CDC BIODIVERSITE
AGENCE SUD-EST
44, RUE DE LA VILLETTE
69003 LYON

RENATURATION ECOLOGIQUE ET FONCTIONNELLE DES TOURBIERES DE LA TUILE ET DES PRADEAUX, A SAINT ANTHEME

NOTE TECHNIQUE – doc. n°25.056-APS-01

Note d'avis synthétique à propos des principes techniques à poursuivre en vue d'améliorer l'alimentation des tourbières et ralentir le processus d'assèchement en cours

Bureau d'études en ingénierie écologique
92, Quai Pierre Scize
69005 Lyon
Tel : 04.78.14.06.06
E-Mail : biotec@biotec.fr

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

La CDC Biodiversité a acquis en mai 2025 un site de 56 ha à Saint Anthème dans le Puy de Dôme, comportant deux tourbières désignées « La Tuile » et « Les Pradeaux » (environ 16ha), situées au cœur d'une plantation d'épicéas (pessières, environ 40 ha), en vue de leur restauration écologique et fonctionnelle.

Plusieurs études ont été menées sur ce site :

- *Diagnostic fonctionnel de la tourbière des Pradeaux établi en mai 2024 par Romain DUPERE (Eco Metrum), Alexandre POIRAUD (Inselberg) et Arnaud TOURMAN (Géo Sol'Eau) pour le compte de l'Epage Loire Lignon*
- *Rapport d'expertise préalable à la restauration des zones humides de La Tuile en février 2016 par M. Hervé CUBIZOLLE Professeur à l'Université Jean Monnet UMR CNRS 5600 EVS-ISTHME de Saint-Etienne*
- *Tourbière de la Tuile : Pose d'un dispositif piézométrique avant restauration et analyse des premiers résultats en octobre 2023 par Géo Sol'Eau*
- *Note complémentaire qui présente les techniques retenues par CDC Biodiversité en vue d'adapter celles prévues par H. Cubizolle dans son étude de la Tuile de 2016. Ces adaptations font suite aux échanges en juillet et août 2025 entre la CDC et Mmes Magnon et Calvar du Programme Life Tourbières.*
- *Inventaire écologique sur le site par Ecosphère en 2025 (à venir, rapport non encore disponible).*



Figure 1 Vue d'ensemble des tourbières de la Tuile et des Pradeaux et des surfaces foncières acquises par la CDC Biodiversité - Sources : CDC Biodiversité

L'objectif de l'étude est de réaliser une analyse critique des documents existants puis de préciser/amender/optimiser les propositions d'intervention afin de consolider le programme de travaux en vue de passer sur une phase opérationnelle.

La présente note se décompose **selon 2 étapes distinctes :**

Phase 1 / Analyse critique des études antérieure (DIAG)

Phase 2 / Définition des principes d'aménagement (APS)

Les sites en question ont été visités au cours de la journée du 7 octobre 2025 par l'équipe de Biotec. C'est sur la base et au regard des informations de terrain récoltées puis de l'analyse des données fournies (études antérieures, LIDAR HD de l'IGN) que les propos ci-après ont été développés. Synthétiquement, la présente note vise à faire état des enseignements essentiels issus des documents produits et de l'appréhension du site, et livre, au regard de ces constats, les principales justifications des choix techniques défendus.

2. PHASE 1 – ANALYSE CRITIQUE DES ETUDES ANTERIEURES

A propos du diagnostic :

Chacune des deux tourbières a fait l'objet d'une description de l'état actuel à travers une approche botanique/phytosociologique et pédologique.

Dans le cas des deux tourbières, la localisation et la répartition des cortèges caractéristiques des stades d'évolution des complexes tourbeux, permet de confirmer une altération fonctionnelle qui tend vers une accélération de la trajectoire de maturation due à l'assèchement.

