

ETUDE PRÉALABLE POUR LA RESTAURATION DU LAC DE BONLIEU ET DU HÉRISSON (JURA)

PHASE 1 : ETAT DES LIEUX & AVANT-PROJET DÉTAILLÉ



VERSION PROVISOIRE DU 25.05.2020

Maître d'Ouvrage :



Document élaboré par :



Impressum

Maître d'Ouvrage

Fédération du Jura pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique

395, rue Bercaille

39000 LONS-LE-SAUNIER

Tel.: 03 84 24 86 96

Contact

Jean-Baptiste Fagot (jean-baptiste.fagot@peche-jura.com)

Mandataires

¹ Teleos Sàrl

Mandataire principal,

Hydrobiologie,

Les Rangiers 11E

CH-2883 Montmelon

Tél: :+41 (0)78 743 48 00

www.teleos.info

² HTV

Sous-traitant

Hydraulique

32, chemin de Bier

F-38110 Ste-Blandine

04 74 83 39 12

contact.htv@orange.fr

³ Rémi Caille

Sous-traitant

Hydrogéologie

4 les Berrods Prénovel

F-39150 Nanchez

Tél. : 03 84 33 75 13

contact@hydrogeologie-caille.com

⁴ Acer campestre

Sous-traitant

Floristique

20, rue Pré Gaudry

F-69007 Lyon

Tel : 04 78 03 29 20

s.nobilliaux@acer-campestre.fr

Auteurs

Guy Périat ¹ : periat@teleos.info

Hervé Décourcière ¹: herve.decourciere@gmail.com

Jonathan Paris ¹: paris@teleos.info

Daniel Schlunke¹: daniel.schlunke@bluewin.ch

Avec la participation de :

Pierre Grandidier² : pierregrandidier@orange.fr

François Degiorgi ¹: francois.degiorgi@orange.fr

Simon Nobilliaux ⁴: s.nobilliaux@acer-campestre.fr

Rémi Caille³: contact@hydrogeologie-caille.com

Page de titre : vue panoramique du lac de Bonlieu (www.fr.ihacom.ch)

Remerciements

Nous remercions la Fédération de Pêche du Jura (FDPPMA39) ainsi que la Mairie de la commune de Bonlieu pour les divers documents transmis ainsi que leur patience et leur confiance accordées.

RESUME

Le lac de Bonlieu est un site touristique renommé du département du Jura. Il s'agit de l'une des sources du Hérisson sur la commune de Bonlieu en amont des cascades bien connues. Ce site souffre de problèmes de qualité d'eau depuis plusieurs décennies. Les profondeurs du lac se désoxygènent systématiquement en période de stratification estivale. La biocénose, tant lacustre, uliginaire que fluviale est en mauvais état de conservation. Si rien n'est engagé pour la sauvegarde et l'amélioration de ce milieu humide remarquable, son intérêt écologique, halieutique et aussi touristique est menacé. Dans cet objectif, une étude préalable visant à réaliser un état de lieux et à développer un premier projet de restauration a été engagée par la Fédération de pêche du Jura.

Il ressort que les problèmes écologiques rencontrés sont provoqués par des atteintes à la morphologie du cours d'eau, du lac et de la zone humide ainsi que par une pollution des eaux. Si l'origine précise des atteintes à la qualité de l'eau demeure inconnue, les causes des dysfonctionnements physiques sont établies. A des fins agricoles, les moines de l'Abbaye de Bonlieu (1170-1789) ont rectifié le Hérisson, abaissé le niveau naturel du lac et drainé les zones humides.

Actuellement, l'exploitation agricole est limitée à de la fauche et de la pâture extensives sur une toute petite partie résiduelle. La plupart des usages du site est abandonné et aucune infrastructure n'est présente. Aucune contrainte anthropique rédhibitoire ne s'oppose à un projet ambitieux de restauration du fonctionnement morphologique de l'ensemble du site.

Il conviendrait ainsi de reméandrer le Hérisson, de retrouver le niveau historique du plan d'eau et de la nappe d'accompagnement dans la zone humide ainsi que de combler les drains actifs tout en supprimant la végétation indésirable. Avec ces actions de restauration, la rivière Hérisson retrouverait une dynamique alluviale, le lac un fonctionnement naturel et la zone humide une évolution de milieu ouvert à forte biodiversité. En outre, la ressource en eau serait augmentée et la réduction des assecs observés régulièrement en aval pourrait être espérée.

Un premier budget de 700'000 euros peut être estimé. Néanmoins, des études géotechniques et spécifiques sont encore nécessaires afin de préciser les modalités de mise en œuvre du projet. Elles permettront assurément d'optimiser les dépenses, valider les options d'aménagements et rallier tous les acteurs locaux à ce programme essentiel pour la sauvegarde durable de ce milieu naturel d'exception.

Mots clefs : Lac de Bonlieu – Hérisson – Restauration – zone humide – ressource en eau

Table des matières

1	PROBLÉMATIQUE	4
1.1	CONTEXTE & OBJECTIFS	4
1.2	SITUATION GÉOGRAPHIQUE	5
1.3	BILAN ECOLOGIQUE	5
2	RECHERCHES DES CAUSES DE DYSFONCTIONNEMENTS	9
2.1	SYNTHÈSE DES ARCHIVES.....	9
2.2	LECTURE DE LA TOPOGRAPHIE	11
2.3	ANALYSE PÉDOLOGIQUE	14
2.4	CAUSES DE PERTURBATIONS LES PLUS PROBABLES.....	16
2.5	CONSÉQUENCES DES PERTURBATIONS	17
3	DESCRIPTIF DU PROJET	23
3.1	ARGUMENTAIRE EN FAVEUR D'UNE RESTAURATION	23
3.2	BASE D'ÉTABLISSEMENT DE LA RESTAURATION.....	24
3.3	PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT.....	25
3.4	CHIFFRAGE.....	29
4	IMPACTS DU PROJET.....	30
4.1	INCIDENCE HYDRAULIQUE DE L'AMÉNAGEMENT	30
4.2	EXPLOITATION AGRICOLE ET USAGES FUTURS SOUHAITÉS.....	31
4.3	ÉTAT MORPHOLOGIQUE PROJETÉ	31
4.4	ÉVOLUTION PROBABLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU	31
4.5	QUALITÉ DE LA FAUNE AQUATIQUE ESComptÉE	31
4.6	ÉTAT PHYTOSOCIOLOGIQUE ESPÉRÉ	32
5	BIBLIOGRAPHIE.....	33
6	PLANS.....	34

1 Problématique

1.1 CONTEXTE & OBJECTIFS

Le lac de Bonlieu constitue une des perles touristiques du Département du Jura. Entouré de verdure, ce plan d'eau possède des berges et des abords non aménagés. Il s'agit de l'une des sources de la rivière Hérisson, à quelques kilomètres en amont des fameuses cascades. Cet écrin de verdure et d'eau représente donc un milieu naturel remarquable, ciblé comme Espace Naturel Sensible (ENS) de priorité 1, partie intégrante d'une Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) et inscrit dans le programme européen Natura 2000. De nombreux habitats et espèces d'intérêt communautaire peuvent y être rencontrés et le réseau hydrographique est également utilisé en aval pour l'alimentation en eau potable.

Malheureusement, l'état de conservation écologique de ce site paysager exceptionnel est problématique. Depuis plus de 30 ans, le plan d'eau souffre d'un excès de matière organique, d'origine non déterminée. Une partie de l'année, les couches profondes du lac sont totalement désoxygénées, ce qui affecte le développement harmonieux des biocénoses aquatiques. De nombreuses études diagnostiques multidisciplinaires en témoignent¹⁻⁶.

Parallèlement, l'intérêt écologique de la zone humide associée est remis en cause par un enforestement croissant qui ferme, petit à petit, ce milieu ouvert. Enfin, le ruisseau du Hérisson apparaît rectiligne et s'assèche régulièrement sur une partie du linéaire concerné par l'étude.

Fort de ce constat peu réjouissant, la Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique associée à différents partenaires (Département du Jura, Région Bourgogne Franche-Comté, PNR Haut-Jura, CEN-Franche-Comté, Commune, Agence de l'eau) a lancé une étude visant à proposer un projet de restauration morphologique ambitieux.

Après consultation, le groupement de bureaux d'étude Teleos, HTV, Acer Campestre et Rémi Caille a été choisi pour réaliser cette mission. Les objectifs suivants ont été définis :

1. Réaliser un état initial du cours d'eau (inventaires piscicole, macrobenthique, phytosociologique et évaluation de la qualité habitationnelle des habitats aquatiques)
2. Compléter les connaissances générales sur l'alimentation hydrologique du lac
3. Acquérir des données complémentaires (topographie, pédologie, hydraulique, etc.) pour évaluer la faisabilité technique et l'impact d'éventuels travaux de restauration
4. Proposer un ou plusieurs scénarii de restauration en prenant en tenant compte des enseignements mis en évidence, des contraintes environnementales, foncières, socio-économiques et d'usages
5. Élaborer l'avant-projet détaillé du projet de restauration retenu par le comité de pilotage
6. Établir les dossiers réglementaires nécessaires à l'instruction de la demande d'autorisation de travaux
7. Définir les protocoles de suivi écologique et géomorphologique à mettre en œuvre pour évaluer le succès du projet de restauration.

Les points 1) et 2) ont fait l'objet de rapports spécifiques thématiques présents en annexe. Les points 3) et 4) ont alimenté de nombreux échanges avec le comité de pilotage lors de réunions techniques pendant lesquelles des supports de présentation ont été communiqués. Le point 5 constitue l'objectif du présent document. Les points 6 et 7 seront réalisés *a posteriori* une fois que le projet sera définitivement validé et que d'autres études complémentaires, sur la qualité d'eau notamment, seront achevées.

1.2 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le secteur concerné dans cette étude s'étend du lac de Bonlieu aux pertes du Hérisson en aval de la route du lac (D75E1) (Figure 1.1).

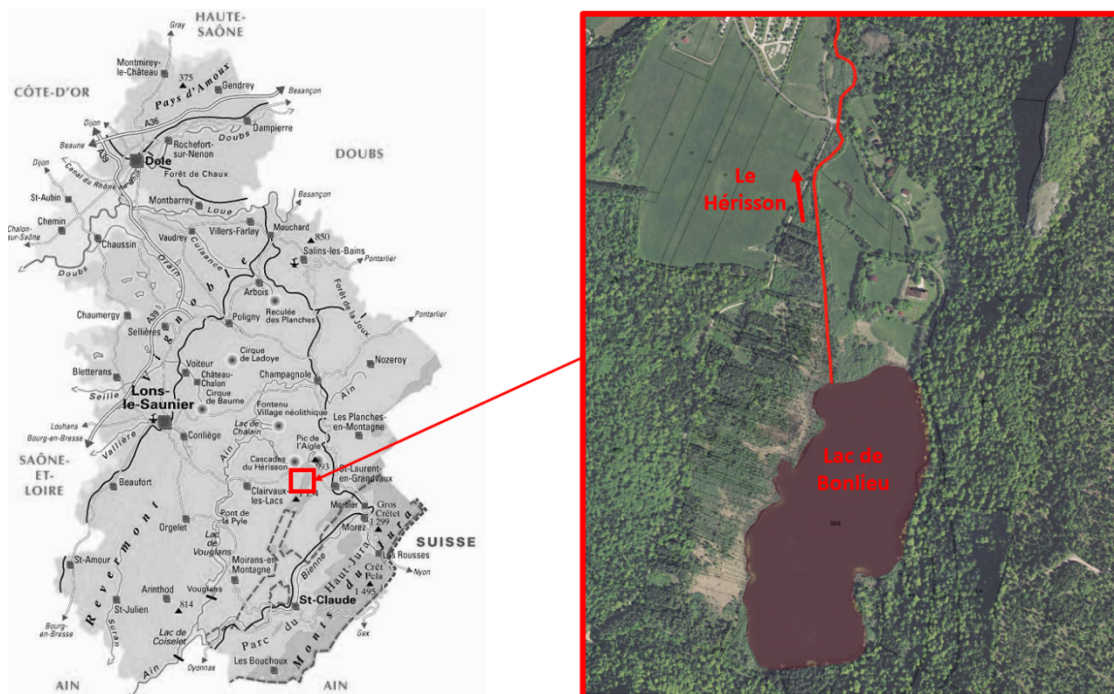


Figure 1.1 : Situation géographique et parcellaire du secteur d'étude

Le projet se situe dans le département du Jura sur la commune de Bonlieu (39130).

1.3 BILAN ÉCOLOGIQUE

Dès les années 70, diverses études diagnostiques dénoncent la médiocre qualité écologique du lac de Bonlieu. Les études de Barbe⁷, du SRAE¹, de Mouthon² de Verneaux⁸ sont unanimes : le lac souffre d'un excès d'apport en matière organique provoquant une désoxygénation récurrente des couches profondes du plan d'eau en été et en automne. Les conséquences sur la variété faunistique sont fortes : des mollusques jusqu'aux poissons, le lac de Bonlieu se distingue nettement et négativement de la situation observée sur les autres plans d'eau franc-comtois.

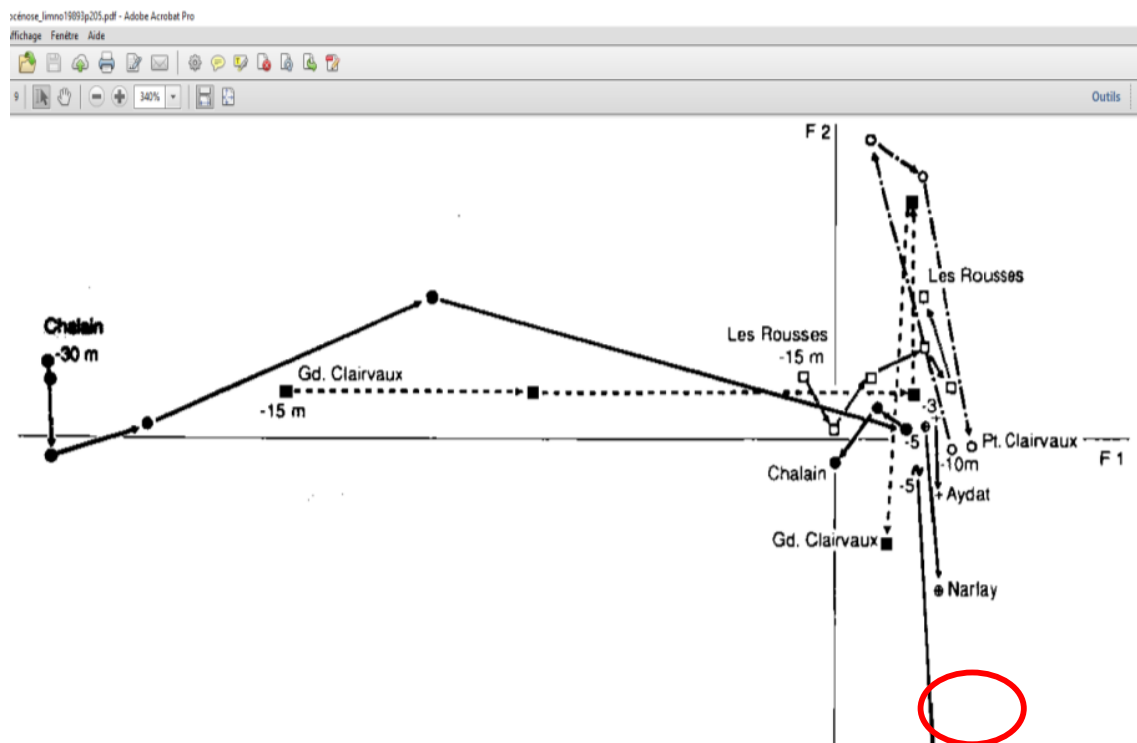


Figure 1.2 : Classement du lac de Bonlieu à l'aide des mollusques (extrait de Mouthon²)

