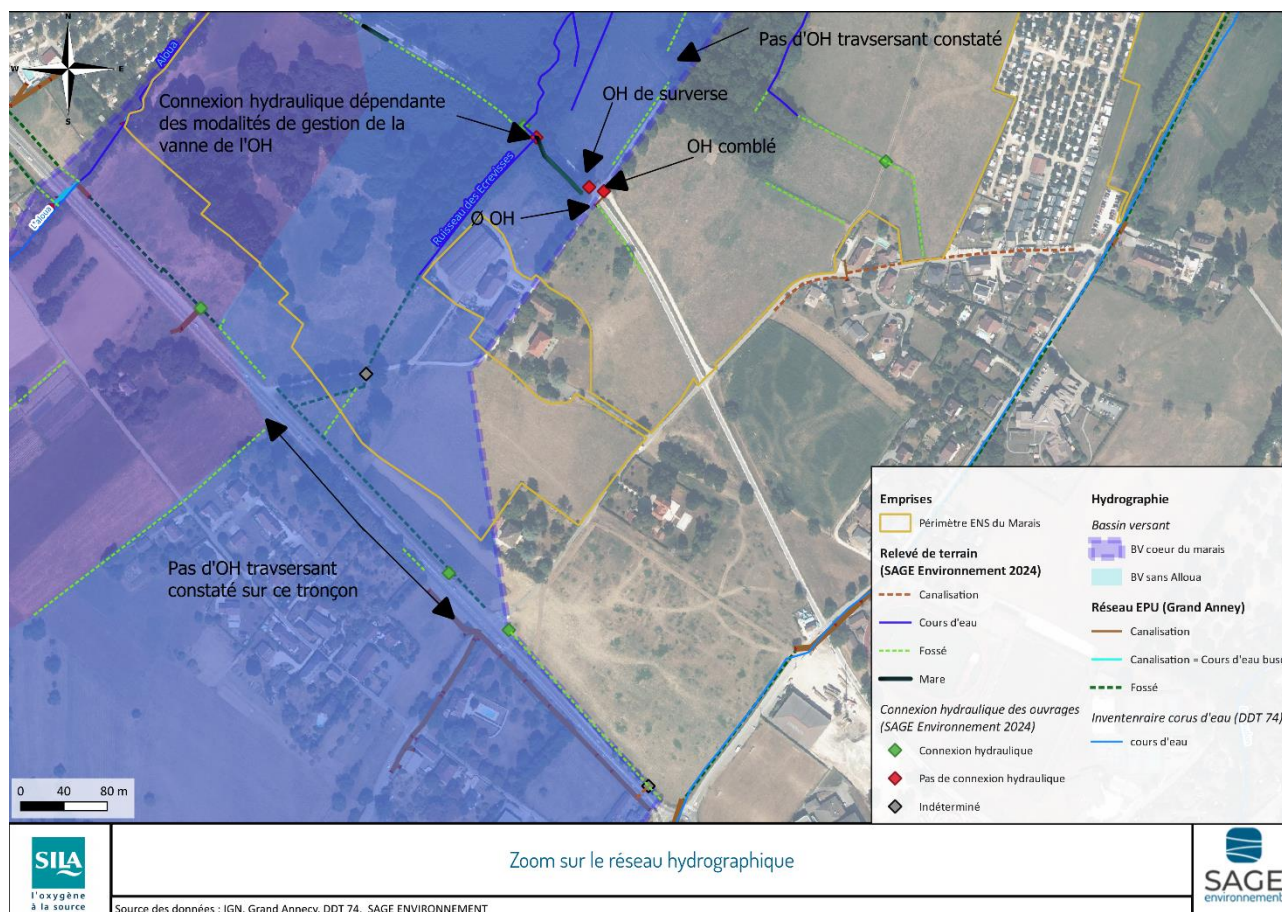


Figure 14 : Zoom sur le réseau hydrographique

Le ruisseau des Ecrevisses est composé de deux entités selon l'inventaire des cours d'eau de la DDT 74. Celles-ci ont uniquement une connexion hydraulique à proximité de la confluence avec le lac. Ces entités sont nommées bras principal et bras secondaire ou bras 1 et 2, leur physionomie est très différente.

Le bras principal (bras 1)

- **Zone amont - 130 ml** : Il s'écoule au sein d'un cordon boisé du marais, le tracé est sinueux et l'altimétrie du fond de lit est proche du terrain naturel (< 20 cm) ce qui lui confère **une très bonne connectivité avec les milieux rivulaires**. La végétation est composée d'arbres, arbustes et d'hélophytes (touradons), il n'est pas observé de roseaux. Le bras principal est plus bas que le bras secondaire d'après l'étude de profils en travers sur le LiDAR de 2021.
- **Zone médiane 1 – 110 ml** : la description est similaire à la zone précédente cependant l'étude d'une photographie permet de voir que le bras principal est plus haut que le bras secondaire, cela s'applique jusqu'à la confluence.
- **Zone médiane 2 – 55 ml** : une rupture de pente existe avec l'amont, les alluvions sont visibles. **Le cours d'eau traverse une zone de roseaux, sa section hydraulique disparaît, l'écoulement devient diffus.**
- **Zone aval – 70 ml** : le lit mineur du ruisseau devient à nouveau perceptible. **La quantité d'eau qui s'écoule à drastiquement diminuée. Le chenal rejoint le bras secondaire mais l'eau ne s'écoule plus,** une chute de plusieurs dizaines de centimètres est constatée. Dans ces conditions la continuité piscicole n'est pas fonctionnelle le jour de la visite pour le bras principal.

Le ruisseau des écrevisses bras principal a un fond de lit colmaté à l'exception de l'amont après la voie verte, le sol en marge du cours d'eau est composé de matière organique gorgée d'eau.

Il est présenté ci-dessous des photographies représentatives des zones susmentionnées

Tableau 3 : Photographies du ruisseau des écrevisses – bras principal

Bras principal – Zone amont 1	
	
Bras principale - Zone médiane - 1	
	
Bras principal – Zone médiane 2 et zone aval	
	
Zone médiane 2 –	Zone aval

Le bras secondaire (bras 2)

Il s'agit d'un bras parallèle au bras principal qui débute en aval de la voie verte. Sur tout le linéaire étudié le tracé est rectiligne et la section rectangulaire. Ce bras a une position basse par rapport aux champs situés en rive droite et sur 2/3 de son linéaire le long du marais. Il est fort probable que ce ruisseau soit le fruit d'une création de l'Homme pour limiter l'engorgement des sols en eau au niveau des champs. Dans ces conditions l'incision ne désigne pas dans le cas présent un processus naturel lié à l'hydromorphologie mais une hauteur de berge anthropique.

Le fond de lit est colmaté sauf à l'aval proche de la confluence avec le lac.

La végétation rivulaire recouvre en quasi-totalité la lame d'eau. Il est possible de distinguer trois zones :

- **Zone amont – 120 ml** : l'incision mesurée est comprise entre 70 et 110 cm cependant d'après l'étude de profil en travers **le bras secondaire est plus haut que le bras principal**,
- **Zone médiane – 220 ml** : l'incision mesurée est comprise entre 70 et 110 cm, **le bras secondaire est plus bas que le principal** (photographie et LiDAR),
- **Zone aval – 40 ml** : l'incision disparaît, le **ruisseau devient progressivement connectif jusqu'à l'embouchure avec le lac**. Le lit mineur est visible et délimité au sein des roseaux et il n'y a pas de chute avec le lac, la continuité piscicole est jugée fonctionnelle le jour de la visite.

Il est présenté ci-dessous des photographies représentatives des zones susmentionnées

Tableau 4 : Photographies du ruisseau des écrevisse – bras secondaire

Bras secondaire – zone médiane	
	
Bras secondaire – zone aval	
	

Les éléments susmentionnés sont synthétisés ci-après.

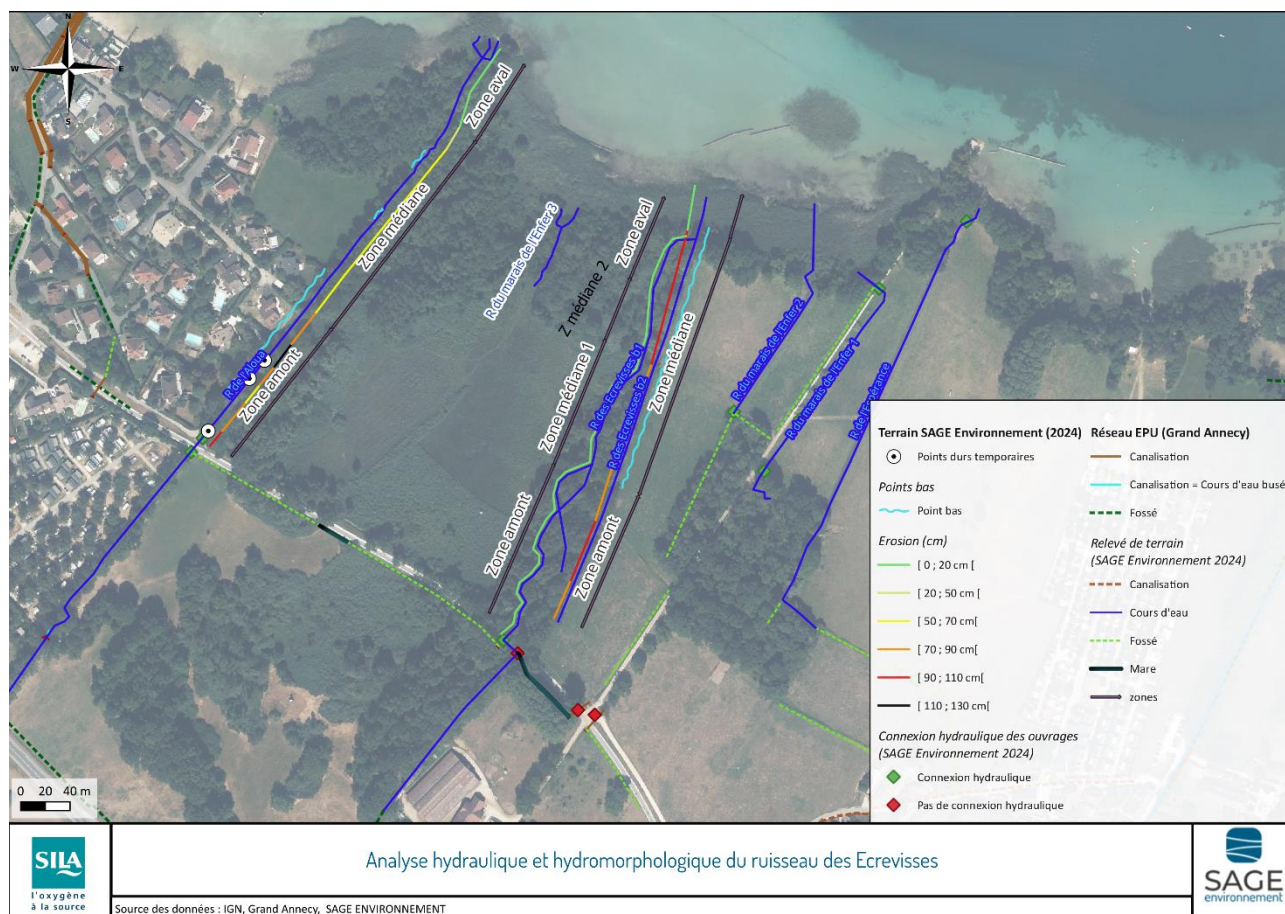


Figure 15 : Synthèse graphique de l'analyse hydraulique et hydromorphologique des ruisseaux des écrevisses

Le profil en long du bras principal est étudié et comparé à un profil situé à 120 m en rive gauche au centre du marais. Sachant que les berges ont une hauteur faible (< 20 cm) il n'est pas réalisé de profils spécifiques à leur emplacement. En rive droite il y a la présence du bras secondaire puis du champs, ce dernier est étudié séparément. Le graphique est présenté ci-dessous.