Dans un contexte non perturbé, la trajectoire de maturation et donc d'assèchement progressif, est naturelle et se traduit par une évolution globale et homogène des formations végétales. Or, les relevés effectués dans les études antérieures, confirmés par nos observations de terrain, montrent une répartition hétérogène des différents stades de maturation au sein d'une même unité tourbeuse (voir figure 2). Ceci est le témoin d'une rupture fonctionnelle causée par une perturbation récente et importante à l'échelle du cycle de vie des tourbières dont la formation date d'environ 20 000ans.

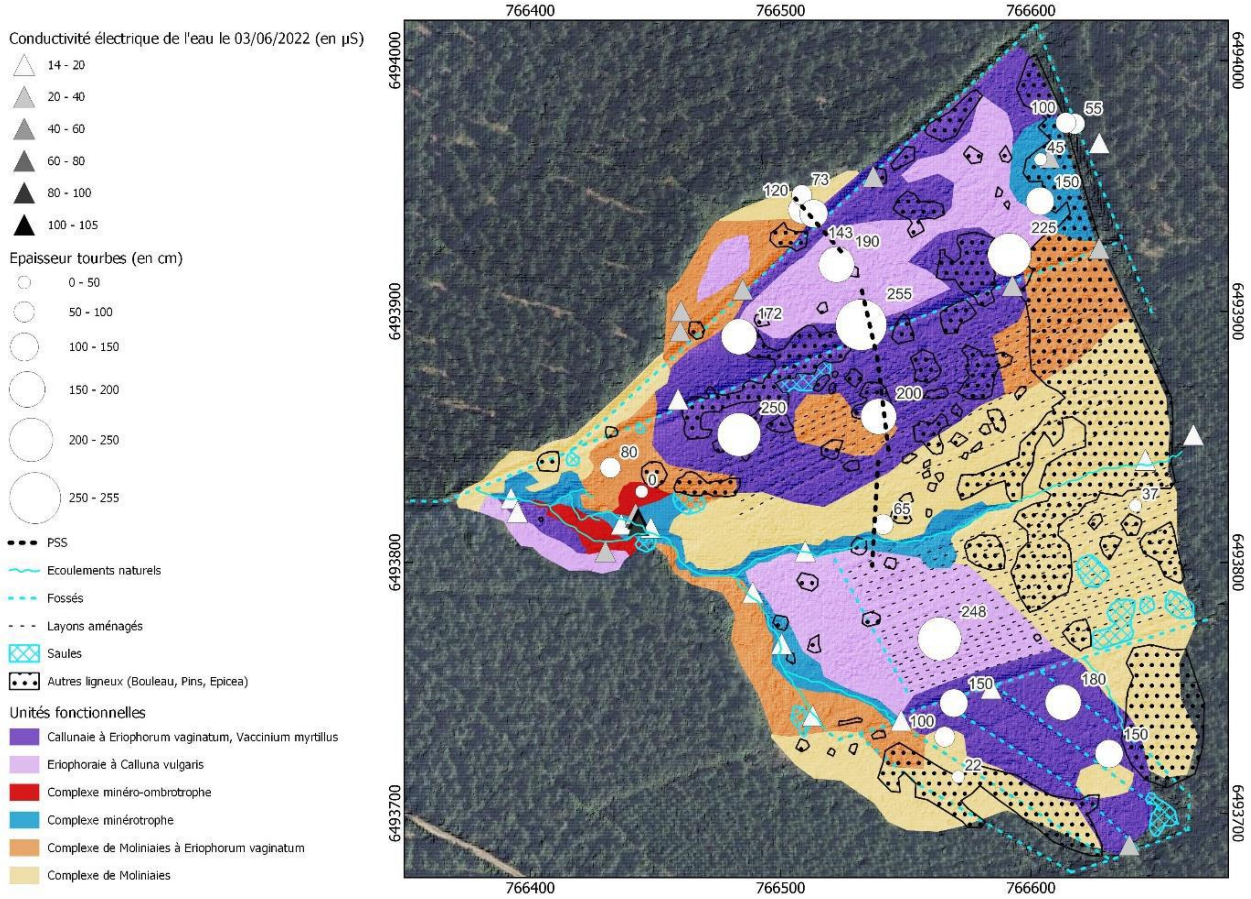


Figure 2 Cartographie des unités fonctionnelles sur la tourbière des Pradeaux (Source : EPAGE Loire Lignon, Diagnostic fonctionnel de la tourbière des Pradeaux)