Diversité taxons

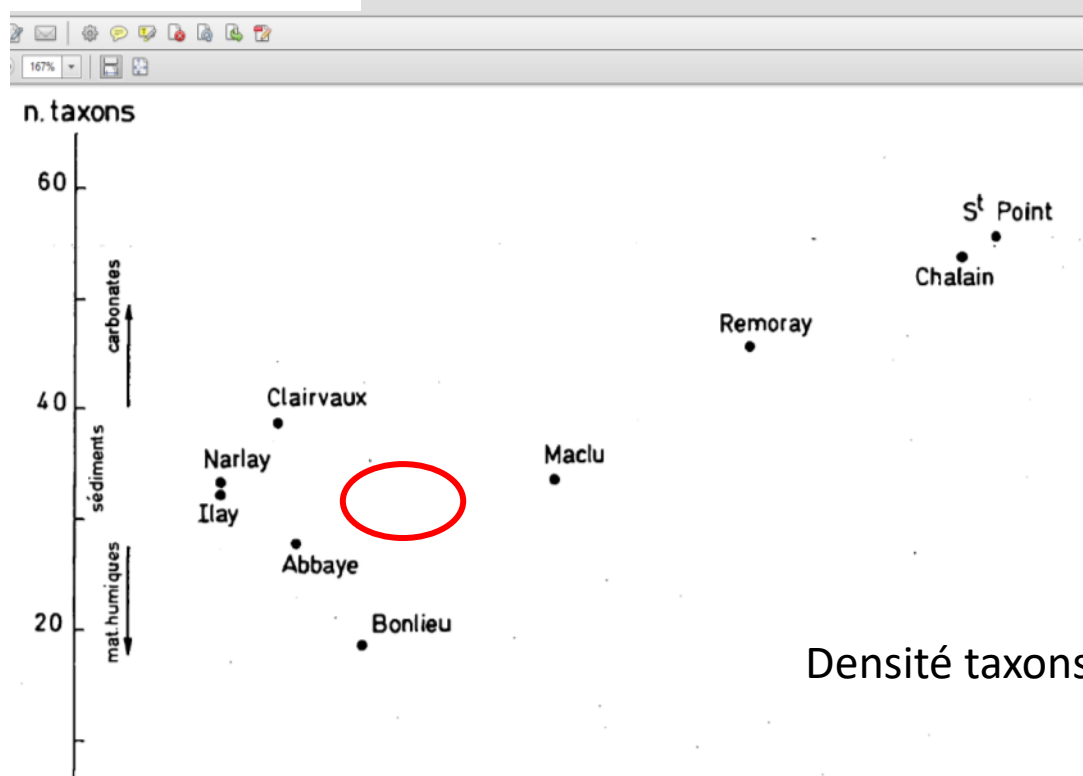


Figure 1.3 : Classement du lac de Bonlieu à l'aide du macrobenthos en général (extrait de Verneaux⁸)

Cette situation est confirmée dans les années 2000 par les diverses études effectuées^{3,9} dans le cadre de la mise en place du Réseau Natura 2000 et de son document d'objectif. Enfin, la synthèse réalisée récemment par Fagot⁵ confirme le mauvais état de conservation du plan d'eau de Bonlieu et de son émissaire le Hérissou.

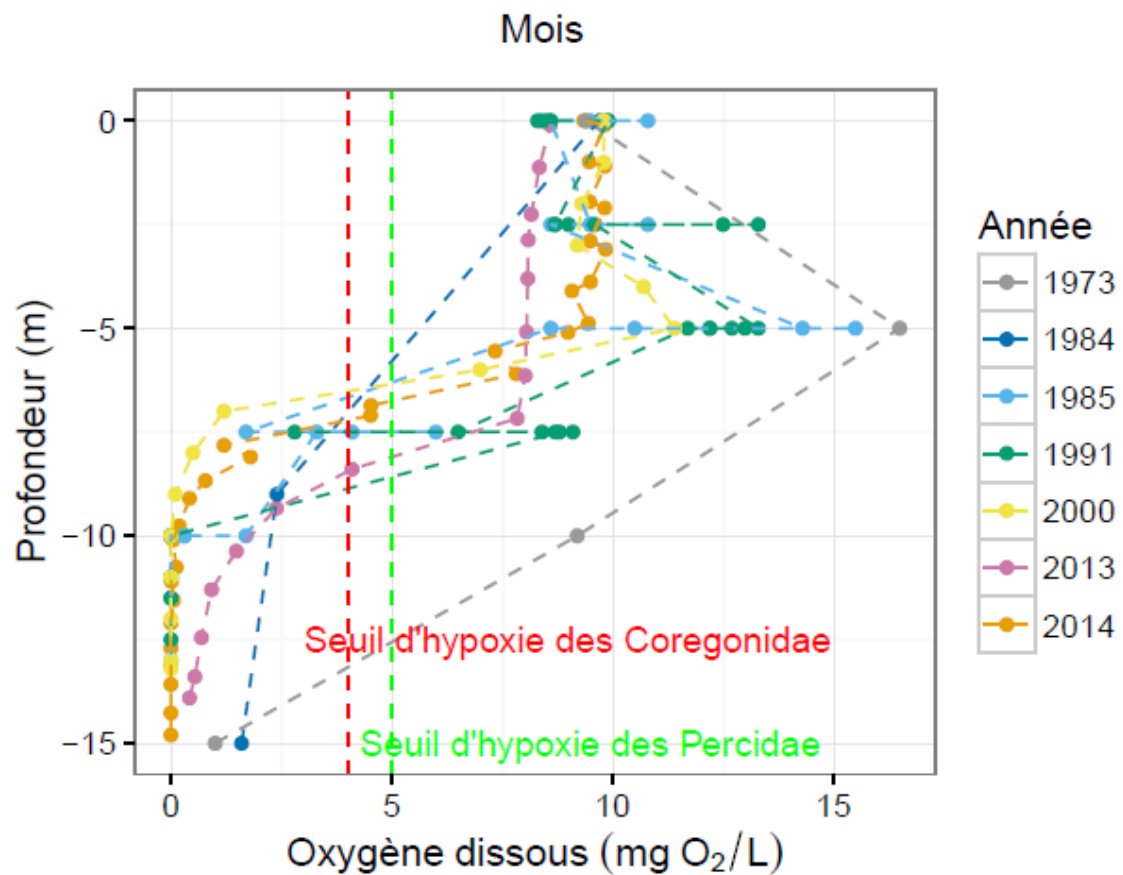


Figure 1.4 : Oxygène dissous dans la colonne d'eau du lac de Bonlieu en 2014 (extrait de Fagot⁵)

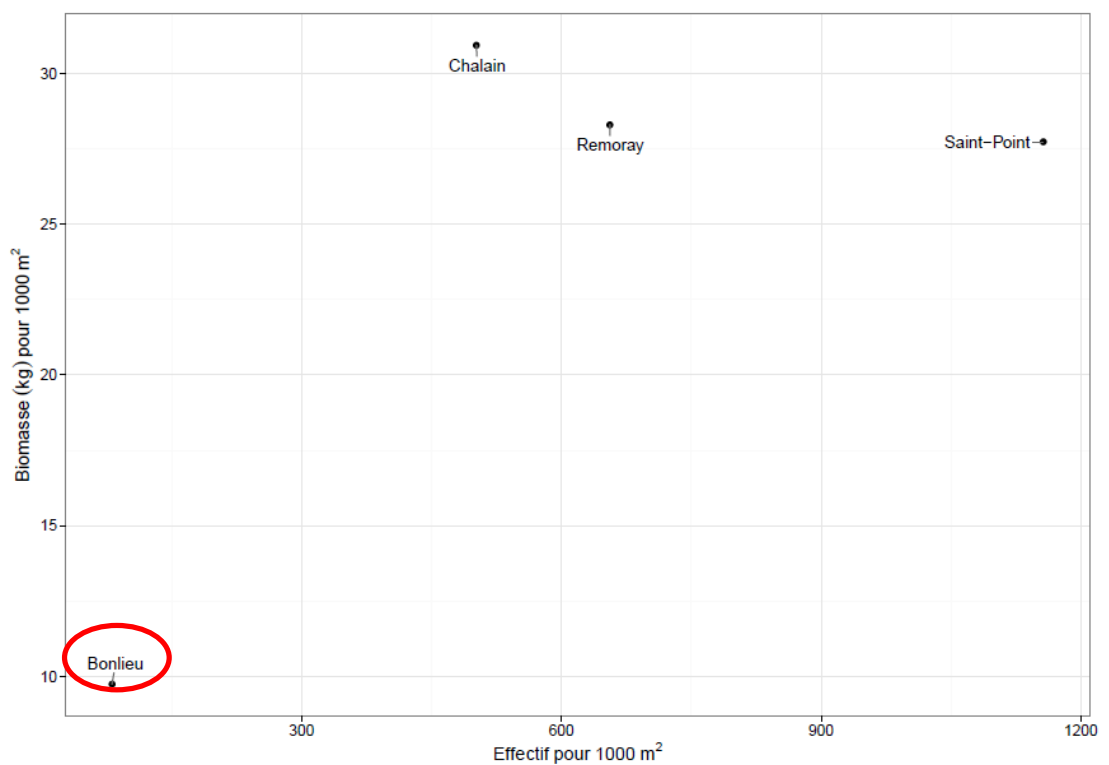


Figure 1.5 : Rendement de capture pisciaire comparé du lac de Bonlieu en 2014 (extrait de Fagot⁵)

Pourtant Magnin décrivait en 1904¹⁰, la présence d'une mosaïque d'habitats intéressante autour du lac de Bonlieu : d'une ceinture quasi permanente de potamots et de myriophylles devant les hélophytes jusqu'au tapis de characées couvrant les fonds du plan d'eau. Actuellement, de nombreuses espèces de végétation patrimoniale ont disparu et le complexe tourbeux et paratourbeux présent est dysfonctionnel et vieillissant⁶.

Le bilan écologique du Lac de Bonlieu, des zones humides et d'eau courante associées est donc peu réjouissant. Depuis le 19^{ème} siècle, une perte en biodiversité peut être observée. L'intérêt écologique du site pourrait carrément être remis en cause si la dégradation constatée se poursuit. La mauvaise qualité d'eau et la morphologie monotone de l'émissaire Hérisson sont décrites comme problématiques par la plupart des auteurs. Toutefois, les causes réelles de cette situation et surtout les solutions pour l'améliorer font cruellement défaut.

Cette étude préalable à la proposition d'un projet de restauration se justifie donc pleinement et devrait s'inscrire en parallèle d'une recherche sur la qualité des eaux et de l'origine des pollutions à l'échelle du bassin versant. En effet, améliorer le fonctionnement morphologique du Hérisson et du lac contribuera à augmenter le pouvoir auto épurateur du site, mais n'arrivera pas à juguler l'ensemble des problèmes de qualité d'eau. En effet, les gains écologiques escomptés seront d'autant plus importants que l'alimentation en eau en provenance de l'amont sera de bonne qualité. Ainsi, il serait également opportun de lancer conjointement une réflexion globale sur la gestion de l'eau de la tête de bassin versant du Hérisson.

2 RECHERCHES DES CAUSES DE DYSFONCTIONNEMENTS

2.1 SYNTHÈSE DES ARCHIVES

Globalement, les archives récoltées pour l'occasion au centre départemental, sur le Géoportail de l'IGN et auprès de la mairie révèlent peu d'information pertinentes. L'analyse des supports cartographiques (cartes, cadastres, images aériennes) ne mettent en évidence aucun changement de forme du plan d'eau et de tracé du Hérisson (Figure 2.1).

Supports cartographiques

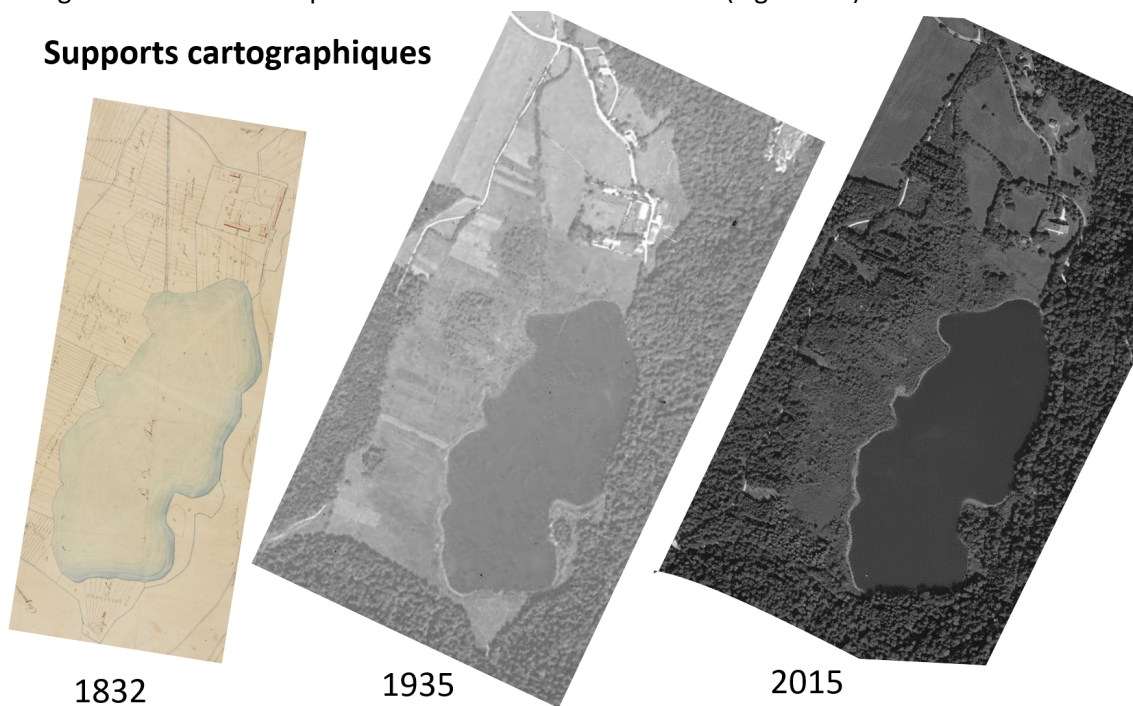


Figure 2.1 : Situation du lac de Bonlieu et de son émissaire le Hérisson à travers le temps (données IGN et Archives départementales 39)

La bathymétrie réalisée par Delebecque¹¹ et Magnin¹⁰ à la fin du 19^{ème} siècle présente également de très fortes similitudes avec celle remise à jour par la Fédération de pêche en 2013⁵ (Figure 2.2). La dominance de la végétation sur le littoral est également révélée.