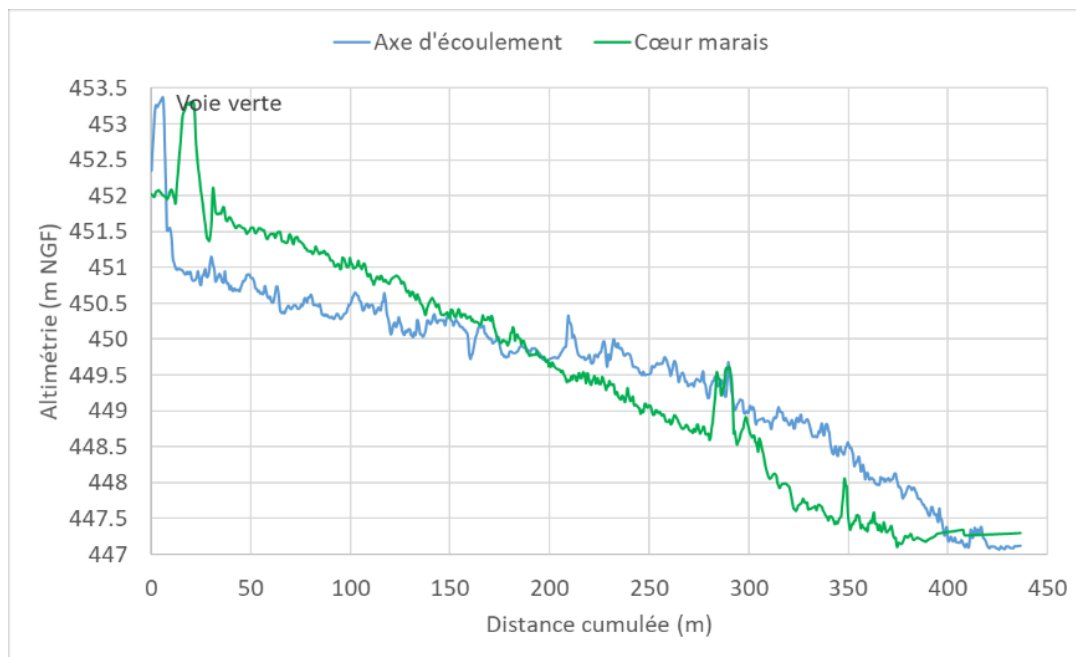


Figure 16 : Profil en long du bras principal et d'un axe au centre du marais

Il est possible de constater que le ruisseau est plus bas que le terrain du cœur du marais sur environ 160 ml, ensuite la tendances s'inverse.

Ce même travail a été réalisé avec le bras secondaire et la topographie aux alentours :

- un profil en long en rive droite dans le champs à 10 m du cours d'eau,
- un profil en long en rive gauche à environ 3 m du cours d'eau,
- un profil au centre du marais à environ 150 m du cours d'eau,
- un profil de l'axe d'écoulement du bras principal.

Le graphique est présenté ci-dessous avec pour point de référencement la voie verte située 25 m en amont.

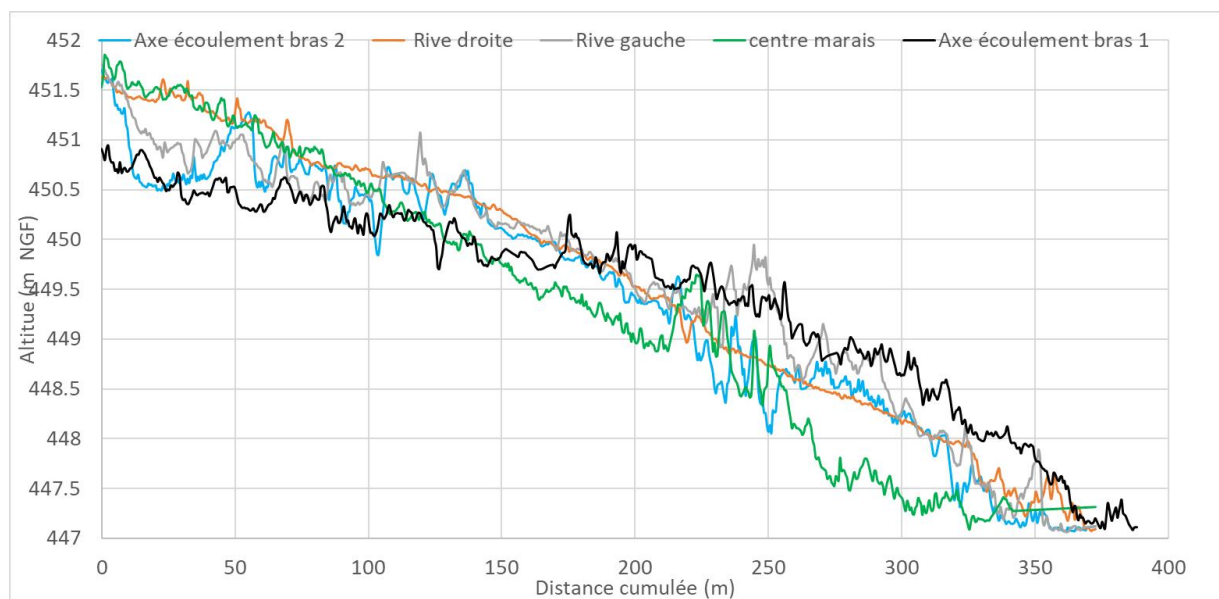


Figure 17 : Profils en long du bras secondaire du ruisseau des Ecrevisses, de la berge et du marais

Le LiDAR confirme une incision sur la partie amont mais celle-ci s'efface vers l'aval. La différence d'altimétrie entre la rive droite, la rive gauche et la ligne d'eau n'est pratiquement pas perceptible à contrario des observations de terrain. La différence d'altimétrie entre le bras principal et le bras secondaire est perceptible. La ligne d'eau du bras secondaire est située au-dessus de l'altimétrie du profil situé au centre du marais.

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.

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.

b.3 Autres affluents

Les affluents sont localisés à la Figure 8.

Le ruisseau de l'Espérance prend sa source au niveau d'un boisement à l'Est de la digue de Calliès. Il est en partie alimenté par deux fossés. Aussi un écoulement diffus provenant du versant s'opère dans le boisement sans former de chenal visible.

Il n'est pas constaté de connexion hydraulique avec le cœur du marais ou les affluents.

Ce ruisseau est rectiligne et recouvert par des roseaux. Au jour de la visite la continuité piscicole avec le lac est jugée non fonctionnelle en raison de la présence d'embâcles à l'embouchure.



Figure 18 : Illustrations du ruisseau de l'Espérance

Le ruisseau du marais de l'Enfer (n°1) situé à l'Est de la digue est alimenté par des écoulements diffus provenant du boisement amont, il n'y a pas de connexion hydraulique avec le ruisseau de l'Espérance.

Il n'est pas constaté de connexion hydraulique avec les principaux affluents du marais (Aloua et ruisseaux des écrevisses).

Ce ruisseau s'écoule à travers un espace enherbé, il est en partie à sec. Il traverse la digue de Calliès par le biais d'une buse dont le côté amont est calée au-dessus du fond de lit, la continuité piscicole n'est pas assurée.



Figure 19 : Illustrations du ruisseau du marais de l'Enfer (1)

Le second ruisseau du marais de l'Enfer (n°2) plus à l'Ouest, est parallèle au précédent mais séparé par la digue de Calliès. Il prend sa source au niveau d'un boisement, il est alimenté par deux fossés. La continuité hydraulique n'est pas assurée entre deux fossés situés en amont en raison de la présence d'un accès au champs agricole.

Il n'est pas constaté de connexion hydraulique avec les principaux affluents du marais (Aloua et ruisseaux des écrevisses).

Le jour de la prospection la continuité piscicole avec le lac est jugée non fonctionnelle ; l'écoulement est diffus au sein des roseaux et touradons, il n'y a pas de chenal dessiné avec une veine d'eau préférentielle.



Figure 20 : Illustration du ruisseau du marais de l'Enfer (2)

Le troisième ruisseau du marais de l'Enfer (n°3) s'écoule au cœur du marais, il s'agit d'un point bas qui collecte les écoulements du marais. Il est formé un chenal unique sur quelques dizaines de mètres puis les écoulements sont diffus jusqu'au lac à travers les roseaux et les touradons, il n'y a pas de continuité piscicole possible.

Ce ruisseau peut recevoir les écoulements superficiels des principaux affluents du marais s'ils débordent mais il ne peut pas les alimenter en raison de sa position en aval du marais.

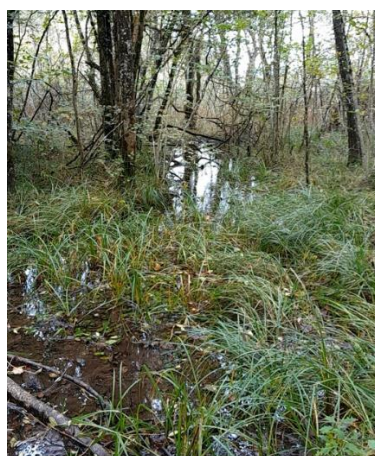


Figure 21 : Illustration du ruisseau du marais de l'Enfer (3)

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.5.2.2 Ecoulements des eaux superficielles au cœur du marais

En vue de comprendre le sens des écoulements au sein du marais et les effets de drainage potentiels des eaux de surface il est étudié 4 profils en travers espacés d'environ 100 m, ceux-ci sont localisés ci-après et présentés graphiquement à la page suivante.

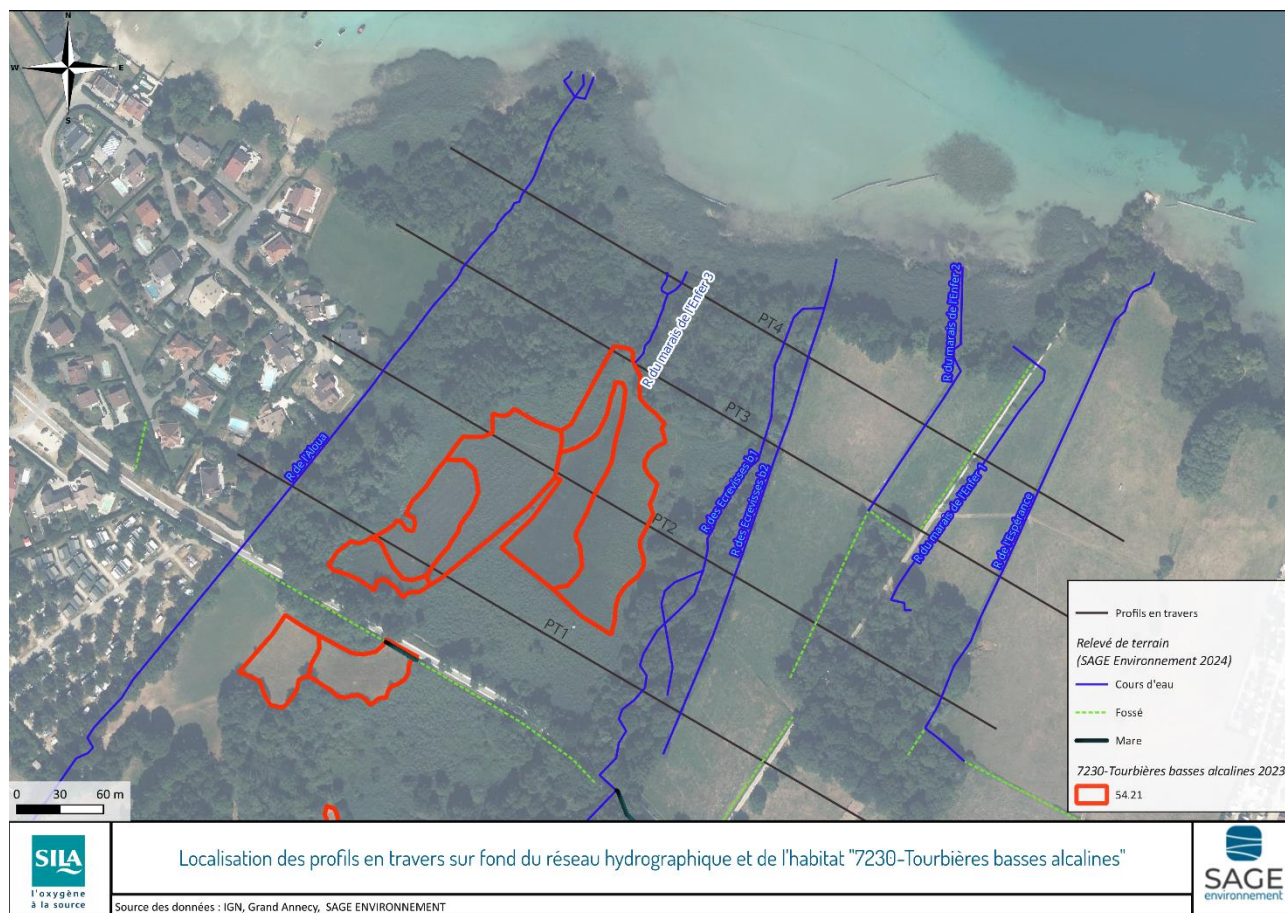


Figure 22 : Localisation des profils en travers sur fond du réseau hydrographique et de l'habitat 7230-Tourbières basses alcalines (hors réseaux)