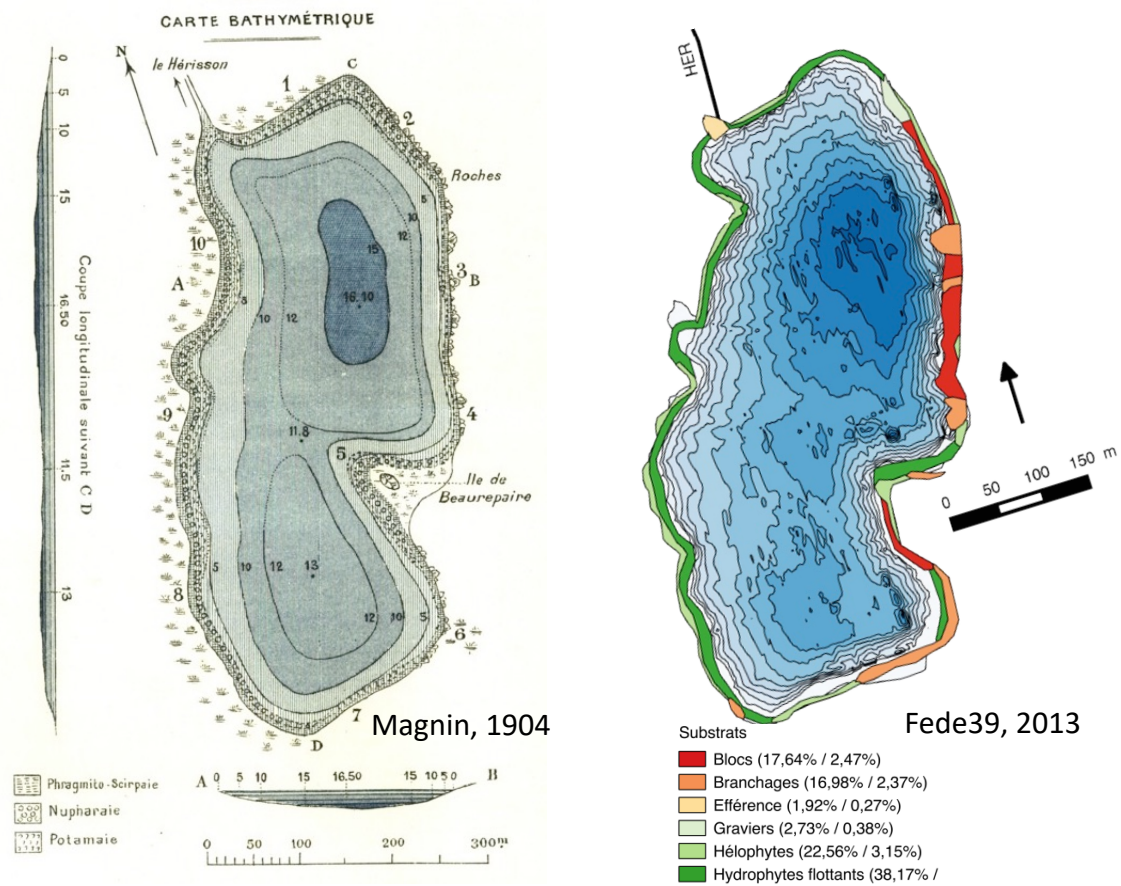


Figure 2.2 : Bathymétrie et habitats littoraux comparés entre la fin du 19^{ème} siècle et la situation actuelle (selon Delebecque¹¹, Magnin¹⁰ et Fagot⁵)

Ainsi le lac de Bonlieu et ses abords semblent être figés depuis plus de 200 ans.



Figure 2.3 : Le lac de Bonlieu à la fin du 19^{ème} siècle (extrait de Delebecque¹¹).

Toutefois, il serait fort intéressant de retrouver les archives de l'abbaye de Bonlieu fondée en 1170 et abandonnée par les moines à la révolution. L'incendie qui a détruit les bâtiments en 1944 a probablement fait disparaître à jamais ces précieux documents.

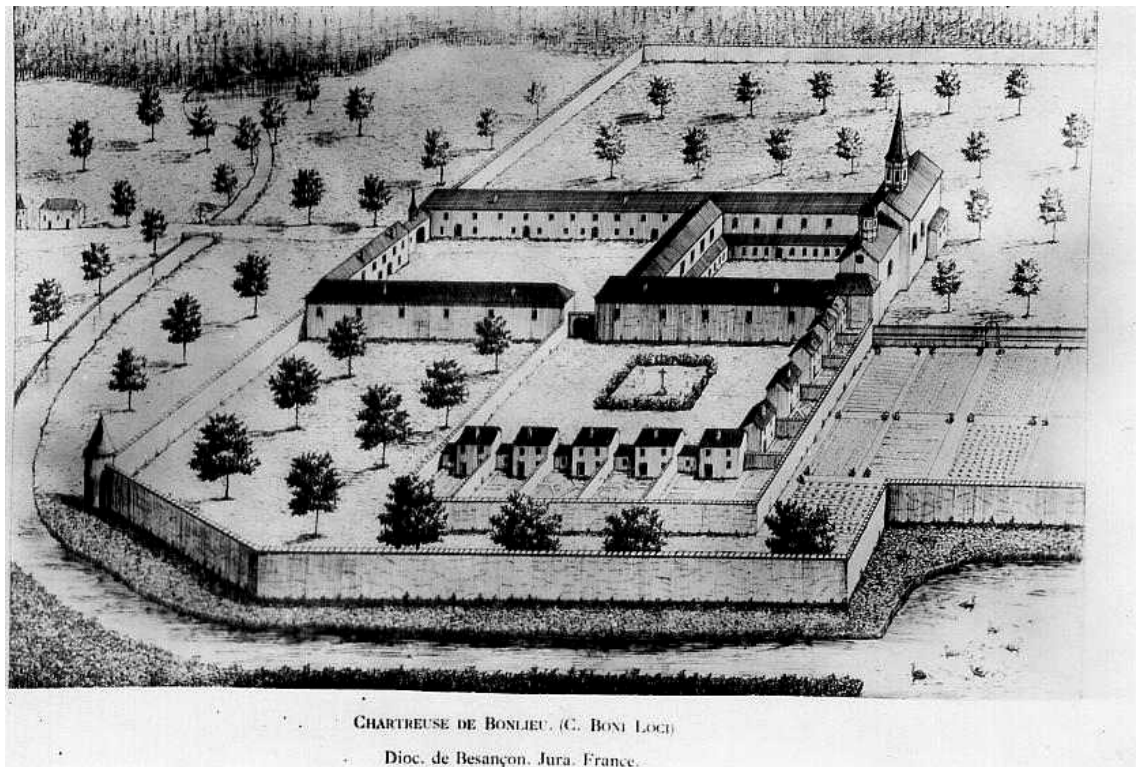


Figure 2.4 : Image de la chartreuse de Bonlieu au 17^{ème} siècle (Archives départementales du Jura).

2.2 LECTURE DE LA TOPOGRAPHIE

Dans l'objectif d'apporter des précisions au projet, un lever LIDAR de l'ensemble du linéaire du Hérisson et donc de la zone d'étude a été réalisé par les Fédérations de Chasse et de Pêche en 2018. Il complète les mesures de terrain au tachéomètre réalisées hors période de végétation en février 2017.

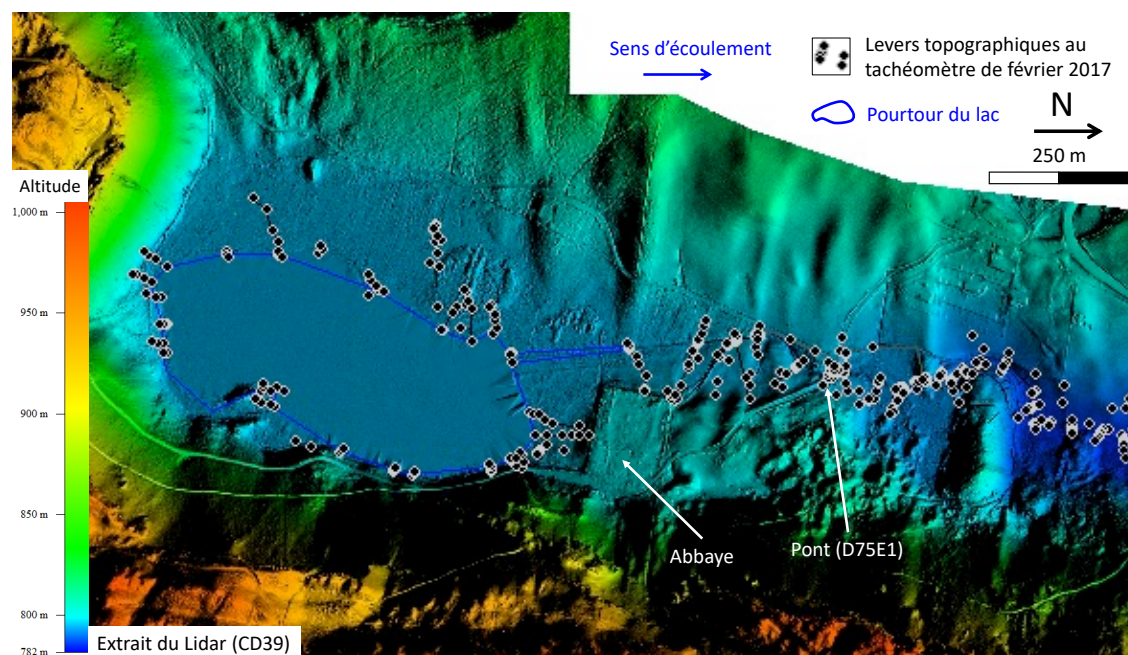


Figure 2.5 : Illustration des données topographiques disponibles (Données Fédération de Chasse et de Pêche 39).

Une lecture plus fine de la topographie depuis le pont de la D75E1 jusqu'au lac révèle des fantômes de méandres, qui sont confirmés par les profils en travers et la vision de terrain. En amont du pont, le Hérisson n'est pas dans le thalweg historique de la vallée (Figure 2.6 et Figure 2.7).

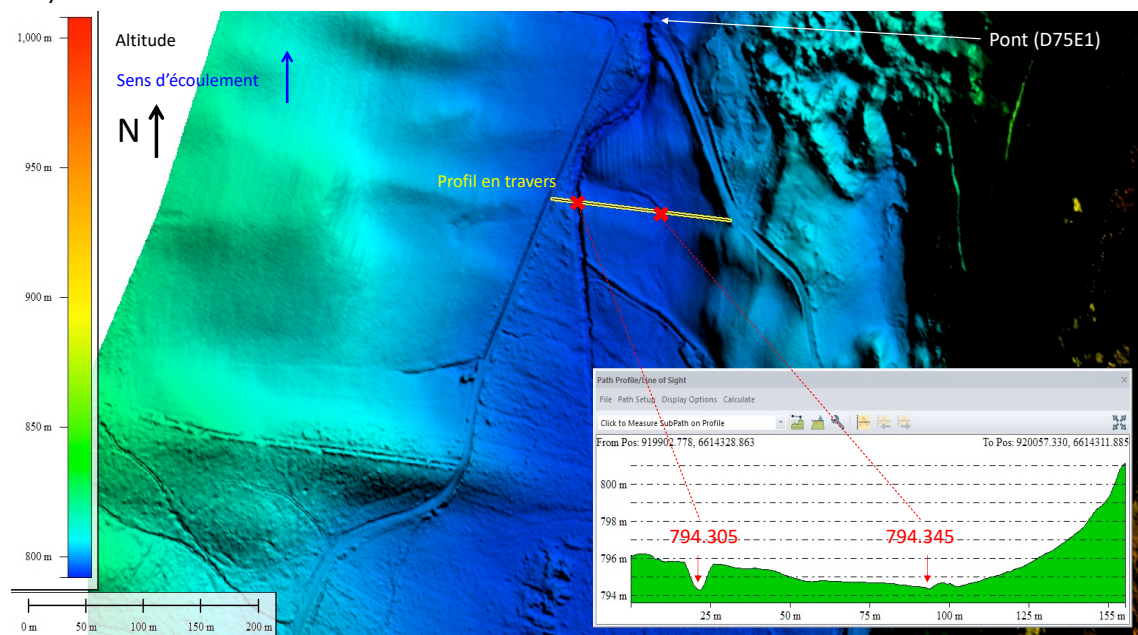


Figure 2.6 : Zoom sur la situation topographique en amont du pont de la D75E1 (Données Fédération de Chasse et de Pêche 39).



Figure 2.7 : Fantômes de méandre visibles sur le terrain en amont du pont de la D75E1.

En revanche, à la sortie du lac, aucun mouvement de terrain particulier ne peut être observé alors que pourtant le linéaire du Hérisson est aussi tiré au droit (Figure 2.8).

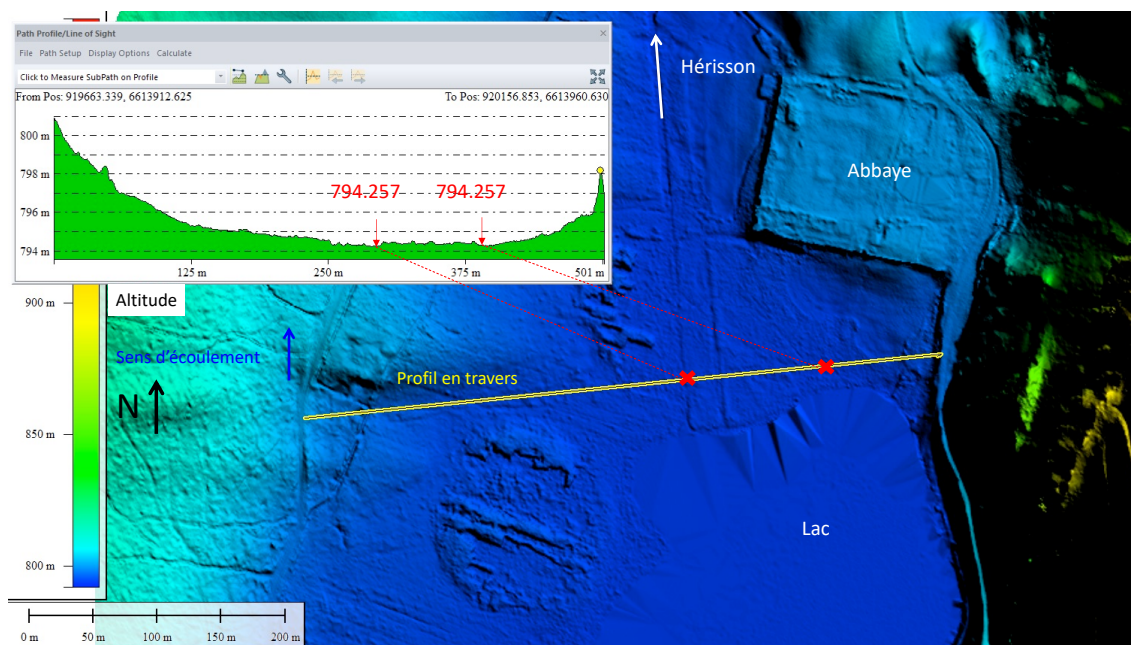


Figure 2.8 : Zoom sur la situation topographique à la sortie du lac (Données Fédération de Chasse et de Pêche 39).

Toutefois, l'observation du profil en long en parallèle du Hérisson met en évidence la présence d'une marche au droit de l'Abbaye et en prolongement de la moraine présente en rive gauche (Figure 2.9). Son altitude est de 794,5 m, soit 30 cm en dessus du niveau qu'atteignaient les eaux du lac lors de l'établissement du LIDAR.

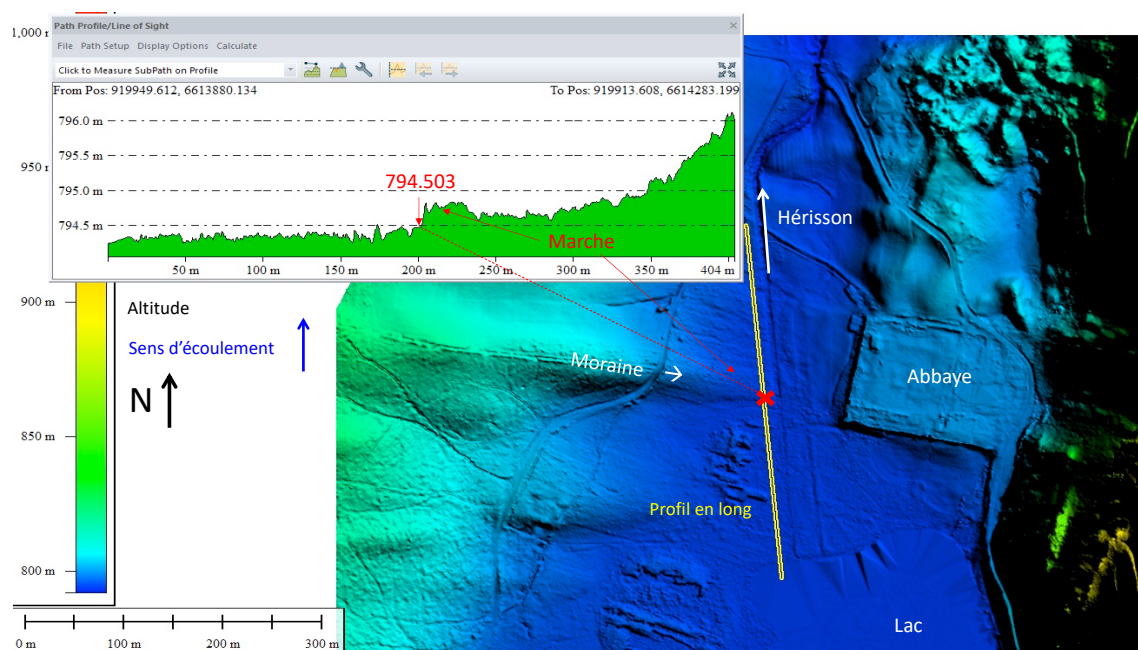


Figure 2.9 : Profil en long parallèle au Hérisson à la sortie du lac (Données Fédération de Chasse et de Pêche 39).

En définitive, l'analyse approfondie de la topographie des lieux suggère qu'avant le 19^{ème} siècle le Hérisson a été rectifié et que l'exutoire naturel du plan d'eau a été artificiellement abaissé.

2.3 ANALYSE PÉDOLOGIQUE

Si le positionnement des anciens méandres ne fait aucun doute, la nature et l'origine de la marche observée sur le profil en long à la sortie du lac nécessite des investigations complémentaires. En particulier, une visite de terrain et un carottage pédologique à la tarière apporteront des enseignements indiscutables sur la mémoire du lieu.

Sur place en aval de la marche sur la moraine (alt > 794,5 m), une forêt de conifère est présente (Figure 2.10).



Figure 2.10 : Situation en amont de la marche (Alt > 794,5 m).

En amont de la marche et de la moraine (alt < 794,5 m), il s'agit d'une cariçaie avec des touradons et des roseaux (Figure 2.11).



Figure 2.11 : Situation en aval de la marche (Alt < 794,5 m).

L'analyse pédologique des deux zones, réalisée par Eric Lucot de la faculté de Besançon, révèle deux sols très différents (Figure 2.12). Le premier en aval de la marche (alt > 794,5 m) est un sol peu profond positionné sur la moraine glaciaire. Aucune trace d'immersion n'a été observée. Le deuxième est en revanche un sol profond souvent immergé très peu évolué. Il s'agit d'une accumulation de racines, tiges et feuilles de carex qui repose sur de la craie lacustre possédant de nombreuses coquilles de bivalves aquatiques.

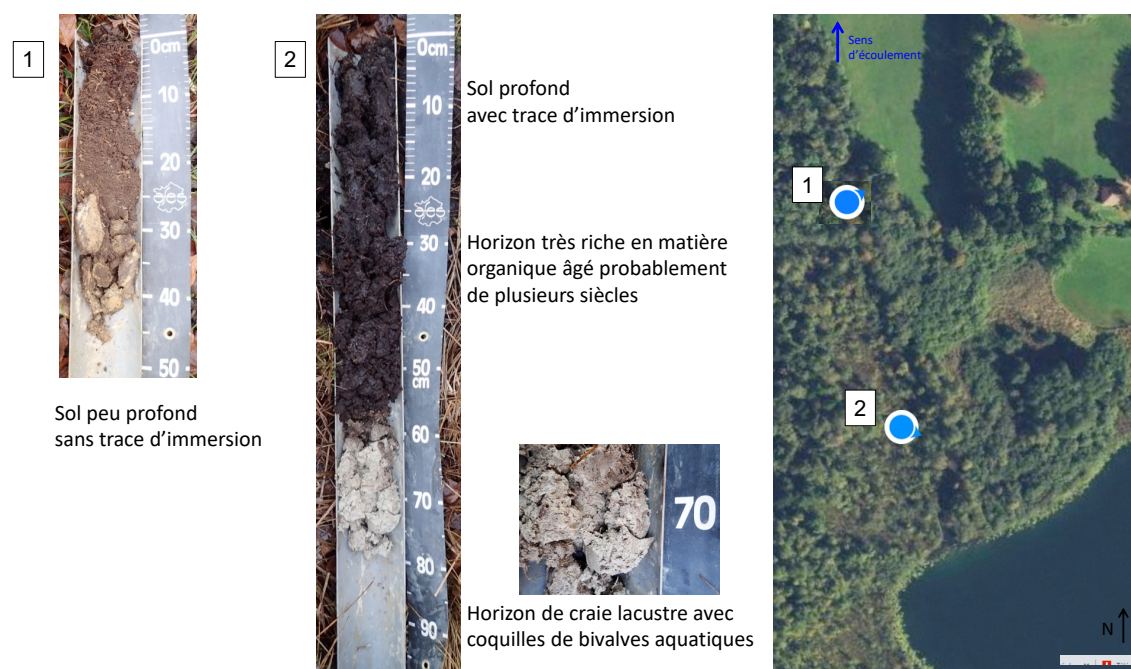


Figure 2.12 : Profils pédologiques de la sortie du plan d'eau en amont et en aval de la marche topographique observée.

2.4 CAUSES DE PERTURBATIONS LES PLUS PROBABLES

Malgré l'absence de toute modification observée dans les archives depuis le début du 19^{ème} siècle, force est de constater que la topographie et la pédologie des lieux révèlent des interventions humaines plus anciennes. Le Hérisson a été mis au droit et déplacé de son thalweg vraisemblablement par les moines comme le suggère la vue lithographique de la Figure 2.4. Ensuite, le surcreusement du nouveau chenal rectiligne du Hérisson a abaissé le niveau du plan d'eau. Un vannage, toujours présent, permettait de jouer sur près de 80 cm d'altitude (794,2m – 793,4m), comme le montre le profil en long actuel (Figure 2.13).

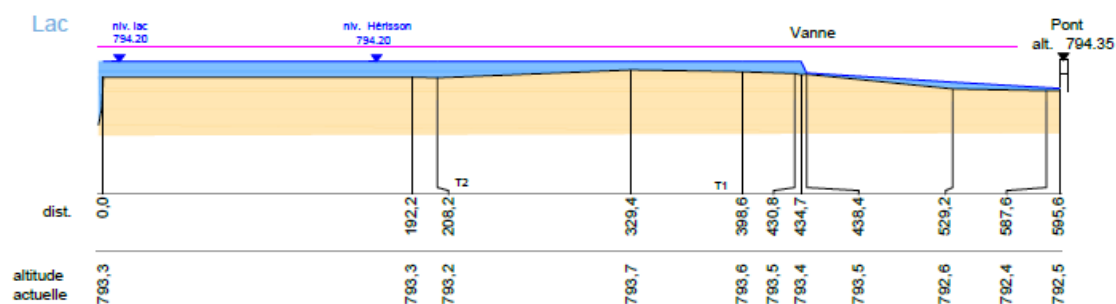


Figure 2.13 : Profil en long du Hérisson entre le lac et le pont de la D75E1 levé en février 2017.

Vannes ouvertes, le plan d'eau pouvait être abaissé de plus de 1 m par rapport à son niveau naturel. Vannes fermées, ce qui était le cas lors des mesures topographiques, la perte d'altitude du plan d'eau peut être évaluée à 30 cm. L'objectif recherché de ces travaux étaient *a priori* de gagner en terre arable et en rendement agricole autour de l'Abbaye. Une datation sédimentologique de carottes prélevées sur des endroits stratégiques (amont/aval marche, autour du tracé du Hérisson, etc.) permettrait assurément de préciser la chronologie et l'importance des interventions subies par le site au fil du temps.

Enfin, il est important de préciser que les rejets domestiques directs polluants de la rive septentrionale décriés à la fin du 20^{ème} siècle¹ ont été depuis lors assainis.

2.5 CONSÉQUENCES DES PERTURBATIONS

Sur le Hérisson, la mise au droit du chenal, son élargissement et son surcreusement ont provoqué une perte de linéaire de 20%, une monotonie des habitats et une déconnexion des berges (cf. rapports état des lieux en annexe). Les fonds sont uniformes dominés par de la vase et du dépôt de matière organique (feuilles, litière, etc.). Le vannage présent permet même encore de jouer sur l'altitude du niveau d'eau. Le fonctionnement alluvial du Hérisson est donc totalement perturbé. Enfin, il est probable que l'étanchéité des fonds ait été péjorée par les travaux et que des pertes s'infiltrant dans le karst aient été ouvertes ou agrandies. Cette conséquence pourrait aussi expliquer l'assèchement récurrent du cours d'eau en aval du pont, où par ailleurs, la rivière a également été chenalisée. Pour rappel en été 2017, aucun poisson n'a été capturé entre le lac et le pont de la D75E1.



Figure 2.14 : Le Hérisson à la sortie du lac de Bonlieu, monotone car surélargi et surcreusé.

Sur le lac, l'abaissement de 30 cm du niveau d'étiage provoque une perte de surface en eau de 7 ha, soit près du tiers de l'étendue actuelle (16ha). En matière de volume, la perte est de 69000 m³ d'eau libre (23ha*30cm) soit 69 millions de litres, sans compter l'eau gorgeant les zones humides alentours et les possibilités encore existantes de jouer sur le vannage de sortie. L'estimation du débit QMNA5 de sortie du lac est aux alentours de 16 l/sec (cf. rapport hydraulique en annexe), valeur confirmée par un jaugeage à 20 l/s réalisé lors des levés topographiques en février 2017. A ce débit d'étiage, le temps de ressuiement de ce volume perdu peut être estimé à 50 jours. Ainsi, on peut suggérer, avec toutes les précautions d'usage, que l'exutoire du plan d'eau a perdu l'équivalent d'un à deux mois d'écoulement permanent en période de sécheresse prononcée. Or, lors d'années peu pluvieuses, c'est typiquement l'ordre de grandeur de la durée de l'assèchement du Hérisson, au mois d'août et/ou septembre, notamment. Ainsi, la modification de l'altitude du plan d'eau contribue assurément à une perte de ressource en eau, particulièrement dommageable durant les moments critiques d'étiages sévères.

Parallèlement, la mise à sec des plages de craies lacustres provoquée par l'abaissement du plan d'eau a permis le développement d'une végétation herbacée (carex) qui a, petit à petit, recouvert le fond minéral originel du pourtour du lac. Pire, la genèse et la formation de la craie lacustre semblent avoir aussi été perturbées par l'artificialisation du fonctionnement du plan d'eau. En effet, force est de constater que contrairement à la plupart de ses cousins jurassiens, le lac de Bonlieu ne possède plus de frange littorale crayeuse.

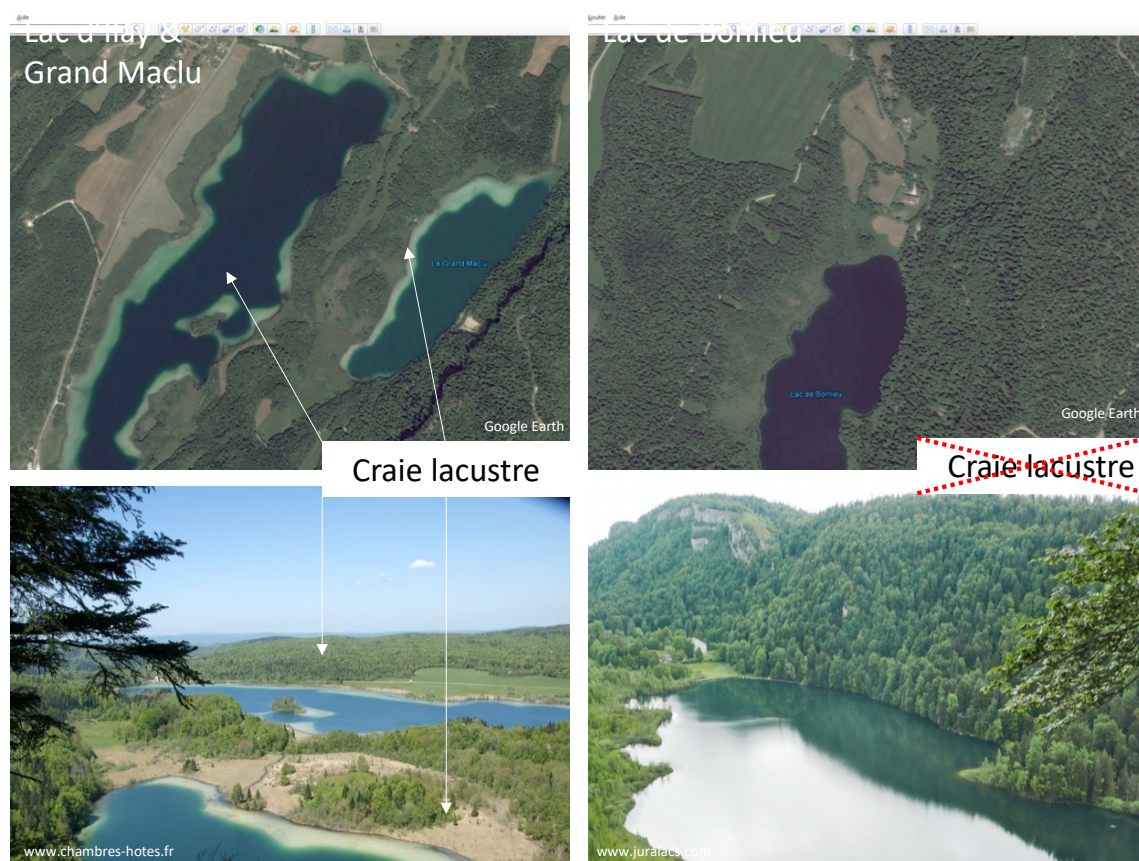


Figure 2.15 : Comparaison de vues aériennes du lac de Bonlieu avec ses voisins le Lac d'Ilay et le Grand Maclu mettant en évidence l'absence de beine à craie lacustre visible.

Pourtant selon Magny¹², le lac de Bonlieu est un lac à craie lacustre car il a plus de 6m de profondeur et possède une zone tropholytique. En toute logique, il devrait former une beine en craie lacustre et se fermer d'une manière centripète. Il ne possède pas encore les caractéristiques d'un lac résiduel à fond tourbeux, comme le lac Cérin (Bugey, Ain 01) ou la première cuvette du lac du Fioget (Sud de Champagnole, Jura 39).