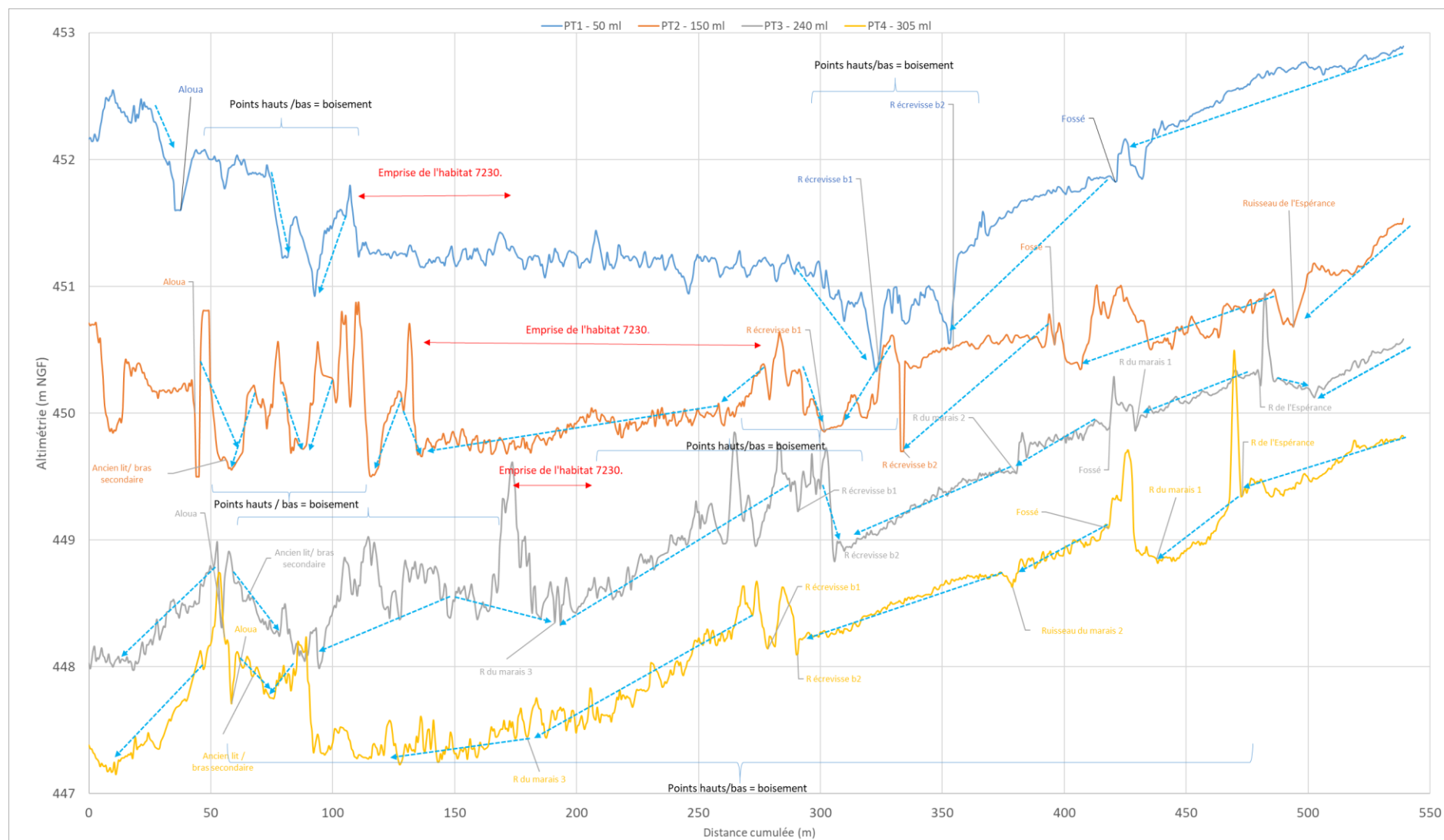


Figure 23 : Profils en travers au sein du marais et sens des écoulements superficiels en situation de saturation des ruisseaux / fossés (flèches en bleues)

Nota : la description suivant est illustrée par le profil en long précédent et le plan de synthèse page suivante.

Les écoulements superficiels entre le ruisseau de l'Espérance et le ruisseau des écrevisses bras 1 suivent un axe Est-Ouest. Ceux-ci sont interceptés sur leur trajet par des dépressions topographiques qui forment **des fossés et ruisseaux, leur nombre augmente avec l'aval.** Ces entités linéaires **conduisent à renvoyer l'eau superficielle selon un axe Sud-Nord avec pour exutoire le lac.** Ces eaux superficielles n'alimentent pas la zone située entre le ruisseau des écrevisses bras 1 et l'Aloua par débordement. **Le ruisseau des écrevisses bras 2 marque la délimitation.** Il est perché par rapport au bras principal sur 130 ml mais avec de faibles potentialités d'alimentation du bras principal, ensuite ce bras est incisé et ne peut pas alimenter le bras principal.

L'Aloua se trouve incisé et contraint par des points hauts et bas en rive droite d'une largeur variable ce qui limite les potentialités de débordements et l'alimentation de la zone centrale du marais par divagation. Ce secteur correspond à des boisements caractérisés par une topographie aléatoire. Dès le PT3 le LiDAR laisse apparaître un ancien chenal vers le lac, en amont les dépressions sont aléatoires. L'Aloua est perché par rapport au marais à l'exception du PT2.

En partie amont jusqu'au PT2 le ruisseau des écrevisses bras 1 semble drainer les écoulements surfaciques sur ces abords, rappelons néanmoins que ce dernier est propice aux débordements par sa faible hauteur de berge. Ensuite la tendance s'inverse ; en cas de débordement le bras principal est drainé tant par le bras 2 que le marais. **Ces propos doivent être nuancés, en effet en cas de débordement le drainage existe mais il y a des points haut et bas sur environ 30 m de large en rive gauche qui limitent l'épandage des eaux sur le reste du marais.** Comme le cas du ruisseau de l'Aloua il s'agit de zones de boisements.

Au PT3 le ruisseau du marais 3 se forme, il s'agit d'un point bas qui draine les écoulements surfaciques du ruisseau des écrevisses bras 1 et de l'Est dont la répartition se fait entre les points bas et ce ruisseau.

A partir de T4 Il n'y a plus de point bas qui draine les eaux surfaciques pouvant déborder du ruisseau du marais 3. La différence d'altimétrie du terrain naturel diminue et les écoulements deviennent de plus en plus diffus jusqu'au lac.

L'habitat 7230 « Bas marais alcalin » a une largeur qui a diminué au niveau de PT1 depuis 2017 d'une largeur d'environ 150 m. L'habitat disparaît au droit de l'apparition du ruisseau du marais (3) qui est un point bas drainant les eaux. Cet habitat n'est pas représenté en marge des ruisseaux de l'Aloua et des écrevisses au niveau des points bas et hauts qui correspondent à des milieux boisés. **Cet habitat s'exprime au centre du marais lorsque la pente transversale est faible ou permet la formation de cuvettes de plusieurs dizaines de mètres de large.** Par exemple l'habitat est présent en amont de la voie verte au droit d'une mare formée par un point bas et la rétention des écoulements par la voie verte. **L'habitat s'exprime là où les écoulements stagnent, sur substrat dominant argileux et en milieu ouvert.**

La continuité hydraulique est assurée au niveau de la voie verte par le renvoi des eaux dans des fossés puis dans les ruisseaux et la présence d'ouvrages hydrauliques. **Ce fonctionnement engendre toutefois une diminution de la surface drainée pouvant alimenter le centre du marais par ruissellement.** La zone aval de la voie verte est alimentée principalement par des eaux météoriques et par débordement du ruisseau des écrevisses.

Il est synthétisé ci-après les écoulements superficiels.

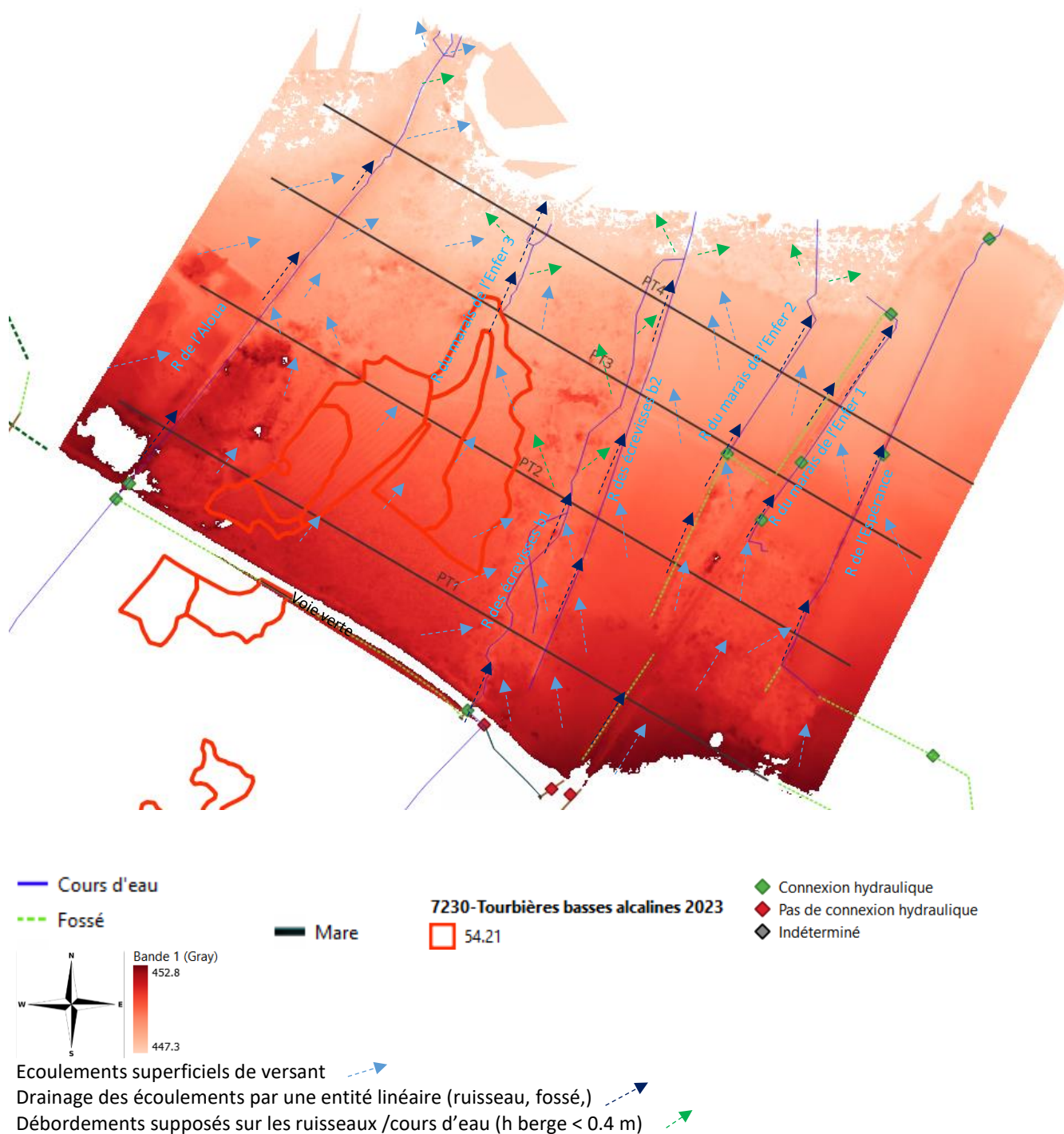


Figure 24 : Synthèse graphique des écoulements surfaciques

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.

II.5.2.3 Gestion des eaux pluviales

II.5.2.3.a Généralités

Les communes de Saint-Jorioz et Sévrier disposent d'un Schéma général d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales datant de 2019.

Au niveau des eaux usées et pluviales, le marais est soumis à une zone de 0 rejet d'après la cartographie des débits. 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. Le zonage des débits de rejet maximums autorisés est présenté ci-dessous.

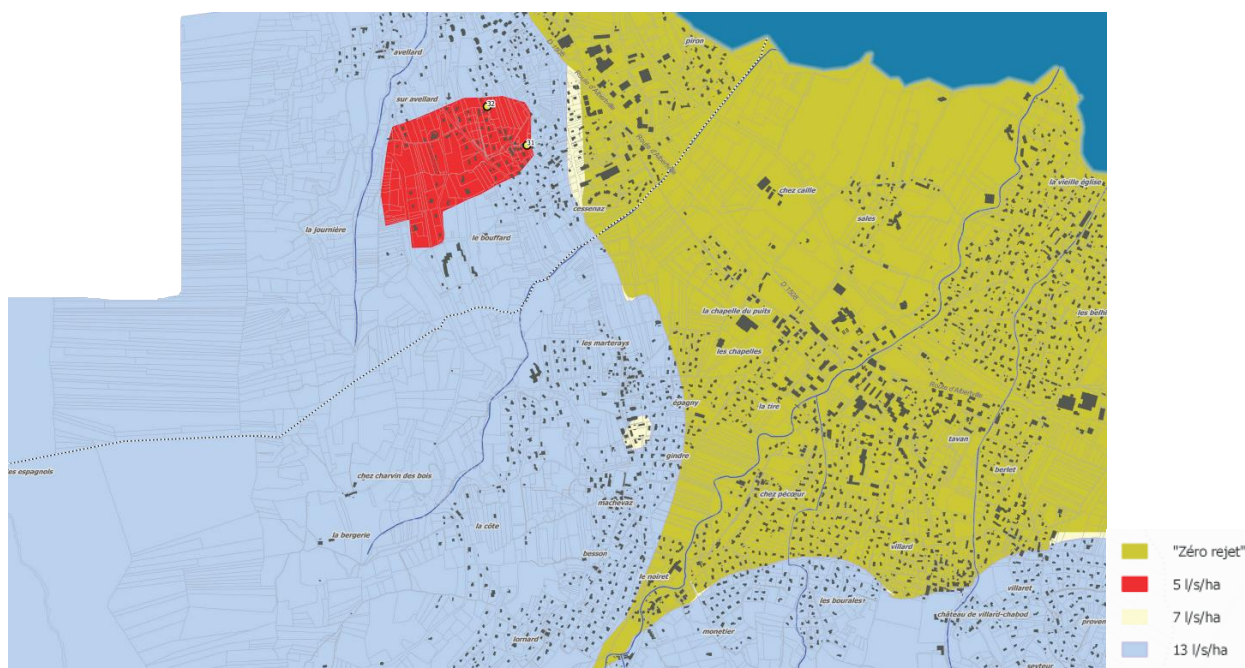


Figure 25 : Extrait de la cartographie des débits maximums autorisés de rejets d'eau pluviale . Source : SEPIA - 2019

D'après les données fournies par le Grand Annecy Il est possible d'indiquer que 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.

Il est présenté ci-après le réseau hydrographique avec intégration des ouvrages de gestion des eaux pluviales y compris fossés.

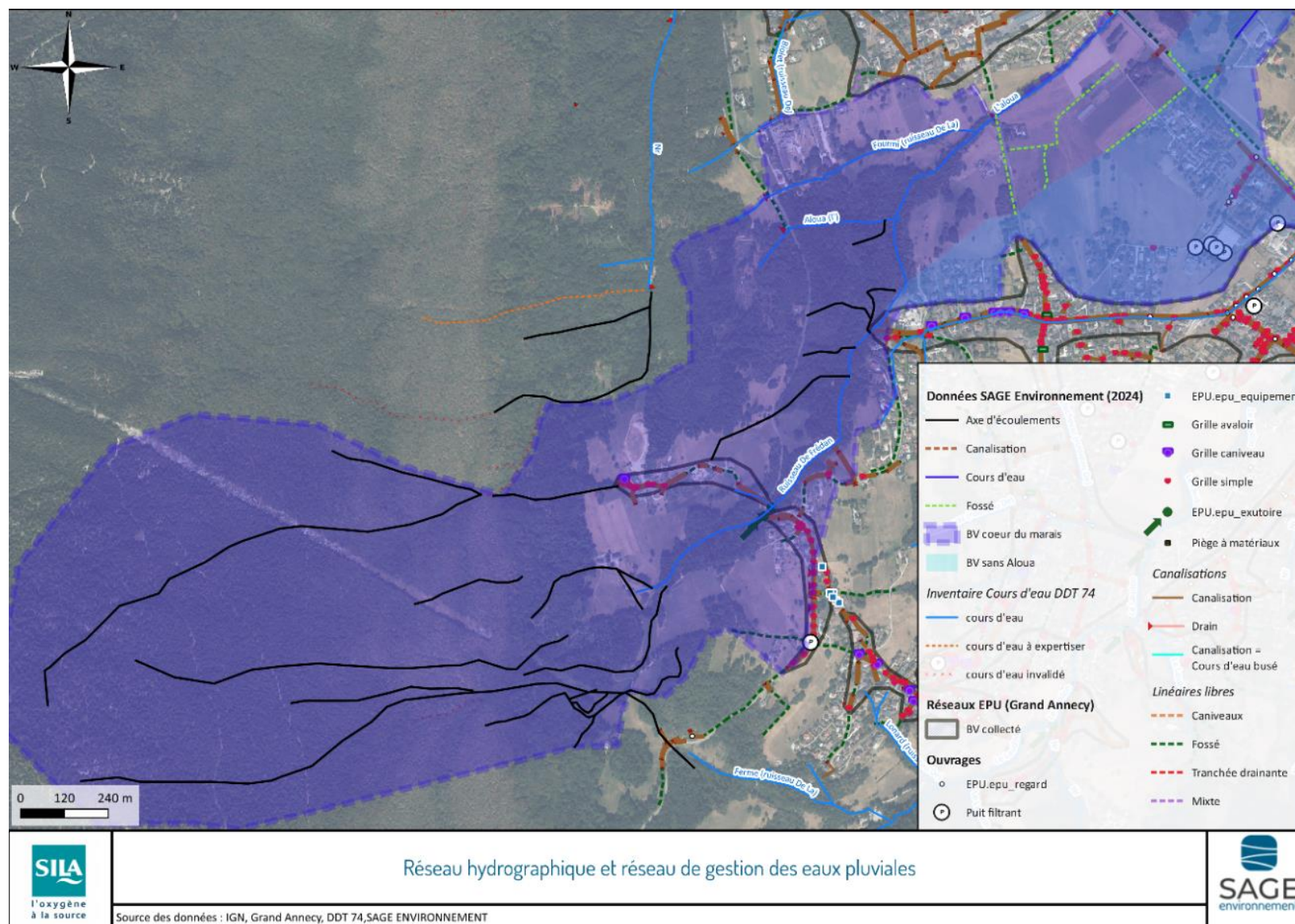


Figure 26 : Réseau hydrographique et ouvrages de gestion des EPU en tête de bassin versant au 1 / 12 000 -ème - Planche 1

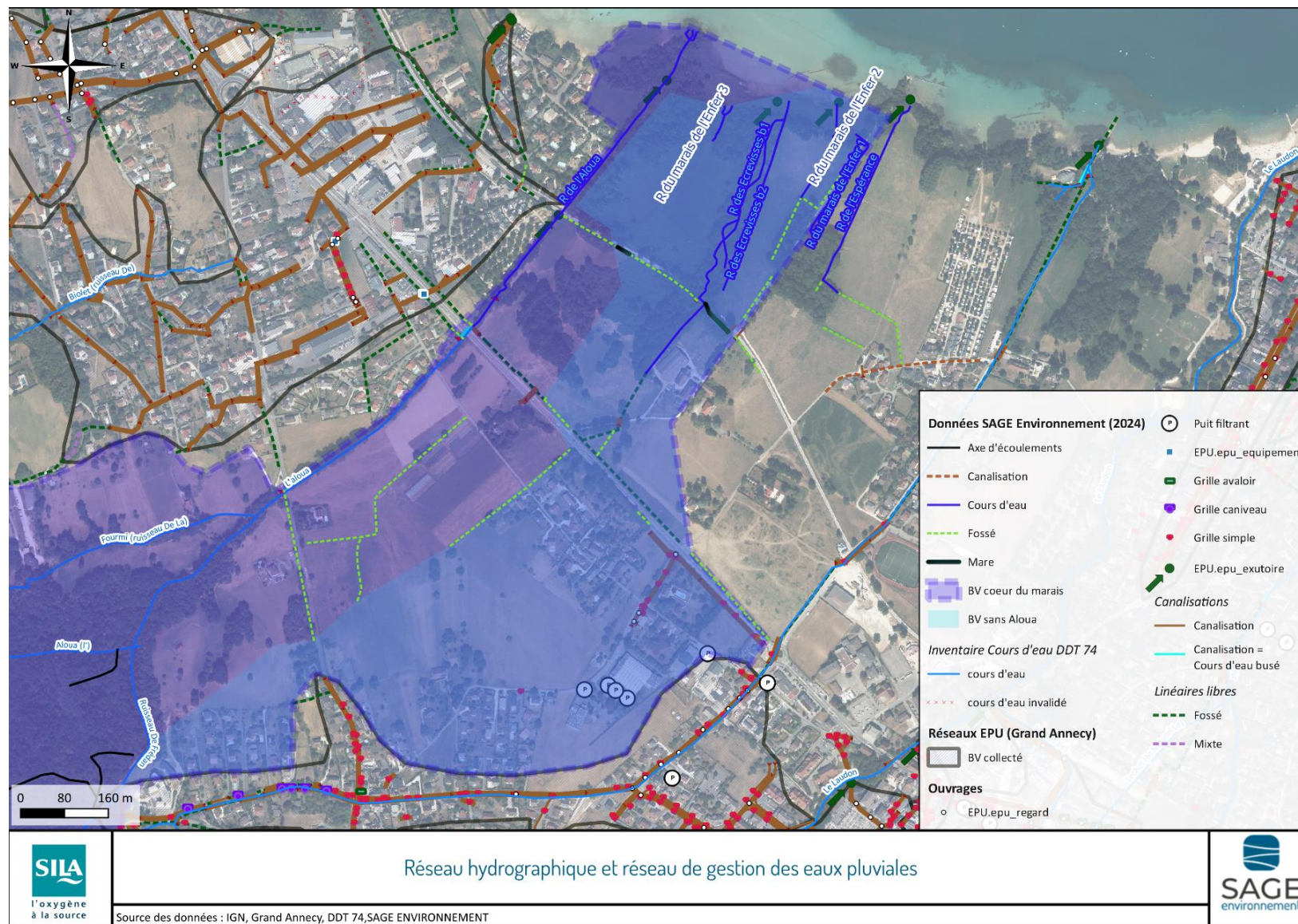


Figure 27 : Réseau hydrographique et ouvrages de gestion des EPU au 1/8 000 -ème au niveau du marais – Planche 2

II.5.2.3.b Interfaces avec le marais

b.1 Qualité des eaux

Après l'étude des données SIG (shapes) fournies par Grand Annecy et la prospection de terrain, il est possible d'indiquer la présence de :

- 4 rejets de canalisations dans le ruisseau de Frédan, affluent de l'Aloua,
- 4 fossés connectés à l'Aloua et un rejet de canalisation PVC (eau pluviale) en berge rive gauche (constaté sur site),
- 1 fossé connecté et 1 mare potentiellement connectée au ruisseau des écrevisses bras principal,

Les surfaces drainées sont faibles mais elles comprennent tant des surfaces enherbées qu'anthropisées (voiries, habitations) pour le ruisseau de Frédan et l'Aloua.

Les surfaces drainées pour les rejets dans le ruisseau des écrevisses bras principal sont des espaces naturels.

L'impact sur la qualité des cours d'eau n'est pas connue, mais la typologie des surfaces drainées laisse penser une qualité physico-chimique impactée par la présence d'hydrocarbures et autres polluants.

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.

b.2 Quantité d'eau

Lors du terrain l'ingénieur en hydraulique fluviale a parcouru le périmètre de l'ENS du marais afin de préciser les écoulements superficiels. Les éléments notables qui sont modifiés par rapport aux données bibliographiques sont les suivants :

- L'eau pluviale qui s'écoule au niveau du camping de l'Aloua ne rejoint pas l'Aloua, elle s'écoule à l'Ouest en dehors du périmètre du marais,
- L'eau pluviale en amont de la route départementale ne rejoint pas entièrement l'Aloua,
- Des fossés au sud de la voie verte qui sont connectés au ruisseau des écrevisses ou de l'Espérance n'existent pas ou sont des canalisations .

En parallèle de la définition du bassin versant réel il a été tracé le bassin versant topographique à partir des courbes de niveau issues du LiDAR. Ce travail est effectué afin d'estimer le rôle de la gestion des eaux pluviales sur l'impluvium du marais.

Tableau 5 : Comparaison des bassins versants réels et topographiques

	BV topographique (Km ²)	BV réel (Km ²)	Ecart %
BV cœur du marais	3.765	3.328	-13%
BV amont sans Alloua	0.562	0.560	0%
Total (Km ²)	4.33	3.887	-11%

La gestion des eaux pluviales a tendance à diminuer l'impluvium du marais de l'ordre de 0.4 km² soit 11 % de la superficie totale. Ce principal écart a lieu en amont rive gauche de l'Aloua avec une redirection d'une partie de l'impluvium du ruisseau du Biolet en dehors du marais. Cette différence est représentée sur la cartographie suivante qui met en avant une superposition des bassins versants.

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.