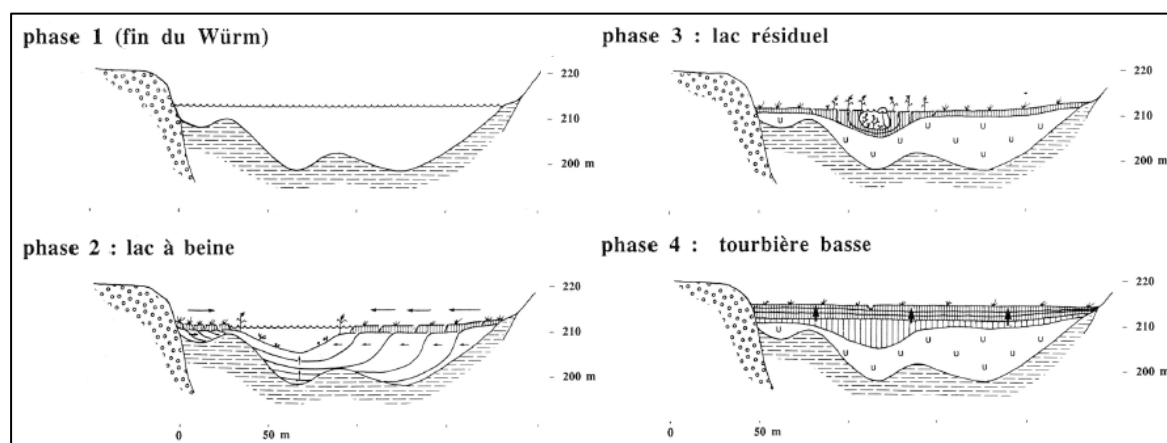


Figure 2.16 : Dynamique de comblement des lacs à beine du Jura selon Magny¹², la limite entre lac à beine et lac résiduels étant fixée vers 6 m de profondeur. (U = couche de craie lacustre)

Parallèlement, toujours selon le même auteur l'abaissement du niveau du plan d'eau peut provoquer l'arrêt de la sédimentation biochimique issue de l'autoproduction de craie lacustre. Cette perte de profondeur doit toutefois être suffisante pour que la zone tropholytique disparaisse et que le dépôt de sédiments organiques soit uniformisé. Ce phénomène qui se déroule à l'échelle géologique en plusieurs milliers d'années peut être réversible, si le lac est à nouveau suffisamment profond pour avoir une production de craie. A titre d'exemple, dans la cuvette du lac du Grand Lemps (Bas-Dauphiné, Isère 38) au cours de la première moitié de l'Holocène (-7500 ans avant JC), l'abaissement du plan d'eau a entraîné l'arrêt de la sédimentation carbonatée dans toute la cuvette et le développement de faciès organiques qui ont été fossilisés par une couche de craie lors de la remontée du niveau de l'eau (-5000 ans avant JC)¹².

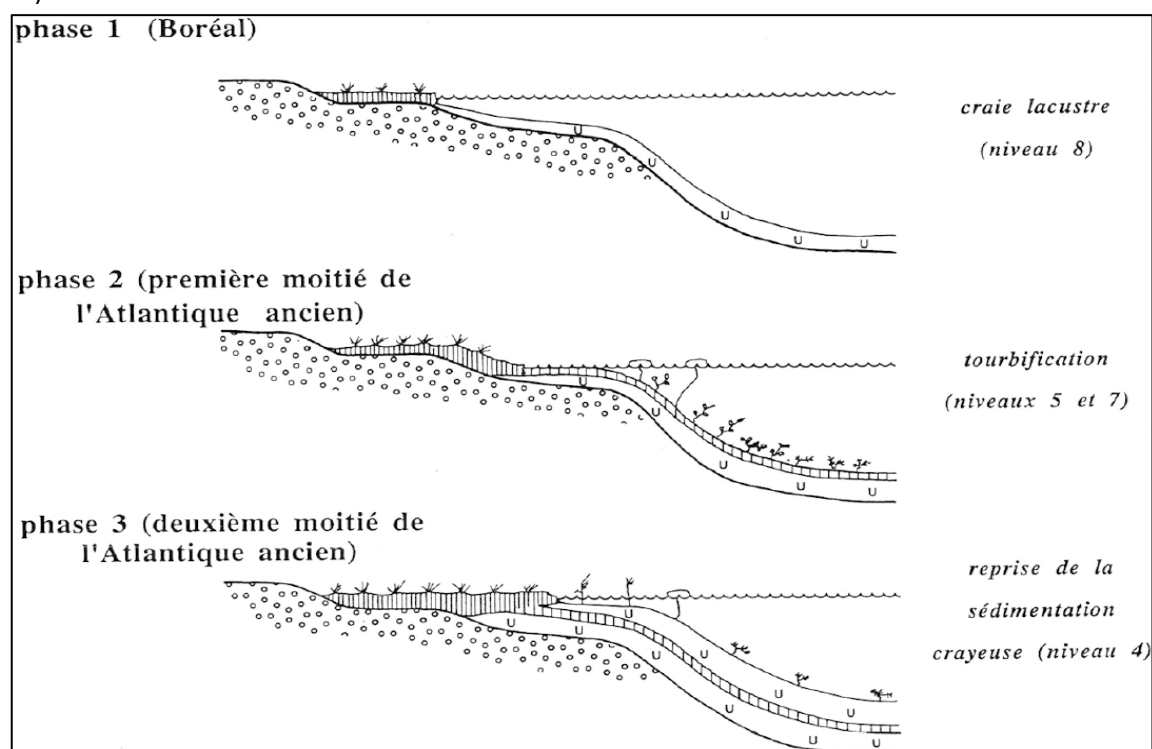


Figure 2.17 : Effet d'une modification de niveau du lac du Grand Lemps (Bas-Dauphiné, Isère 38) sur la sédimentation. (U = couche de craie lacustre) (extrait de Magny¹²)

En outre, il est important de préciser que la végétation joue un rôle crucial dans la formation de craie lacustre. En fonction de la profondeur, différentes plantes aquatiques se développent, des hélophytes type roseaux aux characées subaquatiques en passant par les hydrophytes comme les nénuphars ou les potamots. A ce gradient végétal correspond diverses formes de craie lacustre, de densité et donc de volume différent. Ainsi, en plus de l'effet de la profondeur, la quantité de craie sédimentée peut être influencée par les différents types de végétation présents.

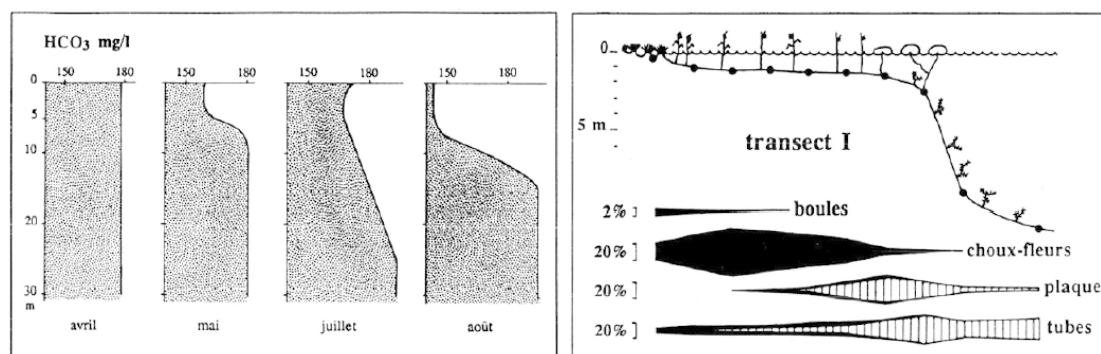


Figure 2.18 : Teneur en HCO_3^- du lac de Chalain montrant la précipitation estivale des carbonates à faible profondeur (à gauche) et forme de la craie lacustre déposée sur le littoral du lac de Clairvaux (à droite) (extrait de Magny¹²)

C'est pourquoi, tout changement artificiel de niveau d'eau, de qualité d'eau ou de végétation provoquant une modification du couvert de la beine et des fonds influe sur la formation de craie lacustre et donc sur la sédimentation.

Sur le lac de Bonlieu, l'abaissement brutal et peu conséquent en altitude a mis à sec la beine lacustre où la production de craie était la plus forte mais n'a pas été suffisante pour transformer le plan d'eau en lac à fond tourbeux. Une couronne végétale a, petit à petit, recouvert les plages minérales originellement présentes comme l'atteste l'expertise pédologique. Parallèlement, la dégradation de la qualité de l'eau a fait disparaître en un peu plus d'un siècle les charaies du talus perturbant aussi la formation de craie à cet endroit. Enfin, en grande profondeur (> 6 m) la sédimentation biochimique est demeurée faible. Ainsi, le fonctionnement lacustre, et en particulier le cycle du carbone¹³, a été totalement perturbé par les interventions humaines subies au fil du temps.

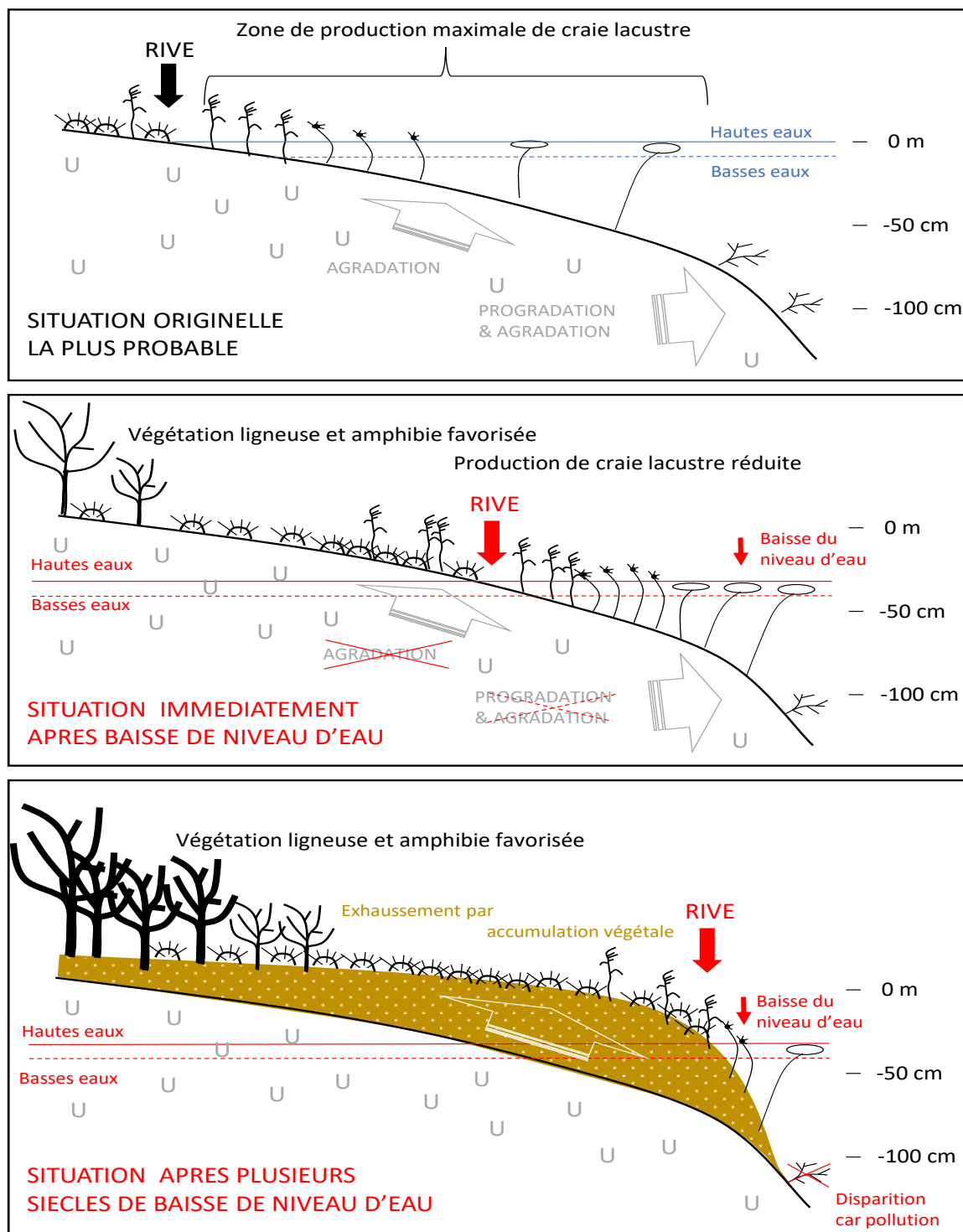


Figure 2.19 : Evolution probable du littoral du lac de Bonlieu après l'artificialisation du niveau des eaux [U=craie lacustre] (modifié d'après Magny¹²).

Actuellement, le lac de Bonlieu apparaît comme un lac à beine dysfonctionnel qui accumule un mélange de sédimentation organique et biochimique. Cette perturbation du cycle de carbone expliquerait ainsi la rapidité des dépôts de sédiments observée par plusieurs auteurs^{1,4}. La récurrence de la désoxygénation des couches profondes en période de stratification estivale pourrait également en être exacerbée par la dominance organique anormale des sédiments profonds.

Sur la zone humide alentours, l'abaissement du niveau des eaux de la nappe permanente a provoqué un manque récurrent d'engorgement des sols tourbeux et paratourbeux présents. La minéralisation des sols et le développement de la végétation ligneuse ont été encouragés. Les milieux ouverts ont été progressivement envahis par des arbustes et des arbres (Figure 2.20).

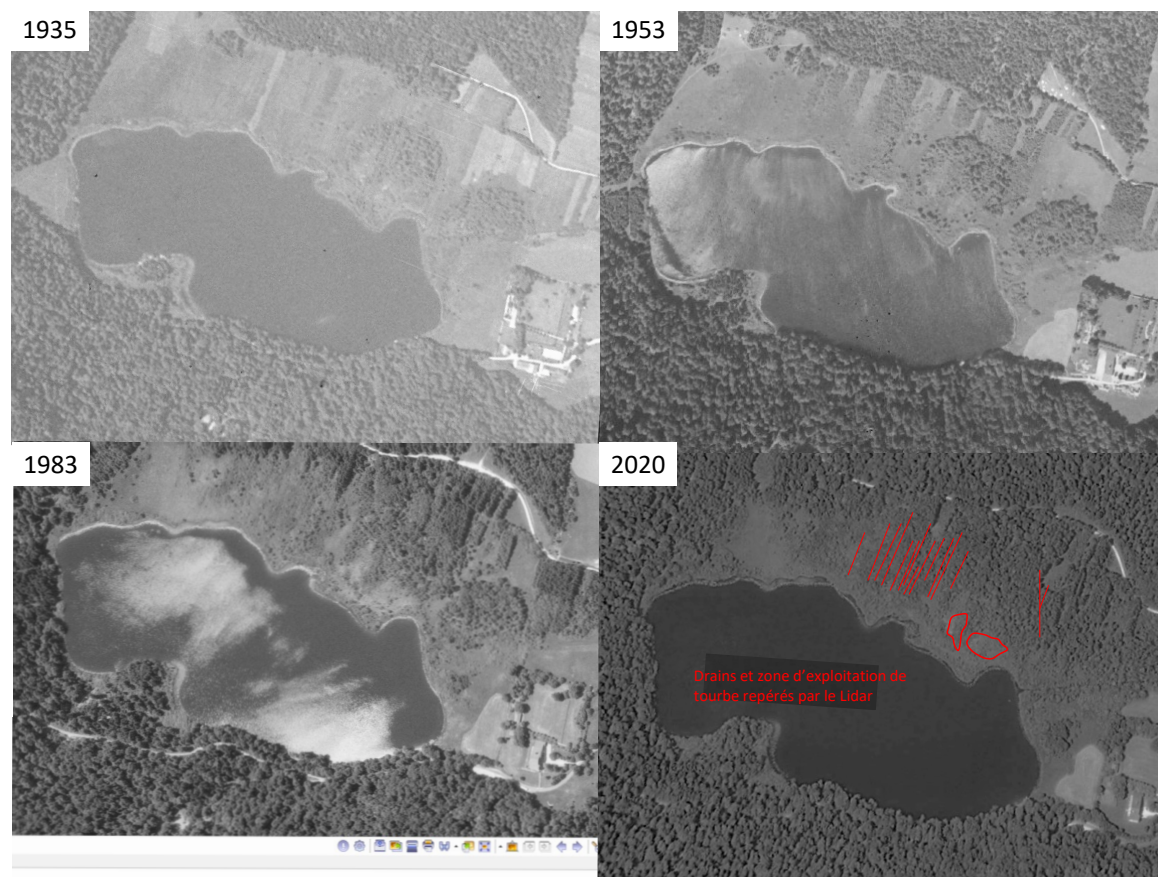


Figure 2.20 : Evolution de l'enforestation de la zone humide en rive gauche du lac (d'après IGN et Google Earth).

Cette tendance à la fermeture des milieux a certainement aussi été accentuée par les drainages et les fosses d'extraction de tourbe creusés dans la zone humide ainsi que l'abandon progressif de l'exploitation pastorale intervenue avec la mécanisation de l'agriculture à partir de 1950 (Figure 2.20). Actuellement donc, la zone humide alentours n'accumule plus de CO_2 , mais relargue de la matière organique dans le lac par lessivage et contribue ainsi également à perturber le cycle du carbone et désoxygéner les fonds. Toutefois, la part de responsabilité de cet apport humifère par rapport aux pollutions organiques issues du bassin versant devrait être évaluée à l'aide d'études isotopiques spécifiques.

3 DESCRIPTIF DU PROJET

3.1 ARGUMENTAIRE EN FAVEUR D'UNE RESTAURATION

La Directive cadre sur l'eau (DCE) impose aux états membres de protéger, améliorer et restaurer toutes les masses d'eau en vue d'atteindre le bon état de conservation écologique d'ici 2027. Cette directive européenne a été inscrite dans le droit français par des modifications successives de la loi sur l'eau de 1992 pour aboutir à la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques, dite LEMA, en vigueur depuis 2006 (2006-1772). L'arrêté du 27 juillet 2015 détermine les méthodes et les critères d'évaluation du bon état de conservation. Le tableau 2 de l'annexe 3 définit les classes d'état écologique des eaux de surfaces. Pour qu'une masse d'eau soit considérée en bon état de conservation, il est dit que :

*« Les valeurs des éléments de **qualité biologique** applicables au type de masse d'eau de surface montrent de faibles niveaux de distorsion résultant de l'activité humaine, mais ne s'écartent que légèrement de celles normalement associées à ce type de masse d'eau de surface dans des conditions non perturbées. »*

Ainsi d'une manière générale, c'est la qualité biologique, soit la situation du cortège d'espèces typiques, qui définit l'état de conservation des milieux aquatiques. Pour le lac de Bonlieu, les conclusions de Fagot⁵ et de Blanchard⁶ sont claires : le site est en mauvais état de conservation mais son potentiel patrimonial demeure intéressant. Toutefois, si rien n'est fait dans les plus brefs délais sa dégradation se poursuivra et son intérêt écologique sera perdu. Il convient donc d'agir rapidement pour sa remise en état.

En outre, si le site n'est pas directement intégré dans un périmètre de protection de captage d'eau potable, il constitue par l'intermédiaire du Hérisson une ressource en eau d'importance. A ce titre, il mérite protection car toute action d'amélioration des réserves en eau est une des priorités du SDAGE RMC 2016-2021.

Enfin, on peut ajouter que :

- La restauration du fonctionnement originel du Hérisson, du lac de Bonlieu et de l'équilibre hydrologique de la zone humide favorisera l'autoépuration d'une eau utilisée en aval comme eau potable.
- En reméandrant le Hérisson, des mètres linéaires d'habitats d'eau courante fonctionnels seront gagnés.
- En rétablissant l'ancien niveau du lac, il serait possible d'augmenter la surface des rives et ainsi favoriser cet écotone généralement riche en biodiversité.
- En remontant le niveau d'eau et en neutralisant les drains actifs dans la zone humide, le développement des ligneux envahissants sera limité, l'effet de stockage d'eau accru et le pouvoir d'accumulation de CO₂ encouragé.
- Le secteur est favorable à des mesures de restauration ambitieuses car aucune infrastructure ne se trouve dans le périmètre et l'exploitation pastorale y est extensive
- Les quelques espèces rares et protégées encore présentes profiteront dans une large mesure de la restauration.

L'engagement d'un programme de restauration se justifie donc pleinement et s'inscrit parfaitement dans les orientations fondamentales de la DCE et du SDAGE du bassin Rhône Méditerranée : « Préserver et restaurer le fonctionnement naturel des milieux aquatiques et des zones humides ».

De plus, compte tenu du contexte, du classement en espace naturel sensible et des objectifs cadre de l'intervention, on cherchera systématiquement à promouvoir la restauration de l'équilibre hydrodynamique originel du site. L'objectif est de redonner la possibilité au cours d'eau, au lac et au marais de reconstituer des habitats dynamiques et fonctionnels qui favorisent le développement d'une flore et d'une faune riches et diversifiées et qui participent à sauvegarder la ressource en eau. Par ailleurs, l'intérêt paysager, halieutique et touristique du lieu s'en trouvera également durablement amélioré.

3.2 BASE D'ÉTABLISSEMENT DE LA RESTAURATION

Le Hérisson, le lac de Bonlieu et la zone humide associée sont en mauvais état de conservation parce que des travaux de chenalisation, d'abaissement du niveau d'eau naturel du lac et de drainages ont été menés au fil du temps dans un objectif d'exploitation agricole.

Actuellement, cet usage est abandonné. Seul demeure une prairie de fauche et de pâture extensive en aval du site au travers des anciens méandres du Hérisson.

Toutefois, les conséquences des interventions humaines sur le fonctionnement fluvial, lacustre et uliginaire sont toujours actives. Le cours d'eau rectiligne et surcalibré a perdu du linéaire, s'assèche et ne possède plus de faune piscicole. Le lac s'est réduit d'un tiers de sa surface à l'étiage, ne génère plus de beine à craie lacustre, accumule des sédiments à dominance organique et se désoxygène systématiquement en profondeur. La zone humide alentours souffre d'un manque d'eau récurrent qui provoque une minéralisation accrue des sols, l'envahissement des ligneux, la fermeture des milieux ouverts et une perte de biodiversité. Le cycle du carbone et la capacité d'autoépuration sont donc lourdement affectés. D'autant plus que l'alimentation en eau du bassin versant ne semble pas exempte de pollution qui s'ajoute aux apports de matière organique issus du marais en cours de dégradation. Enfin en matière de ressource en eau, une perte d'écoulement permanent d'un à deux mois peut être estimée.

Les arguments ne manquent donc pas pour promouvoir un projet de restauration du site de Bonlieu. Il est important pour le devenir de l'intérêt écologique, halieutique et touristique du lieu de lancer, dans les plus brefs délais, un programme ambitieux de sauvegarde et d'amélioration de ce milieu aquatique d'exception.

3.3 PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT

Les lois européennes et françaises précisent que le retour du cortège d'espèces typiques doit être privilégié en agissant en priorité sur l'habitat pour que la biocénose recolonise naturellement et se développe durablement. En outre, un devoir de résultat est imposé. Ce qui signifie qu'un suivi biologique objectif de la recolonisation et de l'évolution de l'état de conservation doit être mis en place dans le temps.

Par ailleurs, le contexte naturel du site et l'absence de contrainte d'aléa d'inondation permettent la réversibilité totale des atteintes aux fonctionnements physiques imposées au cours d'eau, au lac et à la zone humide alentours. Une stratégie de restauration la plus ambitieuse possible se doit ainsi d'être développée afin que la biocénose originelle se développe à nouveau d'une manière harmonieuse. De plus, les efforts en matière d'amélioration de la qualité d'eau doivent être poursuivis voir intensifiés à l'échelle du bassin versant pour que le succès des aménagements qui seront préconisés soit optimal.

Dans les faits, pour la rivière, il conviendra de remettre en eau les anciens méandres encore visibles sur le terrain. Parallèlement, pour supprimer tout effet drain, le chenal rectifié, surcreusé et surélargi actuel doit être totalement comblé en respect des horizons des sols environnants et des bouchons étanches devront être positionnés d'une manière régulière afin de bloquer les sous écoulements.

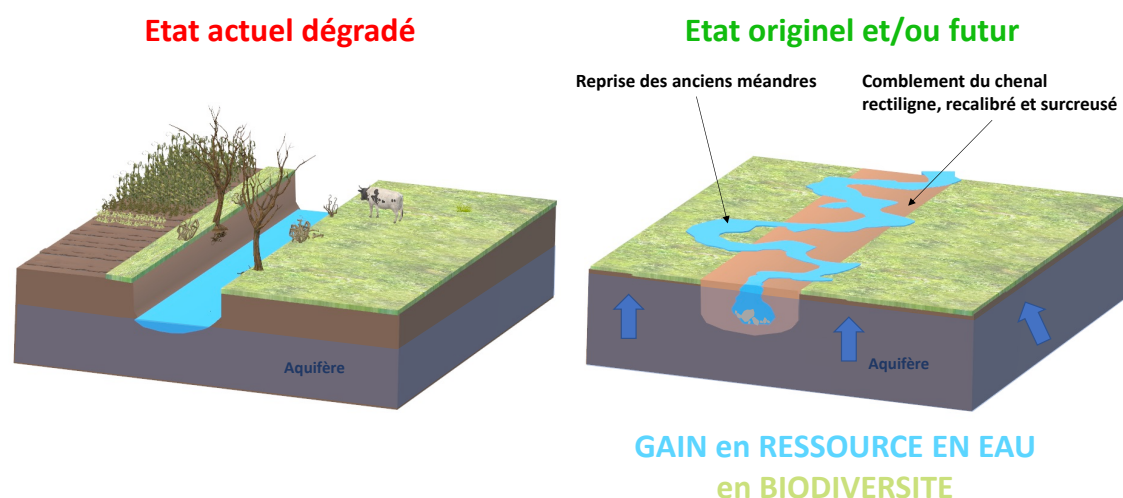


Figure 3.1 : Illustration du principe d'aménagement préconisé pour le reméandrement du Hérisson.

Pour le lac, l'exutoire originel devra être reconstitué selon le positionnement, l'altitude, la constitution et la forme originelle la plus probable afin d'assurer une rehausse du niveau d'eau à l'étiage d'environ 30 cm, *a priori*. Des études géotechniques et des sondages pédologiques spécifiques se devront encore d'être menés afin de préciser les modalités d'exécution de ce point stratégique de la restauration.

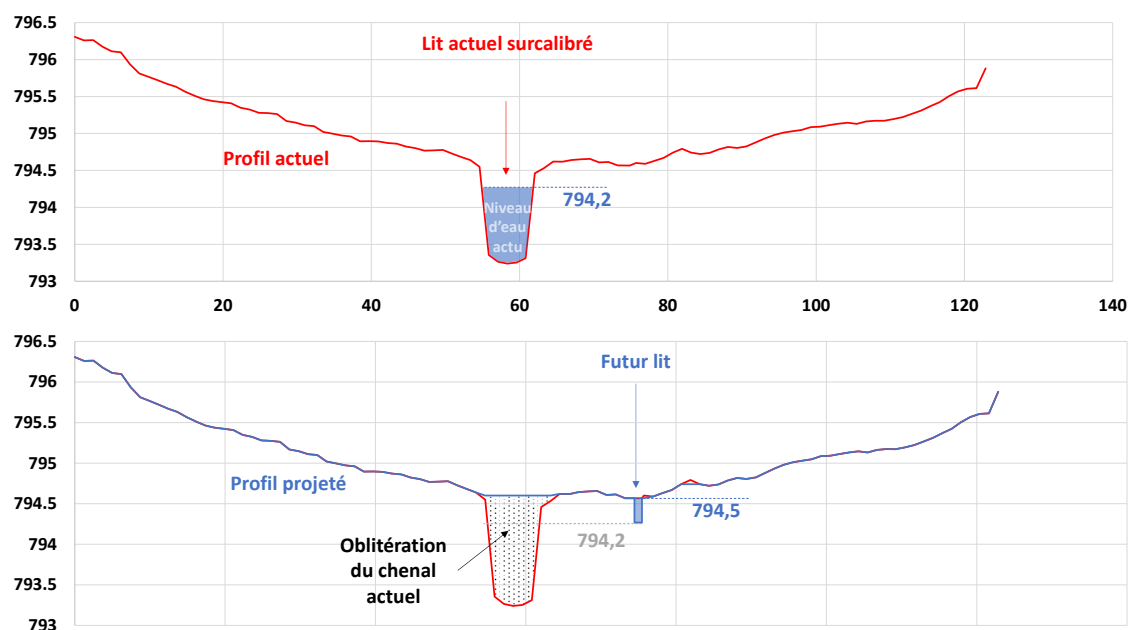
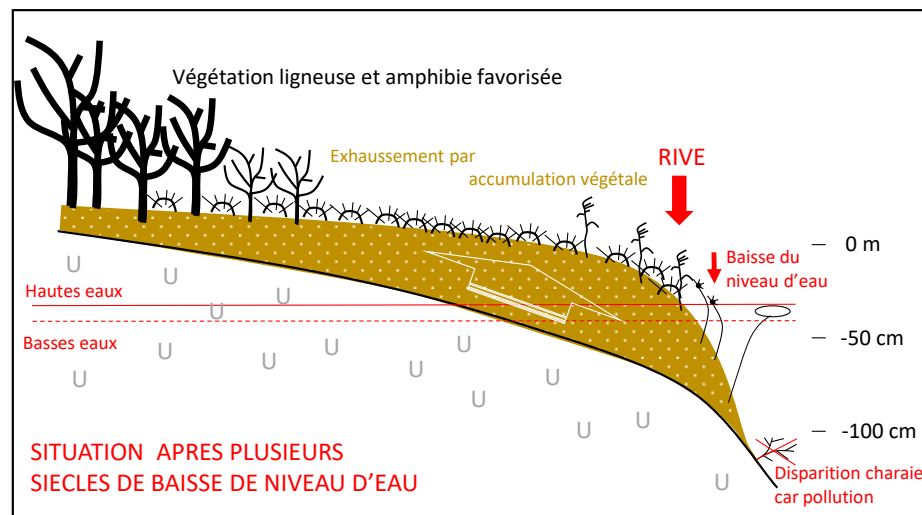
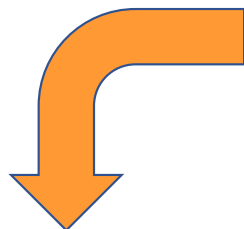


Figure 3.2 : Illustration en profil en travers de l'aménagement le plus probable à réaliser de l'exutoire du lac. Des études géotechniques complémentaires demeurent toutefois nécessaires à préciser les modalités d'exécution de ce point stratégique du projet de restauration.

Parallèlement, l'enlèvement des végétaux accumulés sur la beine à craie lacustre est préconisé. Cette redécouverte des plages historiques minérales du plan d'eau participera à réduire l'excès de matière organique, promouvoir la production de craie lacustre et remettre en fonction l'évolution naturelle du lac à beine à comblement centripète. Grâce à cette action d'enlèvement de matière organique, le cycle du carbone sera mieux respecté, l'autoépuration du lac améliorée, la genèse des habitats littoraux originels retrouvée et l'aspect paysager typique des lacs jurassiens restauré.