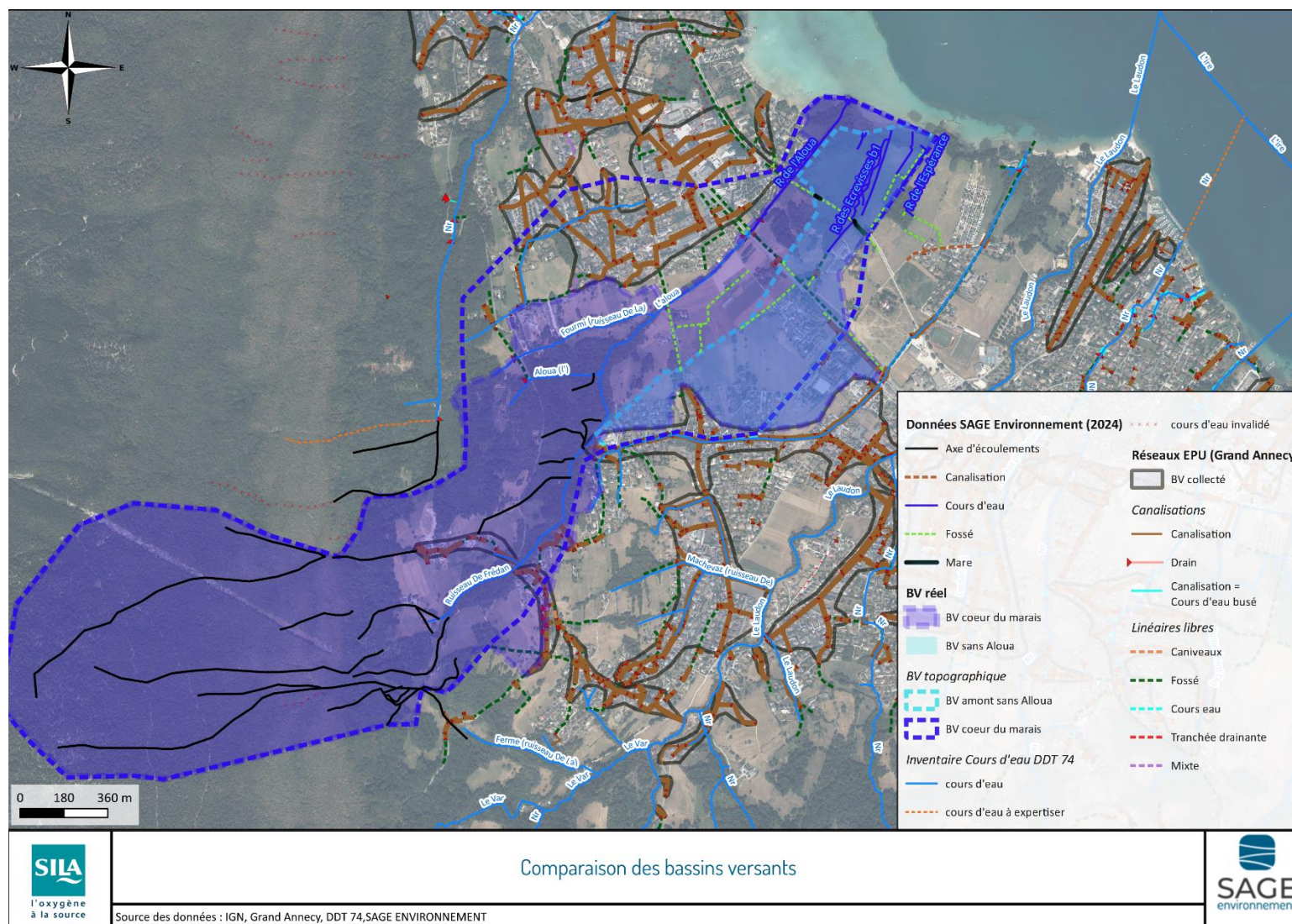


Figure 28 : Comparaison des bassins versants

II.5.2.4 Gestion des eaux usées

Au droit du marais il est noté la présence d'une nappe superficielle et un zonage du PPRn ce qui permet l'infiltration des eaux usées après traitement uniquement sous conditions.

A l'échelle de la commune de Saint-Jorioz, l'aptitude du sol est très limitée pour l'infiltration. Seul le ruisseau des Champs fleuris situé en dehors du bassin versant topographique du marais de l'Enfer est apte à collecter des rejets d'assainissement non collectif.

Les lotissements et camping à proximité de l'air d'étude sont raccordés au réseau collectif qui renvoi les eaux à Siloé (située à Cran-Gevrier) qui est la principale usine de dépollution (UDEP) des eaux usées du SILA.

Une canalisation passe au niveau de la voie verte, le SILA nous informe qu'en cas de fortes pluies, des tampons sont en charge et de l'eau diluée mais chargée en matière organique se déverse dans le marais à une fréquence environ biennale.

Les données SIG (shapes) ne mentionnent aucune information sur le mode de collecte et traitement des eaux usées pour quelques habitations isolées situées en zone rurale. Le Schéma général d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales du SILA indique la présence de 81 ANC sur la commune et que « en dehors des lieux-dits « *Chez Demaison* » et « *le Bouchet* », les installations ANC sont dispersées et leur faible impact sur le milieu ne justifie pas de travaux de raccordement ».

Une superposition des données SIG (shapes) des réseaux EU et EP a été effectué, le tracé des canalisations EU et EP est différent, lorsqu'il est similaire les tables attributaires indiquent un diamètre différent, le réseau est principalement séparatif entre les eaux usées et pluviales. La séparation des eaux est d'ailleurs une recommandation du document de gestion des eaux.

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.5.3 Ecoulements sub-surfaciques

Il est décrit ci-après les écoulements d'eau qui s'opèrent dans les premiers mètres du sol, ceux-ci peuvent être en interface avec l'eau superficielle et souterraine.

II.5.3.1 Piézométrie

II.5.3.1.a Présentation

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



Figure 29 : Localisation des piézomètres. Source : HYDROTERRE. 2024.

II.5.3.1.b Variations de la nappe d'accompagnement

b.1 Données 2024

Les données piézométriques de 2024 n'ont pas été étudiées en détails dans la mesure où les enregistrements piézométriques ont été réceptionnés en fin de rédaction du rapport et que la donnée est partielle (jusqu'à octobre et Ø ME3).

D'après la chronique de janvier à octobre 2024 les valeurs caractéristiques sont les suivantes :

- ME1 : Médiane = 0.48 m / Moyenne = 0.52 m,
- ME2 : Médiane = 0.30 m / Moyenne = 0.37 m

Ces valeurs sont proches de celles indiquées à la section suivante.

b.2 Synthèse des données existantes

Le tableau suivant extrait de l'étude de 2024 dresse les paramètres statistiques des séries de données, sur l'ensemble de la période disponible ainsi que sur la période avril 2019 / août 2023 commune aux trois ouvrages.

Tableau 6 : Niveaux caractéristiques des piézomètres. Source : HYDROTERRE.2024

Profondeur du niveau piézométrique (référence terrain naturel)	ME 1 valeurs mai 2010 à déc 2023	ME 2 valeurs avril 2019 à déc 2023	ME 3 valeurs déc 2014 à août 2023	ME 1 valeurs avril 2019 à août 2023	ME 2 valeurs avril 2019 à août 2023	ME 3 valeurs avril 2019 à août 2023
Minimum	0.05 m	0.07 m	0.13 m	0.12 m	0.07 m	0.13 m
1 ^{er} décile	0.17 m	0.12 m	0.22 m	0.28 m	0.12 m	0.22 m
1 ^{er} quartile	0.22 m	0.15 m	0.25 m	0.37 m	0.15 m	0.24 m
Médiane	0.39 m	0.25 m	0.30 m	0.44 m	0.25 m	0.28 m
3 ^{ème} quartile	0.59 m	0.67 m	0.38 m	0.70 m	0.63 m	0.34 m
9 ^{ème} décile	0.88 m	1.14 m	0.60 m	1.01 m	1.08 m	0.52 m
Maximum	1.33 m	1.46 m	1.09 m	1.31 m	1.45 m	1.09 m

Les graphiques suivants présentent les niveaux moyens mensuels entre 2018 et 2023 des piézomètres étudiés.

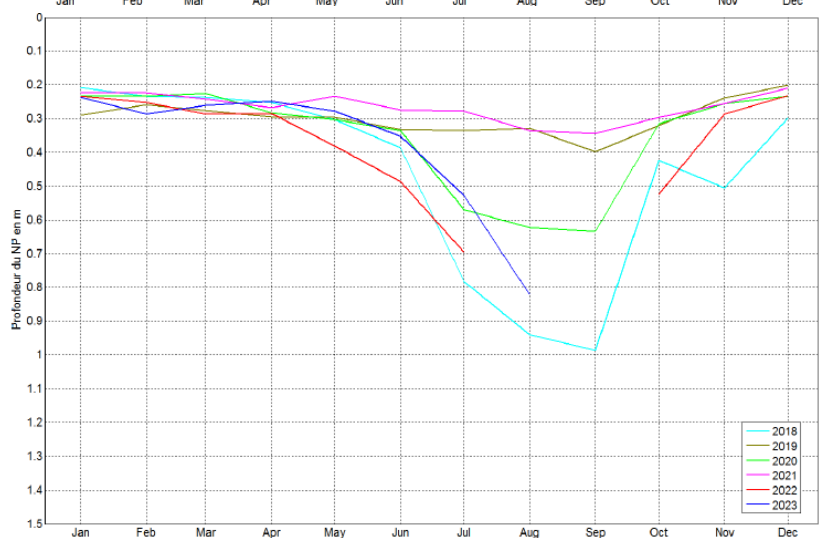
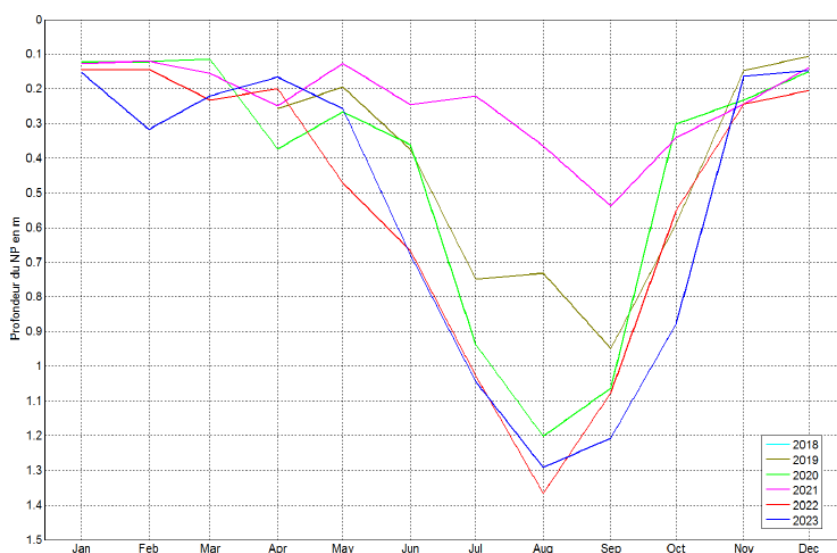
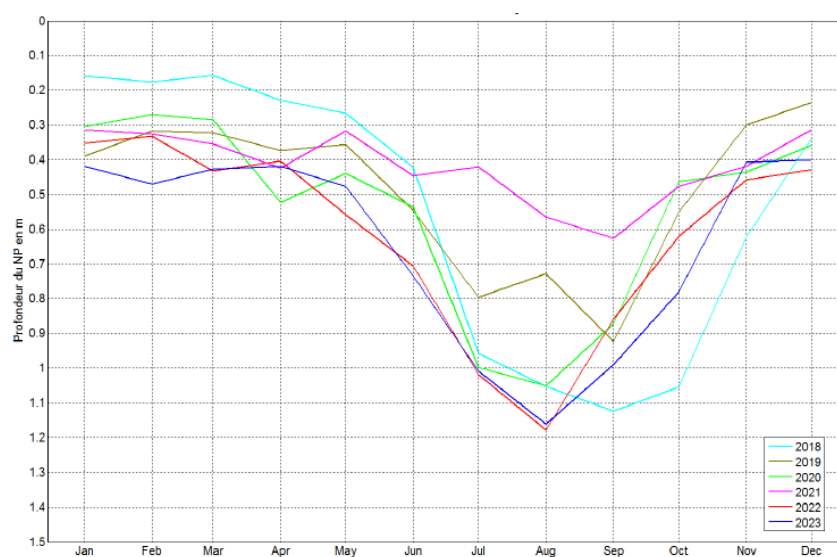


Figure 30 : Graphiques des niveaux piézométriques moyens mensuels entre 2018 et 2023. Source : HYDROTERRRE. 2024.

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 périodes de hautes eaux se reproduisent chaque année, avec une dispersion faible sur les piézomètres ME2 (le niveau remonte pendant l'hiver à une profondeur de 5 à 15 cm sous le terrain naturel) et ME3 (profondeur de 20 à 30 cm), un peu plus importante sur le ME1 (profondeur de 15 à 45 cm). Jusqu'à présent, **le système a pu retrouver chaque année des niveaux de hautes eaux.**

Les niveaux piézométriques hivernaux remontent durablement à **-10 cm pour le ME2, et à -20 cm pour le ME3**, sur ces secteurs **l'eau remonte en surface une partie de l'année**. Pour le **ME1**, le niveau remonte de -30/40 cm, **le secteur correspondant ne peut pas être considéré comme disposant d'eau en surface** pendant une partie de l'année.