SOLUTION NON OPTIMALE
NON PRECONISEE



SOLUTION OPTIMALE
A PRIVILEGIER

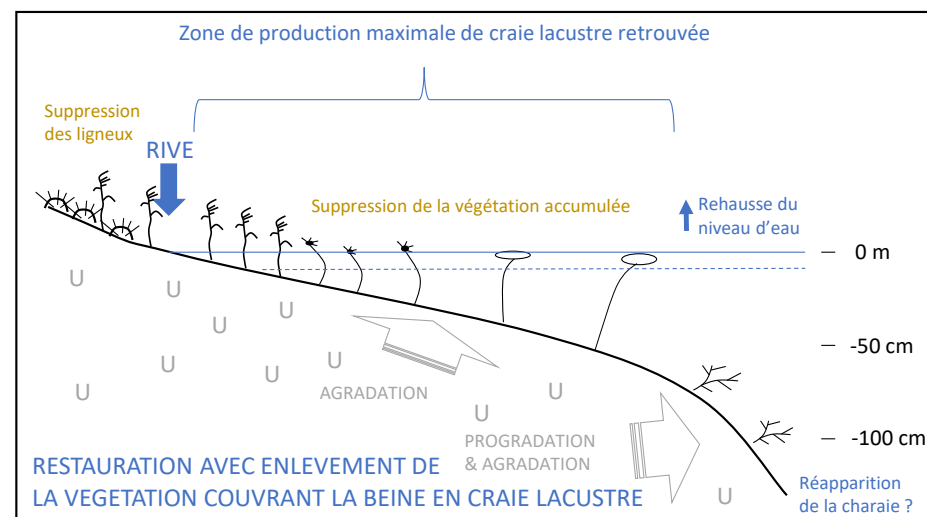
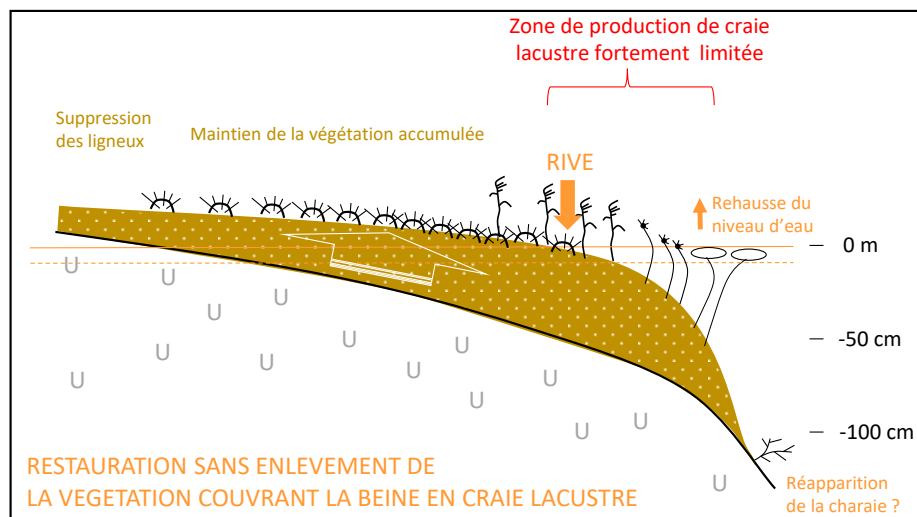
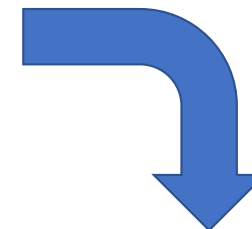


Figure 3.3 : Illustration des solutions d'aménagement lacustre envisageables [U=craie lacustre].

Pour la zone humide, les ligneux et plantes indésirables (invasifs) devront être supprimés et les drains actifs comblés.

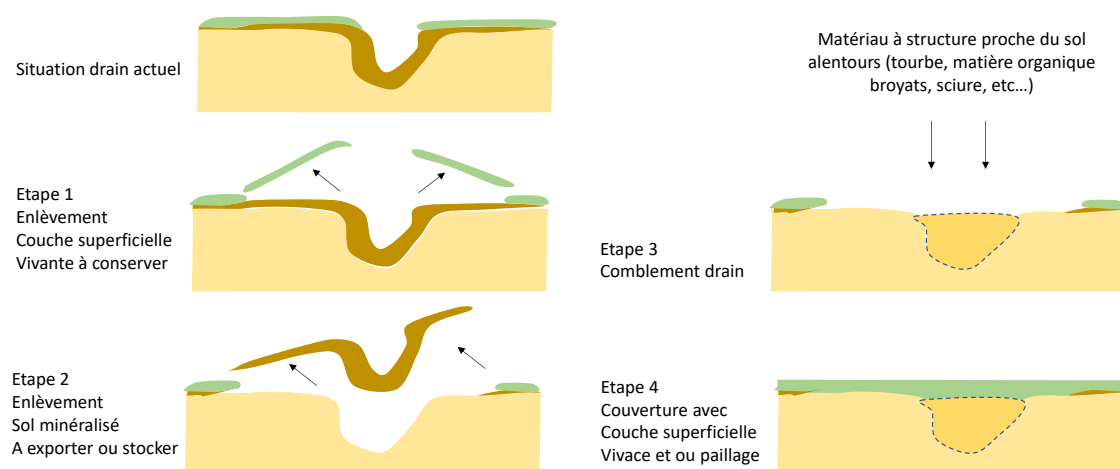


Figure 3.4 : Illustration du principe du comblement des drains actifs à réaliser dans la zone humide en rive gauche.

3.4 CHIFFRAGE

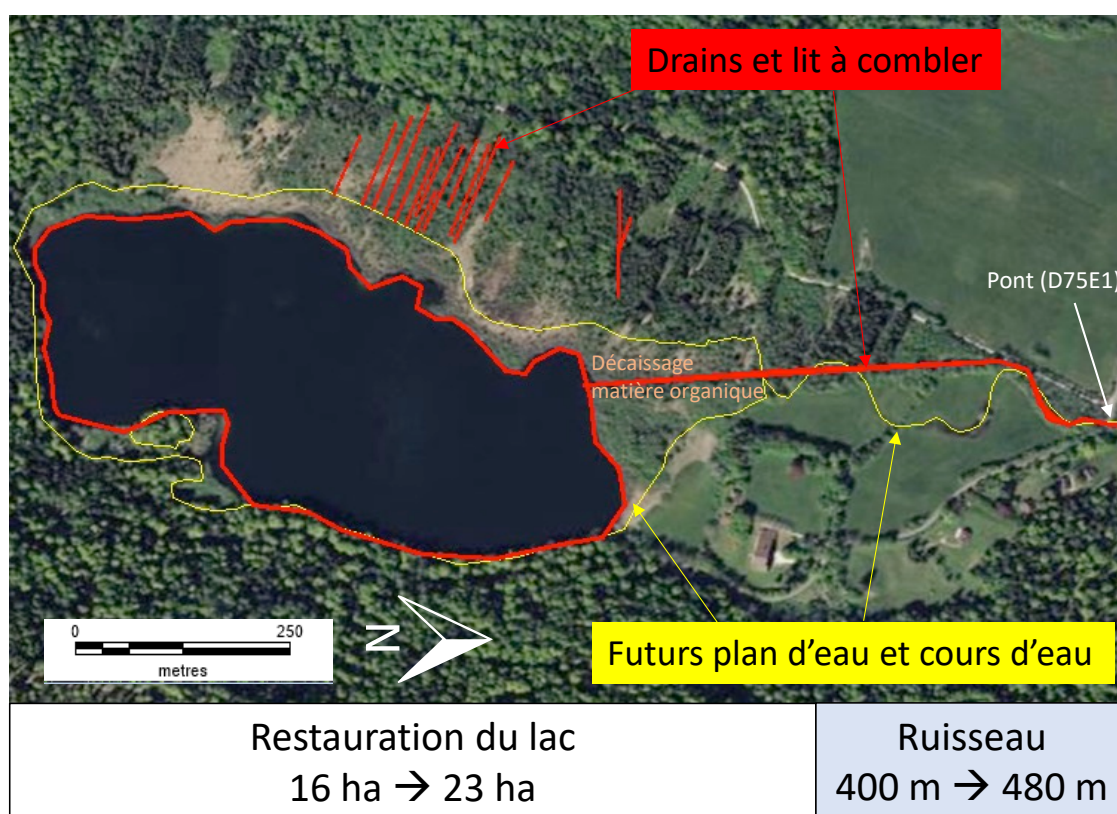


Figure 3.5 : Illustration du principe d'aménagement préconisé depuis le pont de la D75E1 au lac.

Tableau 3-1. Coûts estimatifs des différentes interventions

Intervention	Volume	Coût estimatif
Reméandrement	480 m	60'000.- euros
Comblement du lit	20 m ² * 400m = 8'000 m ³	120'000.- euros
Exutoire lac	forfait	20'000.- euros
Suppression végétation accumulée sur la beine lacustre	5 ha * 50 cm / 2 = 12'500 m ³	200'000.- euros
Enlèvement végétation zone humide	24 ha	150'000.- euros
Comblement drains actifs avec panneaux triplis anti sous-écoulements	1500 ml * 1 m ² = 1500 m ³ 150 ml	30'000.- euros
Maitrise d'œuvre	10 % des travaux	60'000.- euros
Suivi d'efficacité	Pêche lac & rivière, benthos, végétation	60'000.- euros
Total (HT)		700'000.- euros

A noter que l'utilisation des matériaux extraits de la couverture de la beine lacustre et du broyage de la végétation indésirable pour combler les drains et l'ancien lit optimiserait d'une manière significative les coûts d'intervention.

4 IMPACTS DU PROJET

4.1 INCIDENCE HYDRAULIQUE DE L'AMÉNAGEMENT

Selon le modèle hydraulique réalisé pour l'occasion par HTV (rapport en annexe), l'incidence du projet sur les différents niveaux de crue est la suivante :

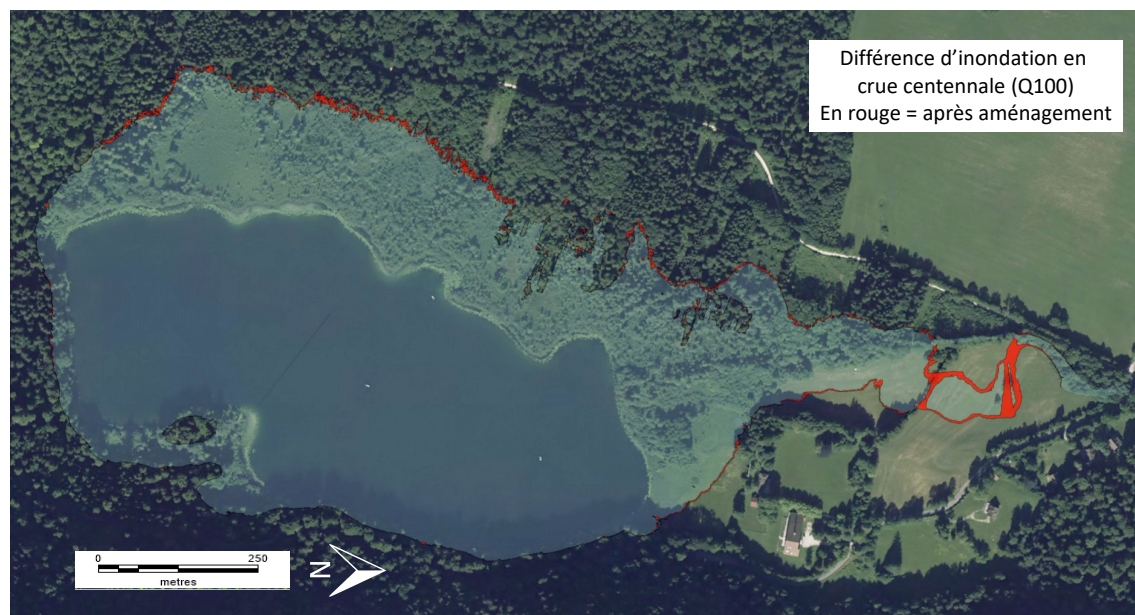


Figure 4.1 : Les surfaces d'inondation des crues actuelles et futures en crue centennale (Q100)

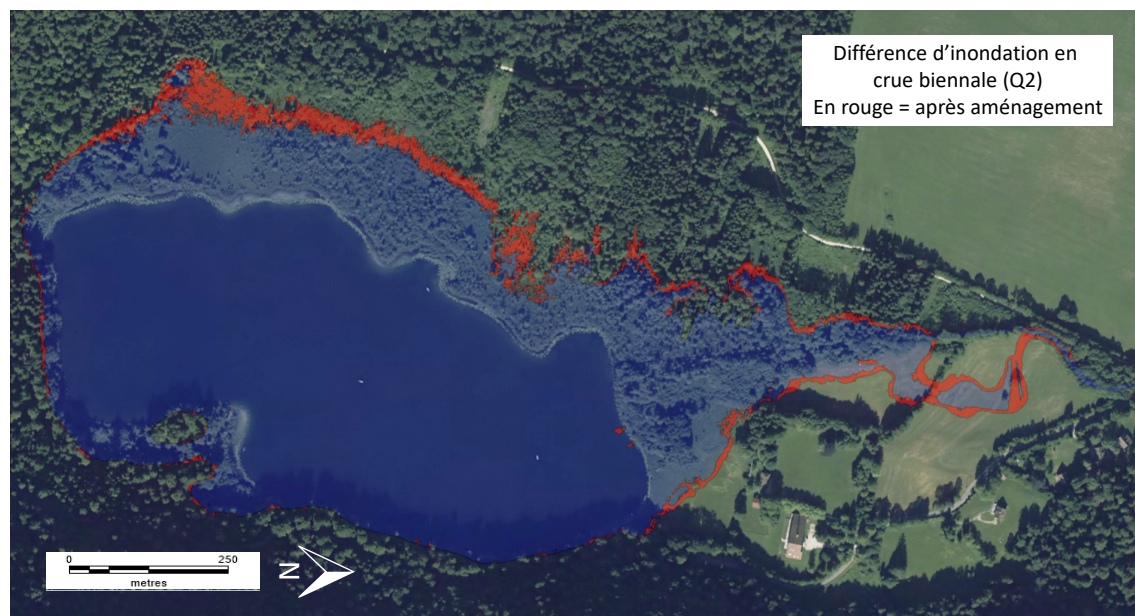


Figure 4.2 : La surfaces actuelle (alt.655.90) et future hachurée (alt. 656.60) du lac en condition « normale »

Aucun impact sur des ouvrages, des infrastructures ou des habitations n'est à signaler. L'aléa d'inondation inexistant à l'heure actuelle le restera.

4.2 EXPLOITATION AGRICOLE ET USAGES FUTURS SOUHAITÉS

L'impact de l'aménagement sur le rendement agricole sera faible. La surface inondée en période de crues est quasi identique à la situation actuelle. Un gain en rive gauche sur le tracé rectiligne actuel qui sera comblé compensera les quelques pertes engendrées par le reméandrement du Hérisson dans son thalweg. Les usages futurs devront s'inscrire dans une logique de protection des ressources en eaux notamment en évitant l'apport d'intrants, mais également à préserver de toutes autres pollutions (épandage de lisier, pesticides, etc...).

4.3 ETAT MORPHOLOGIQUE PROJETÉ

Pour les cours d'eau, la dissipation latérale de l'énergie de crue palliera un nouvel enfoncement du lit tout en préservant durablement une mosaïque d'habitat du lit mouillé. La participation des berges en termes de complexe habitationnel sera retrouvée.

Le lac, actuellement abaissé, retrouvera un niveau naturel, une surface accrue et un linéaire de rives augmenté. Son fonctionnement de lac à beine de craie sera restauré à condition que les eaux en provenance de l'amont soient de bonne qualité.

Pour les zones humides, le rehaussement de la nappe créera un cortège végétal et animal typique de ces milieux généralement riche en biodiversité et luttera contre l'enforestement.

4.4 EVOLUTION PROBABLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Le retour au niveau naturel du lac cumulé au rehaussement de la nappe phréatique contribuera à augmenter le soutien d'été. Ainsi, une dilution des polluants peut être espérée.