Les tarissements estivaux sont plus ou moins marqués selon les ouvrages et selon le contexte météorologique estival :

- **ME1** : la baisse maximale observée est de 65 cm à 1,05 m. **Depuis 2010 l'amplitude du tarissement observé sur ME1 est légèrement plus importante avec une durée qui augmente significativement.** Le niveau s'est maintenu à une profondeur supérieure à 60 cm pendant 3 voire 4 mois d'affilée lors des années sèches récentes (2018, 2020, 2022 et 2023).
- **ME2** : la baisse maximale observée est de 70 cm à 1,30 cm. **Il est celui qui connaît les variations annuelles les plus importantes** : son niveau remonte jusqu'à une dizaine de centimètre du terrain naturel l'hiver, mais chute en période estivale et a dépassé 1,40 m en 2022 et en 2023.
- **ME3** : la baisse maximale observée est de 25 cm à 80 cm. **Le piézomètre ME3 est celui qui reste le plus durablement « noyé », et qui connaît les tarissements les moins marqués.**

Dans le contexte du changement climatique, les tarissements plus forts et surtout plus longs observés en 2022 et 2023 sont amenés à se reproduire avec une fréquence accrue à l'avenir.

b.3 Compléments et critique des données existantes

La première analyse d'HYDROTERRA concernant l'explication des variations piézométriques est complétée et nuancée :

- ME1 : outre le tarissement plus marqué, les niveaux des hautes eaux hivernales sont également de plus en plus basses. C'est surtout le cas pour ME1, perceptible sur ME2, mais pas encore visible sur ME3.
- ME2 et ME1 subissent de fortes variations piézométriques avec des valeurs plus importantes pour ME2, cela est multifactoriels :
 - L'Aloua n'alimente pas ces points par débordements ce qui limite les apports, aussi ce cours d'eau est sujets aux assecs,
 - La nappe d'accompagnement de l'Aloua (dont le fond n'est pas colmaté) alimente ces points,
 - la quantité d'eau augmente en progressant vers l'aval avec augmentation des apports par le ruisseau des écrevisses bras 1,
 - L'influence de la voie verte sur les écoulements de la nappe est inconnue,
 - Le sens d'écoulement n'est pas connu au centre du marais en aval de la voie verte car la topographie en plan est très homogène,
- L'ennoiement durable de ME3 est probablement expliqué par la proximité du ruisseau des écrevisses bras 1 qui est très connectif, les débordements sont possibles et le sens de la nappe d'accompagnement converge vers le centre du marais.

Le rapport indique un changement du comportement piézométrique sur ME1 avec un décalage de 15-25 cm du niveau piézométrique depuis 2018 avec pour hypothèse un abaissement du lit de l'Aloua par disparition

d'un seuil / embâcle. Ce processus est très probable puisqu'il est constaté sur le terrain une incision et des points durs temporaires. Ce niveau piézométrique peut alors encore être modifié. Ces analyses montrent un lien fort entre l'Aloua et la piézométrie du cœur du marais.

Il est aussi indiqué qu'il y a de l'eau de surface sur ME2 et ME3, ce point peut être nuancé puisque, sans pour autant connaître l'altitude exact des piézomètres par rapport aux terrains environnants, le niveau 0 n'est jamais atteint au piézomètre. Il semble plus prudent alors de parler d'un sol saturé ou de présence ponctuelle d'eau de surface.

b.4 Synthèse

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.

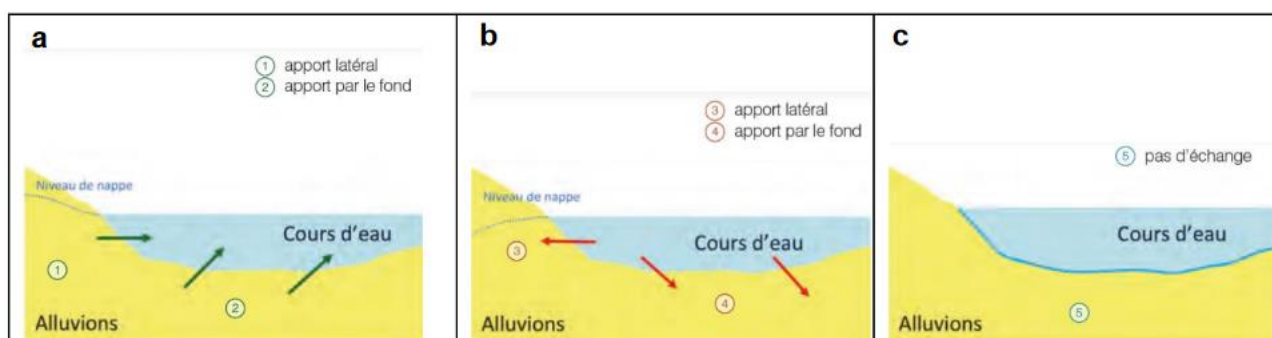
L'amplitude et la durée du tarissement augmente pour tous les piézomètres au fil du temps.

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

II.5.3.1.c Relation nappe d'accompagnement – ruisseaux

Pour ce qui concerne les interactions nappe/rivière, le guide technique des interactions nappe/rivière¹ publié en avril 2017, propose une typologie selon 6 principales configurations :

- De la nappe vers la rivière (cas a) ;
- De la rivière vers la nappe (cas b) ;
- L'absence d'échange observable (cas c) ;
- Le colmatage physique ou biologique (cas d) ;
- Les circulations complexes de type sous-écoulements et/ou mélange (cas e) ;
- Le recyclage ou échanges hyporhéiques (cas f)



¹ Paran F., Augeard B. (coordinateurs), 2017. Guide technique Interactions nappe/rivière : des outils pour comprendre et mesurer les échanges. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles, 102 pages

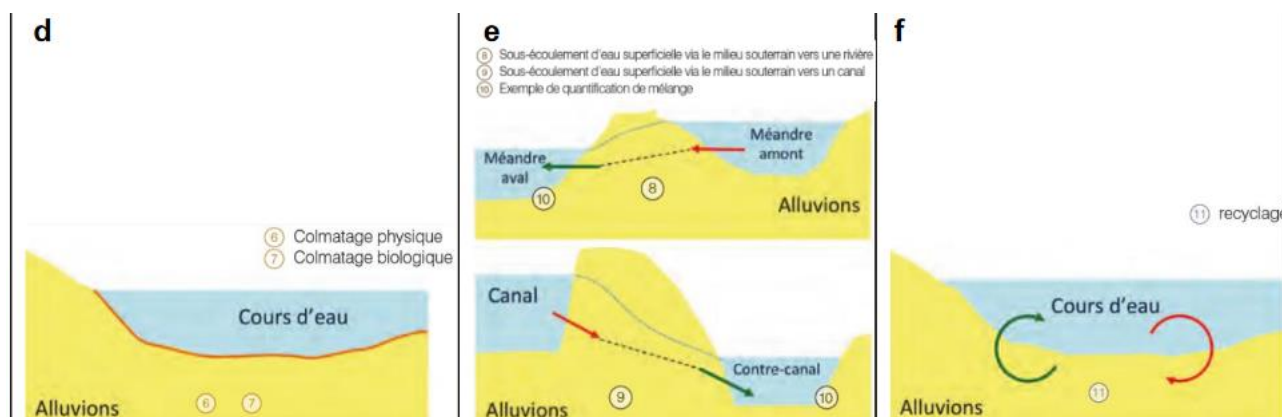


Figure 31 : Principales configurations de la typologie des échanges entre une nappe et une rivière (Auterives et al., 2017, d'après le guide interaction nappe/rivière de l'OFB)

Dans le cas présent, le ruisseau de l'Aloua qui n'est pas colmaté se trouve alternativement dans des situations d'alimentation ou de recharge de la nappe (cas a et b). Toutefois il ne participe pas à l'alimentation de l'habitat « 7230-Tourbières basses alcalines » sur une majorité de son linéaire en raison de points haut et bas en rive droite qui captent l'eau, il s'agit d'une zone de boisements.

Les cours d'eau partiellement ou totalement colmatés (Ruisseaux des Ecrevisses bras 1 et 2) doivent avoir des échanges plus complexes et irréguliers avec soit leur bief secondaire (cas e), soit avec le marais par circulations latérales. Le cas e a été constaté sur site avec la présence d'écoulement à travers le sol dans le sens bras principal à bras secondaire sur la partie aval. L'alimentation en eau de l'habitat « Tourbières basses alcalines » est possible mais limité par la présence de points haut et bas en rive gauche (boisements).

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.**

En préambule de l'analyse nous partons du postulat qu'au regard de la proximité des piézomètres (100 à 200 m) il est possible d'extrapoler les variations des niveaux piézométriques au droit des différents transects.

Il est utilisé les valeurs moyennes journalières par lecture graphique des figures 6-7, 6-9 et 6-11 du rapport de HYDROTERRRE (2024) avec un arrondi à 0.05 m :

Tableau 7 : Variations piézométriques en valeur absolue

Piézomètres (2018-2023)	Basses eaux (août-septembre)		Hautes eaux (décembre-février)		Médiane (m)
	Profondeur minimale (m)	Profondeur maximale (m)	Profondeur minimale (m)	Profondeur maximale (m)	
ME3	0.20	1.05	0.15	0.30	0.30
ME2	0.10	1.45	0.15	0.45	0.25
ME1	0.30	1.30	0.15	0.50	0.39

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 :

- ME3 : 449.80 m NGF,
- ME1 : 449.40 m NGF,
- ME2 : 450.90 m NGF,

Tableau 8 : 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

Il est présenté ci-après le graphique des profils en travers et des fuseaux de variations piézométriques.



Il est possible d'indiquer que le pendage de la nappe est directement corrélé à la topographie du terrain naturel et que les fuseaux de variations pour ME2 et ME3 sont resserrés autour de la médiane à l'exception des valeurs basses eaux H min qui atteignent des valeurs très basses. Les valeurs extrêmes pour ME1 sont plus étendues.

A l'échelle annuelle ME2 subit les plus fortes variations, et **seul ME2 et ME3 sont considérés comme « ennoyés » une partie de l'année.**

L'habitat 7230 « Tourbières basses alcalines » s'exprime jusqu'au ruisseau du marais de l'Enfer (3) lorsque les variations de topographies sont faibles (jusqu'à 80 m en aval de ME1).

Au niveau du transect 1 situé à 70 m en aval de la voie verte, il est possible d'indiquer que :

- **L'Aloua** a une altimétrie supérieure aux fuseaux piézométriques présentés, son fond n'est pas colmaté, **sa nappe d'accompagnement contribue donc à alimenter le marais quel que soit la période,**
- Il est possible d'indiquer qu'il y a un pendage de la nappe vers les ruisseaux des écrevisses bras 1 et 2

Au niveau du transect 2 situé à 180 m en aval de la voie verte, il est possible d'indiquer que :

- Lors des valeurs extrêmes hautes, l'Aloua et les points bas rive droite sont alimentés par le marais, ce phénomène s'inverse pour les valeurs extrêmes basses. **Les points bas rive droite semblent engendrer un rabattement de nappe en valeurs extrêmes basses, cette zone de boisement ne permet pas le développement de l'habitat Tourbières basses alcalines,**
- La nappe d'accompagnement des ruisseaux des écrevisses contribue à alimenter le marais quelque que soit la période, **le phénomène s'inverse donc de l'amont vers l'aval.** Toutefois, il existe des points bas en rive gauche au niveau de ME3 qui peuvent engendrer un rabattement localisé pour des valeurs extrêmes hautes.

En aval de ME3 :

- **L'Aloua contribue à alimenter le marais,**
- La topographie continue à diminuer selon un axe Est-Ouest **ce qui forme une dépression topographique, le centre du marais draine les eaux de l'Est et de l'Aloua,**
- Les deux ruisseaux des écrevisses drainent localement la nappe côté marais lorsque les valeurs hautes sont atteintes, en présence de valeurs basses la nappe d'accompagnement des ruisseaux alimente le marais. Cette tendance est à prendre avec précaution au regard de la précision des données topographique et de l'extrapolation.

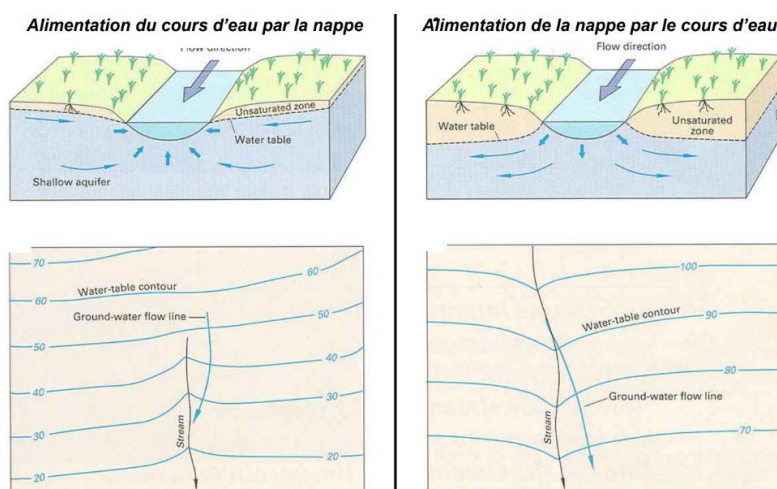


Figure 33 : Sens des échanges nappe-cours d'eau. Source :Brugeron et al., 2014, d'après Winter et al., 1998.

L'étude de 2024 n'aborde pas le pendage global de la nappe, ce qui reste difficile à définir au regard du faible nombre de piézomètres, leur emplacement et la topographie très hétérogène. Toutefois à l'aide des éléments susmentionnés il est proposé une cartographie synthétique du pendage de la nappe .