Les ressources en eaux seront augmentées de façon significative avec pour le lac un volume d'eau supplémentaire estimé à ~69'000 m³. Dans la zone humide avoisinante, on peut évaluer la quantité d'eau supplémentaire retenue dans la nappe phréatique à ~12'000 m³. Cela contribuera à l'apport d'eau fraîche en période caniculaire, limitera les assecs du Hérisson en aval et favorisera aussi l'autoépuration.

4.5 QUALITÉ DE LA FAUNE AQUATIQUE ESCOMPTÉE

La faune aquatique notamment piscicole devrait être la première bénéficiaire de cette restauration. En augmentant significativement la superficie du lac tout en créant des zones peu profondes favorables aux juvéniles, on peut espérer une augmentation du peuplement pisciaire. La reconnexion et la restauration du Hérisson permet également d'entrevoir un potentiel retour de la truite lacustre.

4.6 ETAT PHYTOSOCIOLOGIQUE ESPÉRÉ

Avec un ennoïement plus permanent, la situation écologique de la flore de la zone humide en rive gauche devrait sensiblement s'améliorer. Les plantes herbacées seront favorisées par rapport au développement des ligneux. La minéralisation des sols sera aussi réduite et on peut espérer un retour d'espèces rares et protégées. Les enjeux résiduels ne seront quant à eux pas affectés d'une manière significative car la récurrence de leur inondation ne sera pas sensiblement modifiée par rapport à la situation actuelle. En effet, force est de constater qu'ils se concentrent sur une tourbière type haut-marais dont l'altitude plus élevée la déconnecte de l'influence des inondations.

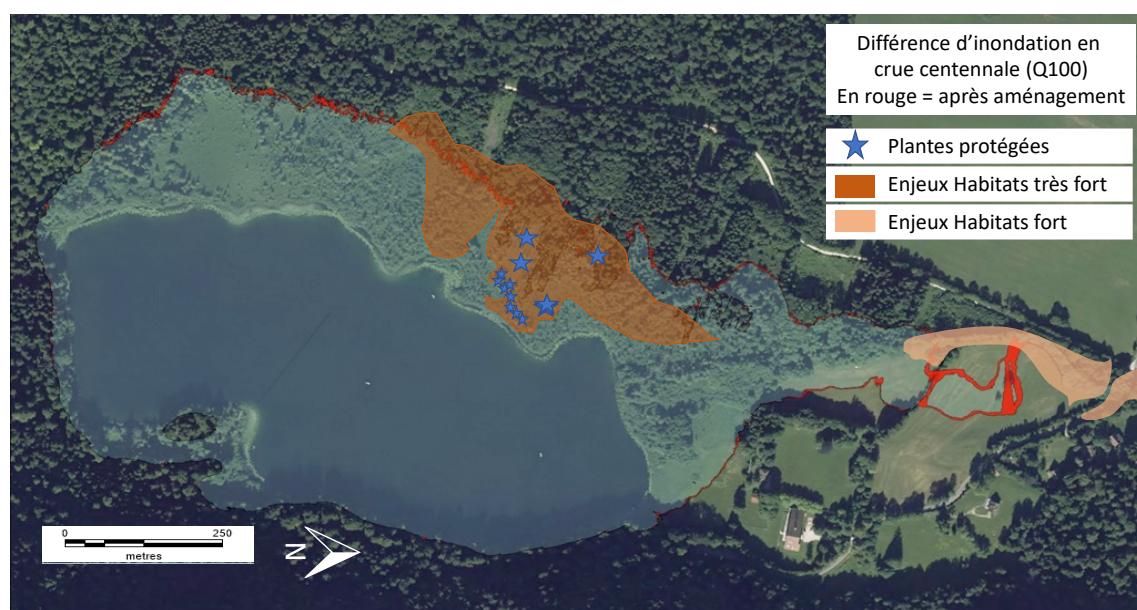
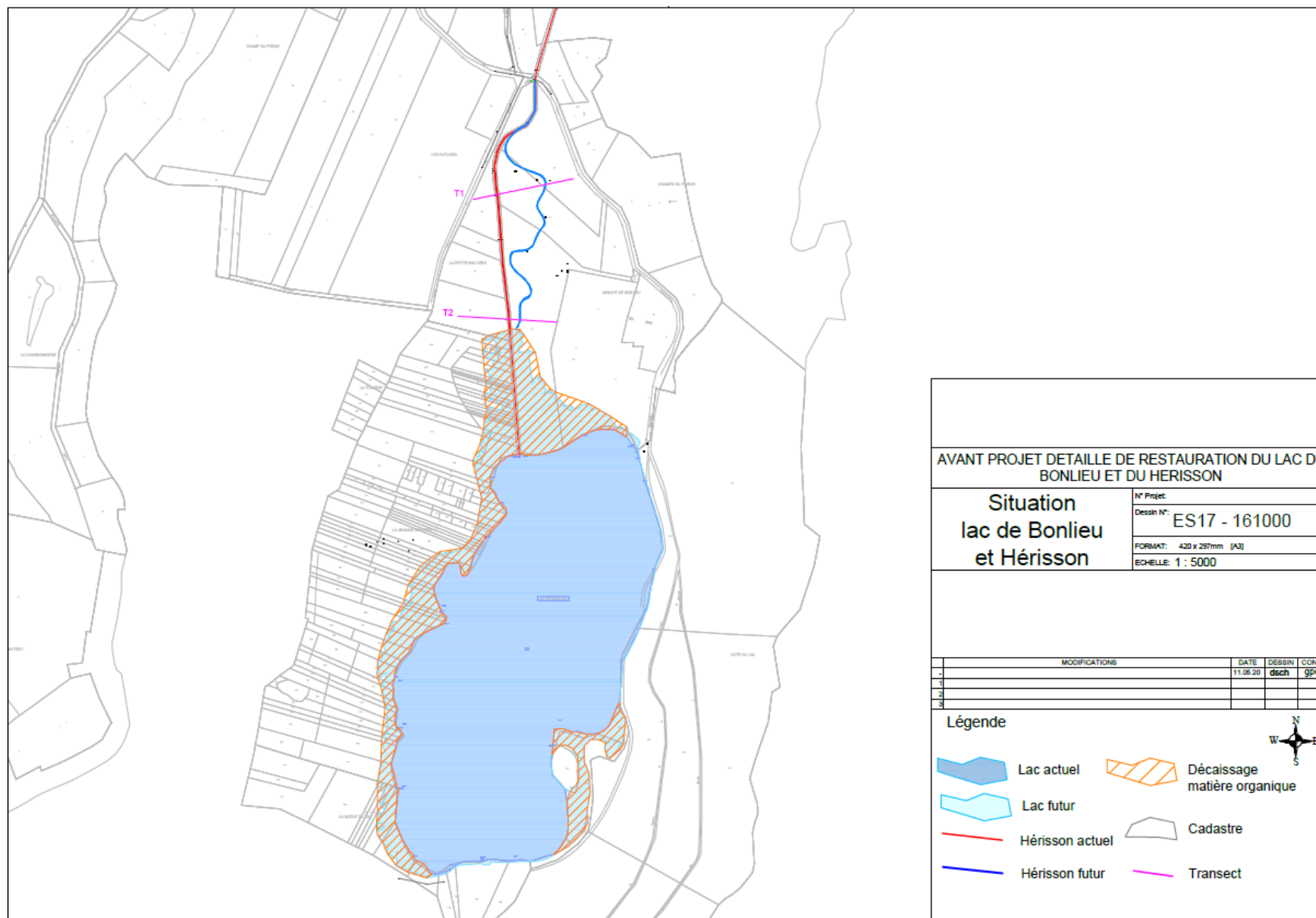


Figure 4.3 : Relation entre les zones à enjeux et les surfaces d'inondation Q100 actuelles et futures.

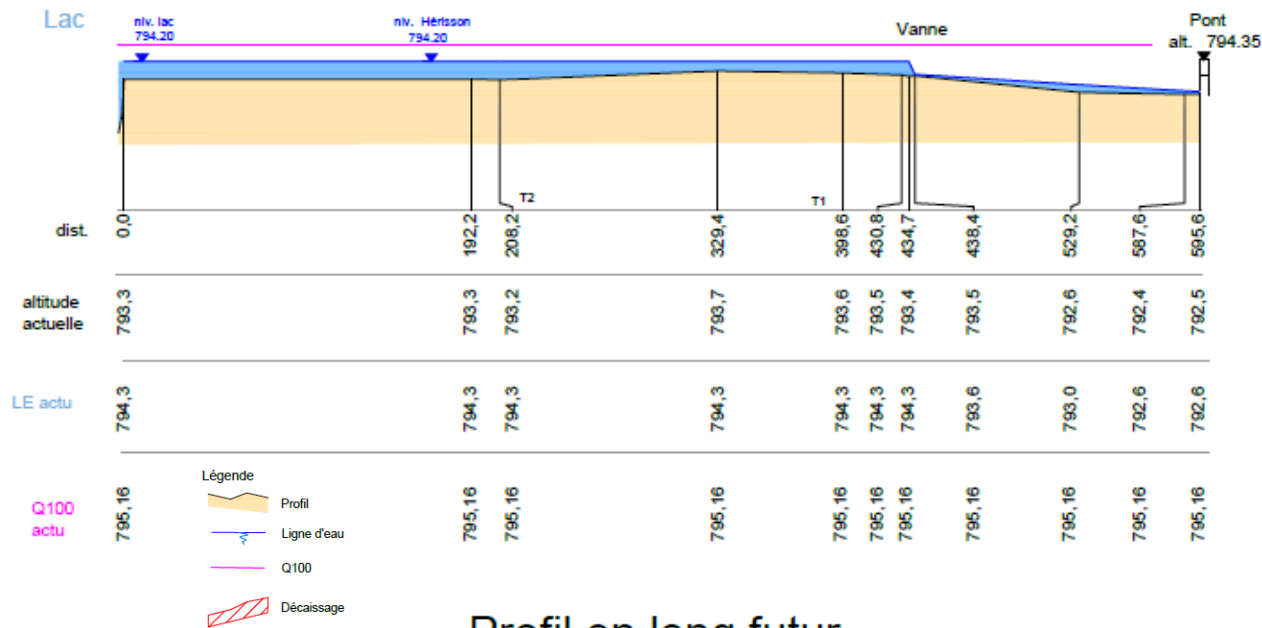
5 Bibliographie

1. SRAE. *Lac de Bonlieu (Jura) Diagnose*. 112 (1987).
2. Mouthon, J. Analyse de la distribution des malacocénoses de 23 lacs français. *Annls Limnol.* **25**, 205–213 (1989).
3. Degiorgi, F. *Étude des potentiels écologiques de 2 milieux aquatiques remarquables du site Natura 2000 'Bonlieu'*. 47 (2001).
4. Nedjai, R. *Evidence of Heavy Metal Pollution in French Jura Lakes: Observed Impacts and Countermeasures*. (2007).
5. Fagot, J. B. *Diagnostic piscicole et propositions d'actions Lac De Bonlieu (39) Rapport*. 85 (2016).
6. Blanchard, R. A. *Site Natura 2000 'Complexe des sept lacs du Jura' FR4301330. Etude et cartographie des végétations -2017*. 314 (2017).
7. Barbe, J. Étude de trois lacs du bassin de l'Ain (lac de Bonlieu, lac du Val, lac d'Antre. *Bulletin de la Fédération des Sociétés d'histoire naturelle de Franche-Comté* **LXXVI**, 71–85 (1974).
8. Verneaux, J., Verneaux, V. & Guyard, A. Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques I. Variété et densité de la faune. *Annals Limnol* **29**, 59–77 (1993).
9. Auger, V. *Lac de Bonlieu, Etang du Lautrey, Forêts et Falaises environnantes. Documents d'objectifs Natura 2000 Site n°FR4301326*. 43 p. (2001).
10. Magnin, A. *Monographies botaniques de 74 lacs jurassiens suivies de considérations générales sur la végétation lacustre*. (1904).
11. Delebecque, A. *Les lacs français*. (1898).
12. Magny, M. Sédimentation et dynamique de comblement dans les lacs du Jura au cours des 15 derniers millénaires. *Revue d'archéométrie* **16**, 27–49.
13. Tranvik, L. J., Downing, J. A., Cotner, J. B. & Weyhenmeyer, G. A. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnol.Oceanogr* **54**, 2298–2314 (2009).

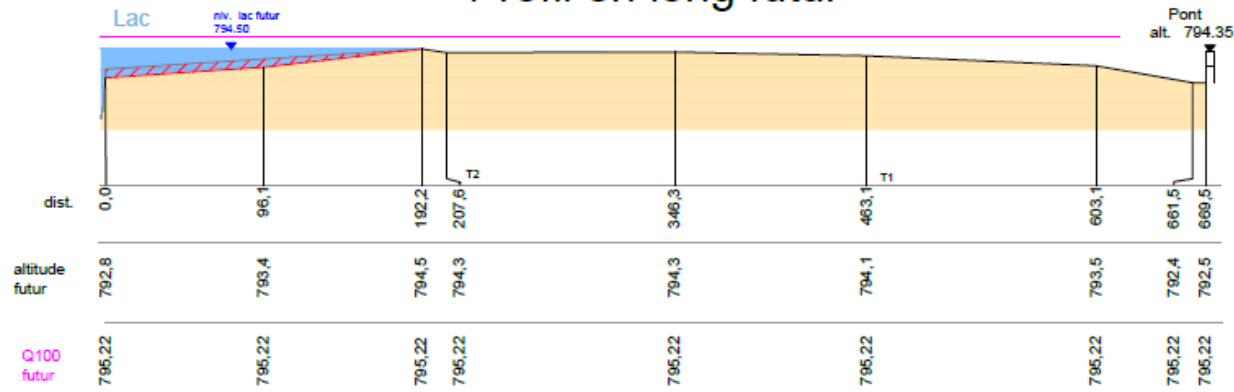
6 PLANS

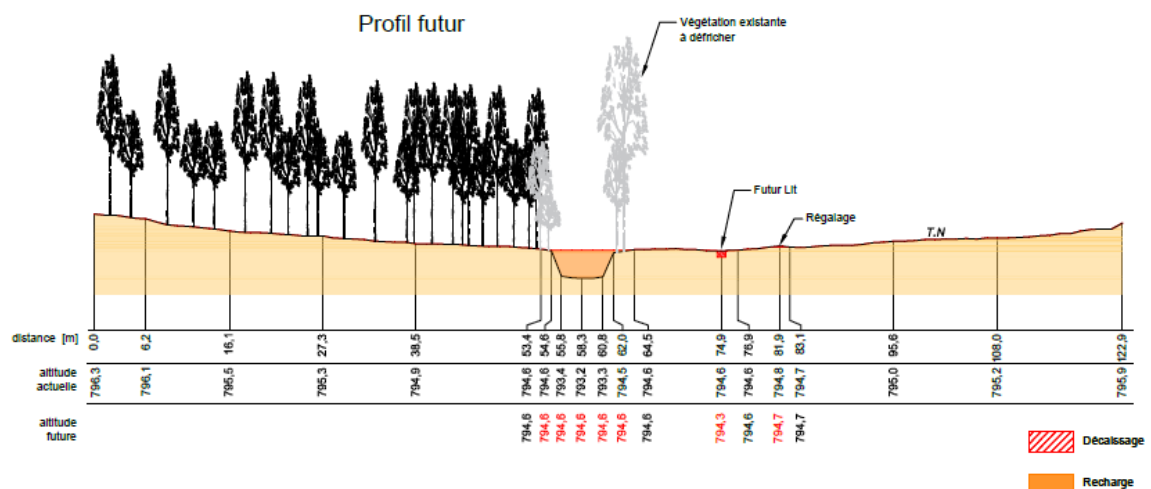


Profil en long actuel



Profil en long futur





7 ANNEXES

Cf. Rapports en pdf : Caille, Acer campestre, HTV et Teleos.