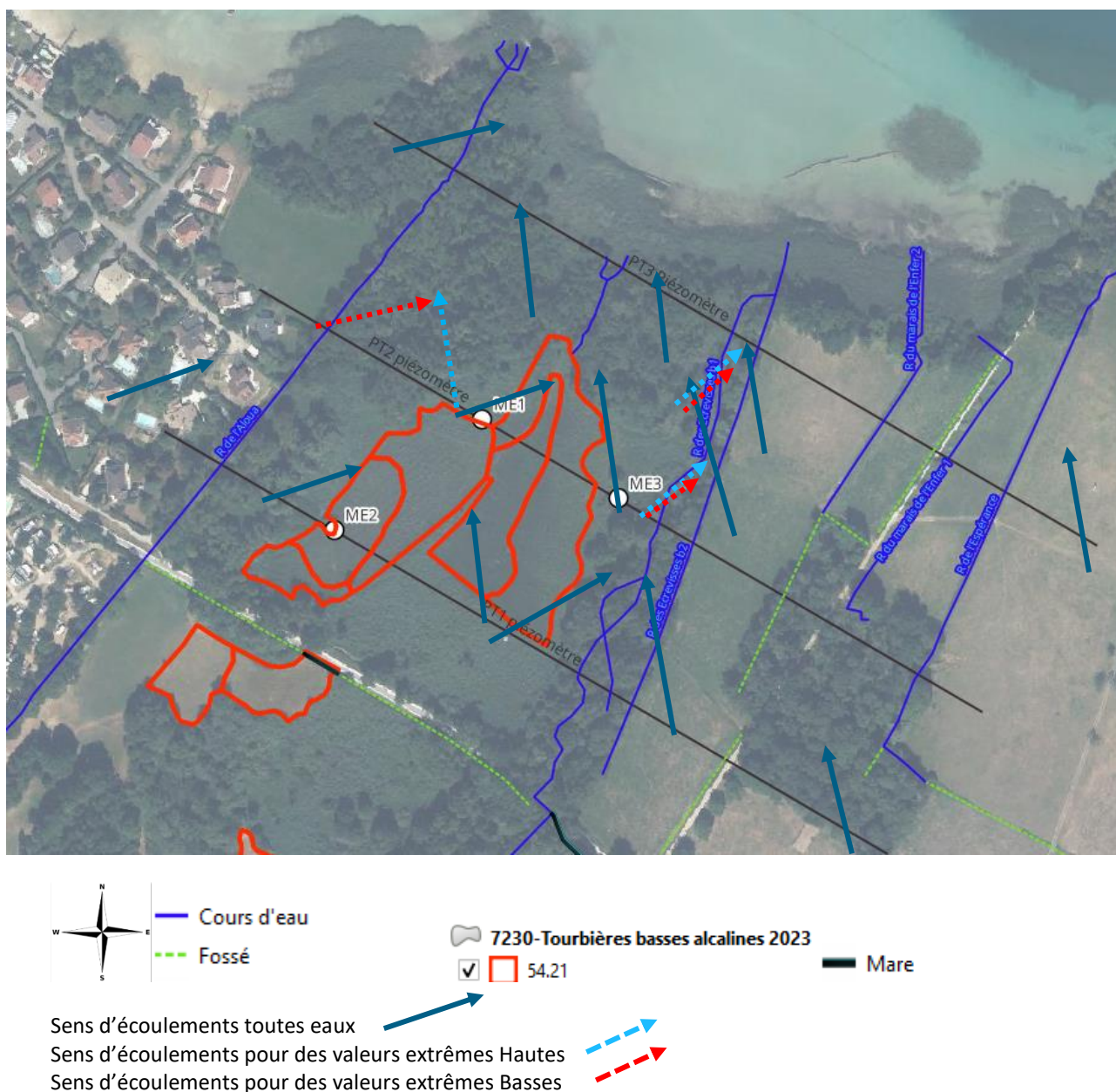


Figure 34 : Synthèse cartographique des écoulements sub-surfaciques au 1 / 3 500^{ème}

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).

II.5.3.1.d Relations nappe d'accompagnement - lac

Le marnage du lac est régulé pour que la variation ne soit pas plus importante que 20 cm. Ainsi le lac est maintenu au minimum à 446.77 m (hors période de sécheresse) et au plus haut à 446.97

Le rapport de 2024 sur le suivi piézométrique du Marais de l'Enfer indique que le marais dans la limite du piézomètre ME1 (situé à 120 m du lac) n'apparaît pas influencé de façon significative par les niveaux du lac.

Les précipitations sur le bassin versant du marais induisent une remontée d'eau dans les piézomètres ce qui confirme que l'alimentation se fait principalement par les eaux météoriques par l'infiltration et le ruissellement.

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.

II.5.3.2 Pédologie

Les sondages pédologiques nous informent que de l'eau circule fréquemment dans les horizons superficiels du sol puisqu'il a été constaté des traces d'oxydation ou de réduction dans les premiers 60 cm du sol au sein du cœur du marais. En marge, au niveau de la digue de Calliès la tendance est plus hétérogène avec des traces d'oxydation/réduction après 50 cm, ces zones ne sont pas classées en tant que zones humides.

L'étude de la piézométrie montre de larges variations selon les saisons.

L'étude de l'écologie des plantes du marais disponible à la section II.6.1.2.c indique qu'il y a la présence d'un sol gorgé d'eau au moins temporairement.

La présence d'argile dans le sol dès 10 cm de profondeur est un facteur qui semble favorable à la formation d'un milieu humide par rétention de l'eau et ralentissement de l'infiltration. Toutefois le sol n'est pas imperméable puisqu'il est démontré la présence de transfert d'eau horizontaux et verticaux.

On notera la présence sur les sondages d'un premier horizon de sol peu filtrant voir peu perméable, à dominante argileuse, qui semble suivre la topographie du site (sans analyse particulière), favorisant la rétention des eaux de ruissellement, augmentant les temps de transferts de l'eau dans le sol et limitant les capacités d'infiltration vers les horizons plus profonds. Ce contexte est favorable à l'expression d'une flore typique de bas marais alcalin.

La nature du sol est favorable à la rétention d'eau et la formation d'un milieu humide, les transferts d'eau horizontaux et verticaux ont lieu malgré une certaine imperméabilité.

II.5.4 Ecoulements souterrains profonds

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

La zone humide du marais de l'Enfer est située sur le cône de déjection formé par l'accumulation de matériaux charriés et déposés par le torrent du Laudon.

La masse d'eau souterraine qui concerne le site d'étude est constituée par les calcaires et marnes du massif des Bauges (FRDG144).

II.6 CONTEXTE ECOLOGIQUE

II.6.1 Habitats et flore

II.6.1.1 Présentation

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

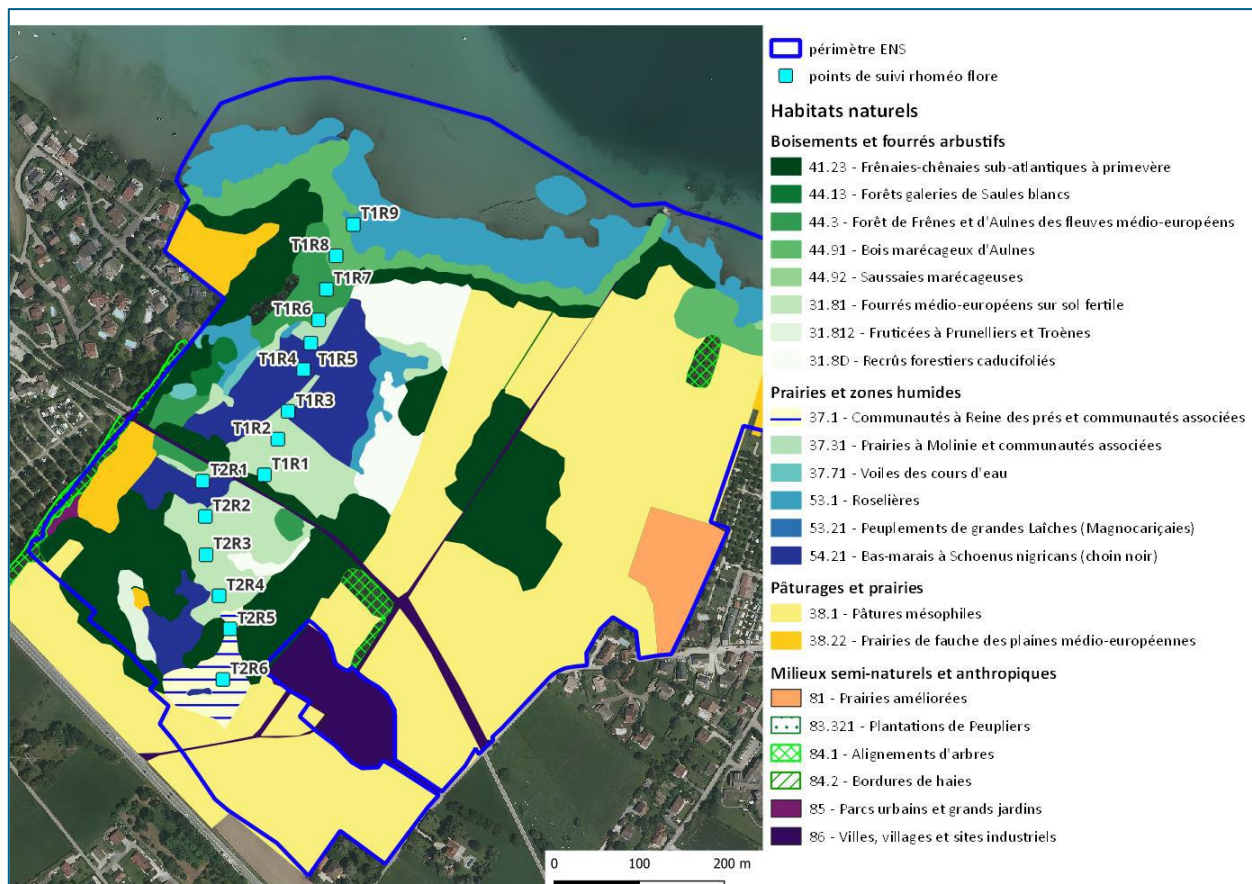


Figure 35 : Cartographie des habitats de 2023. Source : ASTERS

D'après le plan de gestion 2018-2023 basé sur un inventaire de 2017, le site d'étude abrite des habitats d'intérêt européens :

Tableau 9 : Habitats avec un intérêt européens. Source : plan de gestion 2018-2023

HABITATS				
Habitats (*prioritaires)	Code Natura 2000	Code CORINE	Surface	Correspondance phytosociologique
Les tourbières basses alcalines	7230	54.2, 54.21	4,325 ha	<i>Caricion davallianae</i> , <i>Schoenetum nigricantis</i> , <i>Caricetum davallianae</i>
Les prairies à Molinie	6410	37.31	1,61 ha	<i>Eu-molinion caeruleae</i>
Les pelouses calcaires sub- atlantiques semi arides	6210	34.32	0,48 ha	<i>Mesobromion</i>

HABITATS				
Habitats (*prioritaires)	Code Natura 2000	Code CORINE	Surface	Correspondance phytosociologique
Les pelouses maigres de fauche de basse altitude	6510	38.2	2,65 ha	<i>Arrhenaterion</i>
Les Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets	6430	37.715	0,14 ha	-
* Les forêts alluviales à Aulnes glutineux et frênes	*91E0	44.3	2,31 ha	<i>Salicion albae, Alnion incanae, Alno-Padion</i>

Concernant la flore, 291 espèces sont répertoriées dont 8 inscrites sur l'une ou plusieurs des listes d'évaluation.

Tableau 10 : Plan de gestion 2018-2023

ESPECES VEGETALES								
Nom vernaculaire	Nom scientifique	DH	PN	PR	PD	LRN	LRR	LRD
Liparis de Loesel	<i>Liparis loeselii</i>	An II	1			V	E	
Orchis des marais	<i>Anacamptis palustris</i>			1		V	E	
Orchis de Traunsteiner	<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>			1				
Orchis à fleurs lâches	<i>Anacamptis laxiflora</i>			1		V		Ex
Orchis odorante	<i>Gymnadenia odoratissima</i>			1		V		
Gentiane pneumonanthe	<i>Gentiana pneumonanthe</i>				1			V
Orchis incarnat	<i>Dactylorhiza incarnata</i>					V		
Pavot des moissons	<i>Papaver argemone</i>							V

DH Directive Habitats Faune Flore ; PN protection nationale ; PR protection régionale ; PD protection départementale ; LRN : liste rouge nationale ; LRR liste rouge régionale ; LRD liste rouge départementale

Il est également possible de constater la présence de plantes exotiques envahissantes, la plus problématique sur le périmètre d'étude est le solidage (*Solidago gigantea*). Son expansion menace directement le bon état de conservation des habitats d'intérêt communautaire.

II.6.1.2 Zoom sur le cœur du marais

II.6.1.2.a Habitats

Les formations rases du cœur du marais sont représentées par les habitats suivants :

- 54-21 – Bas marais à *Schoenus nigricans*,
- 37.31 – Prairies à Mollinie et communautés associées,
- 38.1 – Pâtures mésophiles ,
- Roselières,

Entre le cœur du marais et la rive droite de l'Aloua de végétation ligneuse avec les habitats 44.33 – Forêt de frênes et d'aulnes et 44.13- Forêt galeries de saules blancs. En rive gauche les boisements sont des chênaie-frênaie.

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.

II.6.1.2.b Enjeux de conservation

D'après le plan de gestion 2018-2023 l'enjeu de conservation prioritaire porte sur les **Tourbières basses alcalines** (Code Natura 2000 : 7230 et code Corine : 54.2) qui intègrent l'habitat **bas marais à *Schoenus nigricans*** (Code corine : 54.21).

Ce groupement présente un grand intérêt botanique car il héberge des espèces rares et d'intérêt. Ici il est représenté par 3 espèces indicatrices :

- Liparis de Loesel (*Liparis loeselii*)
- Orchis des marais (*Anacamptis palustris*)
- Gentiane pneumonanthe (*Gentiana pneumonanthe*)

Cet habitat est également celui visé dans le cadre de la présente étude pour la réhydratation du cœur du marais de l'Enfer.

II.6.1.2.c Description des Tourbières basses alcalines, de la végétation associée et de leurs besoins édaphiques

D'après l'Inventaire National du Patrimoine Naturel cet habitat correspond à la végétation des bas-marais neutro-alcalins rencontrés le plus souvent sur des **substrats organiques constamment gorgés d'eau** (mais non systématiquement) tourbeux. Il se caractérise par un cortège d'espèces typiques constituées de petites cypéracées (Laiches, Scirpes et Choins) et d'un certain nombre de mousses hypnacées, accompagné d'une multitude d'espèces dont des orchidées.

Le groupement « 54.21 Bas-marais à *Schoenus nigricans* (choin noir) » présent sur le marais de l'Enfer **est spécifique des tourbes saturées en eau alcaline, pauvres en nutriments, liées à une nappe superficielle (profondeur inférieure à 50 cm).**

Le Liparis de Loesel et l'Orchis des marais affectionnent l'habitat des Tourbières basses alcalines. Selon Bournérias & Prat (2005), **le liparis préfère des milieux marécageux ou temporairement inondés, alors que l'orchis des substrats humides à détrempés.**

La **Gentiane pneumonanthe** est caractéristique des habitats de prairie humide paratourbeuse (*Molion caerulae*). Il s'agit d'habitat à **sol humide à mésophile.**

Le liparis de Loesel et l'orchis des marais ont leur optimum écologique dans des habitats à niveau d'eau plus important que la Gentiane pneumonanthe mais avec une amplitude de variation plus faible.

II.6.1.2.d Suivi des habitats

ASTERS a mis en place un suivi pluriannuel du marais de l'Enfer depuis 2010 à partir d'indicateurs qui visent à évaluer l'état de la zone humide et en particulier de ces trois fonctions écologiques : hydrologique, biogéochimique et biologique.

Entre 2010 et 2023 il a été démontré statistiquement une baisse significative des indices :

- I02 - Indice floristique d'engorgement : permet d'apprécier le niveau moyen d'engorgement de la nappe,
- I08 - Indice de qualité floristique : qui rend compte du niveau global d'altération du régime naturel des perturbations (hydrologique, trophique,) auquel est soumis le site et de la richesse en espèces typiques des zones humides.

Il est possible de retenir en conclusion que :

- « La baisse de l'indice d'engorgement [...] conduit à une modification des conditions écologiques, notamment hydrologiques et physico-chimiques, et induit alors une **disparition des espèces inféodées aux zones humides. Une modification de la composition végétale due à une succession écologique est observée, avec une dominance progressive de la phragmitaie remplaçant le bas-marais en place. Les zones de bas-marais gérés, voit leur engorgement diminuer également.** Cette diminution, moins importante, est tout de même significative. Ce qui laisse penser que la gestion en place n'est utile qu'à ralentir le processus de dégradation, sans pour autant favoriser le maintien de conditions écologiques favorables aux bas-marais. ».
- « Concernant la baisse de l'indice de la qualité floristique dans les bas-marais, plusieurs informations importantes peuvent être notées. [...]. **Dans les placettes sans intervention, certaines espèces**

inféodées aux zones humides ont disparu (Schoenus nigricans), tandis que des espèces colonisatrices commencent à dominer (Phragmites australis et Molinia caerulea). Concernant les EEE sur les placettes en gestion, le recouvrement du *Solidago gigantea* n'est pas en augmentation, son expansion semble contenue, et seule une diminution relative des espèces liées aux zones humides est décelable. Le *Schoenus nigricans* est maintenu au fil du temps, tandis que le recouvrement de *Phragmites australis* diminue. ».

II.6.1.2.e Suivi des espèces indicatrices

Les trois espèces patrimoniales citées à la section II.6.1.2.b ont fait l'objet d'un suivi spécifique depuis 2011, le rapport de suivi piézométrique de 2022 indique que :

- La population de *Liparis de loesel* est très critique,
- Les conditions écologiques semblent être plus favorable à la gentiane des marais. La fauche favorise un habitat ouvert, qui lui est encore plus favorable,
- L'orchis des marais reste encore bien présent sur le site mais sa population est en nette régression.

Le rapport indique que les variations interannuelles des trois piézomètres (fortes amplitudes, même d'une dizaine de centimètre), est un facteur favorisant l'évolution de l'habitat de bas-marais alcalin vers une pairie humide méso oligotrophe à molinie.

Dans un contexte de changement climatique, de saison de plus en plus sèches et caniculaires cette tendance va se poursuivre.

En complément de ces éléments SAGE Environnement a fait des recherches sur le *Liparis de loesel*. Il est possible d'indiquer que les études sont anciennes et que la connaissance sur l'explication des variations interannuelles des populations sont partielles.

Il est toutefois possible de souligner les causes suivantes :

- Une période sèche lors du développement de la plante rend accessible les pousses aux mollusques qui s'en nourrissent,
- Une période d'enneigement prolongée en début de développement peut engendrer un pourrissement des plantules et une mortalité des individus,

Les suivi démographiques sont rendus difficiles s'il y a une absence de feuilles en période sèche et qu'il y a une dispersion des bulbes en hautes eaux par entraînement.

Le rapport d'ASTERS de 2022 indique qu'une période sèche lorsque la plante est en phase de dormance sous forme de bulbe peut favoriser la destruction des bulbes. Ces propos ne sont pas relatés dans des études scientifiques mais il est possible que les bulbes soient prédatés. En effet il sont facilement accessibles pour la faune puisqu'ils sont posés à même le sol.

Les études ne précisent pas les conditions d'enneigement nécessaires selon les stades de développement de la plante.

II.6.1.2.f Synthèse

Le site d'étude abrite 7 habitats d'intérêt européen et 8 espèces floristiques qui figurent sur une ou des listes d'évaluation. Le *Solidago 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.6.2 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 effectuée en 2017 données à partir de données collectées entre 2007 et 2017.

Les données sur cette thématique sont conséquentes, le marais de l'Enfer abrite une richesse faunistique importante, il est possible de noter :

- 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 une 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 assecs 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.7 ZONAGES A PORTEE REGLEMENTAIRES

La présente section fait état des zonages à portée réglementaire en interface avec le cœur du marais de l'Enfer à prendre en compte en phase de conception pour étude de la compatibilité des scénarios d'aménagements.

Tableau 11 : 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

III. Synthèse

III.1 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 influencer l'atteinte d'un objectif.

Concernant les potentialités d'aménagement, SAGE Environnement a pris le parti d'adopter une démarche de moindre impacts sur les boisements du marais (habitats long à former avec un fort intérêt écologique) malgré la présence de dysfonctionnements sur leur emprise (points bas et hauts non favorables à la divagation des eaux et entraînant un drainage). Des propositions techniques peuvent permettre d'atteindre les objectifs sans impacter ces boisements.

Il est ensuite défini à l'aide des 3 paramètres précédents les moyens à mettre en œuvre pour l'atteinte des objectifs. Il est décrit de façon synthétique le principe général des aménagements proposés qui devront être détaillés après choix des aménagements retenus par le maître d'ouvrage.

S'agissant d'une étude à l'échelle du marais de l'Enfer et de son bassin versant réel les actions proposées peuvent avoir lieu au droit d'infrastructures gérées par diverses structures. C'est pourquoi la dernière colonne renseigne les structures concernées et compétentes pour la mise en place des aménagements /actions. Ce tableau devra servir de base de réflexion pour le SILA afin de faire émerger les actions à retenir.

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 nécessaires pour augmenter l'apport en eau mais les opérations sont hétérogènes en termes de contraintes et de difficultés d'interventions. En effet si certaines opérations semblent simples à appliquer techniquement ; terrassement de fossé, modification de la gestion de la vanne de la mare ; ce n'est pas le cas pour la mise en place des ouvrages traversants au niveau des axes de circulation. En effet il est prévu une intervention sur des ouvrages existants ce qui engendrera des impacts temporaires ; déviations, interface réseaux, et des coûts de travaux plus conséquents. De plus, ces interventions concernent des ouvrages gérés par une structure différente que le SILA. Il est alors conseillé une action prioritaire sur les aménagements avec peu de contraintes et difficultés d'interventions. Les autres devront probablement faire l'objet d'un temps de réflexion et de concertation plus long.

Les propositions d'aménagements ne tiennent pas compte de la maîtrise foncière au-delà de la section II.2.1.

Tableau 12 : 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’ennoiement			*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.2 PREMIERE APPROCHE SUR L'OBJECTIF DE REHYDRATION

Il est proposé ci-dessous une ébauche de la démarche à appliquer pour l'atteinte de l'objectif d'hydratation du marais.

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 détrempé, 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**. Les gradations topographiques permettront ensuite le déplacement de l'espèce et l'expression de milieux diversifiés support des espèces indicatrices dont les besoins sont plus éloignés de cet optimum.

L'objectif de réhausse de la nappe d'accompagnement ne peut se baser sur les périodes de basses eaux qui ont des valeurs de tarissement très importantes, cela pourrait conduire à inonder le marais ce qui n'est pas favorable aux espèces indicatrices. Dans ces conditions il est recommandé **de réhausser le toit de la nappe** à :

- **une valeur moyenne supérieure ou proche de 0** pour permettre l'ennoisement en période de hautes eaux,
- 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),
- Avec une fréquence maximale de jours de tarissement < 50 cm.

En agissant sur la réhausse des niveaux il sera possible de réduire la profondeur du tarissement en période sèche.

III.3 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 fossés à reconnecter pour réalisation de la conception,
- 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 projeté de reméandrage de l'Aloua et du ruisseau des écrevisses bras 1 afin de définir la nécessité de reconstituer un matelas alluvial et la présence de déchets (réalisation d'analyses ISDI le cas échéant),
- 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 (pour le reméandrage),
- 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 s'il y a une fondation étanche pouvant interférer avec les eaux sub-surfaciques (sondages géotechnique, dossier projet, etc),
- Données sur les réseaux en interface avec l'emprise travaux,
- Données faune-flore pour élaboration d'un dossier réglementaire,

A ce jour il n'est pas souligné de données manquantes pour la définition de **scénarios au stade faisabilité (phase 2)**. Cependant le calage altimétrique et le dimensionnement des aménagements au stade Avant-Projet pour l'atteinte des objectifs de restauration nécessite l'acquisition de données complémentaires. La différence principale entre ces deux phases est le dimensionnement des aménagements.

III.4 DISCUSSION

La présente étude a mis en avant les dysfonctionnement identifiés sur le marais :

- L'Aloua n'alimente pas par débordement le centre du marais, sa nappe d'accompagnement est drainée par les points bas situés en rive droite ce qui n'est favorable à l'alimentation de l'habitat Tourbières basses alcalines,
- Le ruisseau des écrevisses bras 1 est favorable aux débordements mais celui-ci se retrouve incisé en partie amont par rapport au marais (il draine les écoulements surfacique et la nappe). Il est ensuite contraint par des points bas et haut sur l'aval (boisements) ce qui limite la divagation des écoulements. Aussi il est drainé par le bras secondaire.
- La connexion hydraulique du réseau secondaire en amont du ruisseau des écrevisses bras 1 n'est pas optimale ; absence d'ouvrage traversants, modalité de gestion des ouvrages, etc,
- La voie verte joue un rôle de renvoi des eaux de surfaces dans les ruisseaux ce qui ne permet pas une alimentation par écoulements diffus de l'aval qui abrite l'habitat Tourbières basses alcalines,

L'étude propose un panel d'actions permettant d'augmenter la quantité d'eau de surface sur le marais et de limiter l'effet de drainage. SAGE Environnement préconise une priorisation sur le réseau hydrographique principal.

Aussi il a été souligné la nécessité d'acquérir des données complémentaires pour préciser et dimensionner les aménagements au stade Avant-Projet. S'il semble possible de définir l'objectif d'ennoiement dès la phase de faisabilité ce n'est pas le cas pour la géométrie et les dimensions précises des aménagements.

Les opérations d'aménagements sont favorables à l'amélioration de l'hydratation du marais et à 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 diminution de l'amplitude des variations piézométrique grâce à la réhausse du toit de nappe et la limitation du drainage.** Le milieu sera alors plus résilient car la baisse des niveaux d'eau sera progressive et moins importante.

Il semble cependant important de rappeler les conclusions des expertises scientifiques sur le marais :

- Une succession écologique est en cours avec un remplacement de Tourbières basses alcalines par la phragmitaie,
- La succession écologique décrite est favorisée par l'augmentation des amplitudes et de la durée du tarissement du marais en lien avec le changement climatique dont la tendance tend à se poursuivre.

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.