Cette anomalie est particulièrement visible au niveau des principaux bombements présents (complexes ombrotrophes) qui contiennent à la fois des unités fonctionnelles très humides (molinaie à linaigrette), et d'autres plus matures traduisant une alimentation en eau moins importante ou moins constante (moliniaie à callune puis molinaie à myrtille).

Les causes probables à l'origine de ce phénomène de rupture fonctionnelle, peuvent être multiples.

Les principaux facteurs avancés sont :

- **Le drainage causé par la présence de multiples fossés** parcourant les complexes humides, creusés autrefois pour assainir le site à des fins d'exploitation. Les tentatives de plantation avec la création de sillons superficiels participent également au drainage.
- **La diminution des cumuls de précipitation** sur l'année due au changement climatique.
- **Les pratiques agro-pastorales anciennes** ayant participer à la dégradation de la tourbe de surface.
- **Les pratiques culturales actuelles (sylviculture)** participant à la captation d'une partie de l'eau disponible dans les sols et de ruissellement.
- **L'implantation et l'expansion de la molinie** qui exerce une contrainte sur la ressource par une consommation d'eau importante par évapotranspiration et favorise le cycle de maturation.

Pour parvenir à caractériser plus finement les conditions d'alimentation en eau des tourbières et évaluer le rôle des drains, une campagne de mesure piézométrique a été menée sur les deux sites pendant une année.

Il ressort des différentes analyses les constats suivants :

- Les niveaux d'eau dans la tourbe et en particulier au niveau des bombements, montrent des fluctuations très importantes en période sèche qui sont dues à un déficit de précipitation mais également et surtout à un déficit de recharge par la nappe.
- Localement, les effets directs du drainage sur les formations au contact des fossés sont peu étendus latéralement (quelques mètres). Ceci est dû à la porosité de la tourbe et à sa capacité de rétention (effet éponge). En revanche, les fossés ont un impact fort sur le drainage global de la nappe et donc sur la capacité de soutien de l'alimentation en eau des tourbières. Même si ce déficit peut être tamponné et parfois effacé par des précipitations importantes, la baisse des apports souterrains, accentuée par le drainage, provoque des ruptures prolongées d'engorgement en eau des complexes tourbeux (voir figure 3).
- Il est également identifié une forte contrainte exercée par la végétation (évapotranspiration) en période sèche et estivale sur la ressource en eau, ce qui accentue également le déficit.

Ces éléments couplés à l'analyse géomorphologique du site permettent d'affirmer avec certitude que **les réserves aquifères sont certes présentes mais de capacité limitée, ce qui les rend très sensibles à toutes formes de prélèvement** (drainage ou végétaux) et ce d'autant plus **dans un contexte où la recharge est globalement en baisse**. Confrontés désormais à un déficit saisonnier récurant, les apports souterrains jouent un rôle moins prédominant dans **l'alimentation du système qui devient, par conséquent, plus dépendante des précipitations (pluies et neiges)**.

Dans ces considérations et dans la mesure où **la trajectoire climatique actuelle** (baisse des précipitations, hausse des températures estivales et hivernales) **est de moins en moins favorable** à une saturation quasi-permanente des sols (condition nécessaire à la turfigénèse), **il est impossible d'inverser le processus de maturation engagé. Il est en revanche possible de ralentir ce processus en agissant sur les facteurs exerçant une pression supplémentaire sur les eaux de nappe, les deux principaux étant le drainage par les fossés et la sylviculture.**

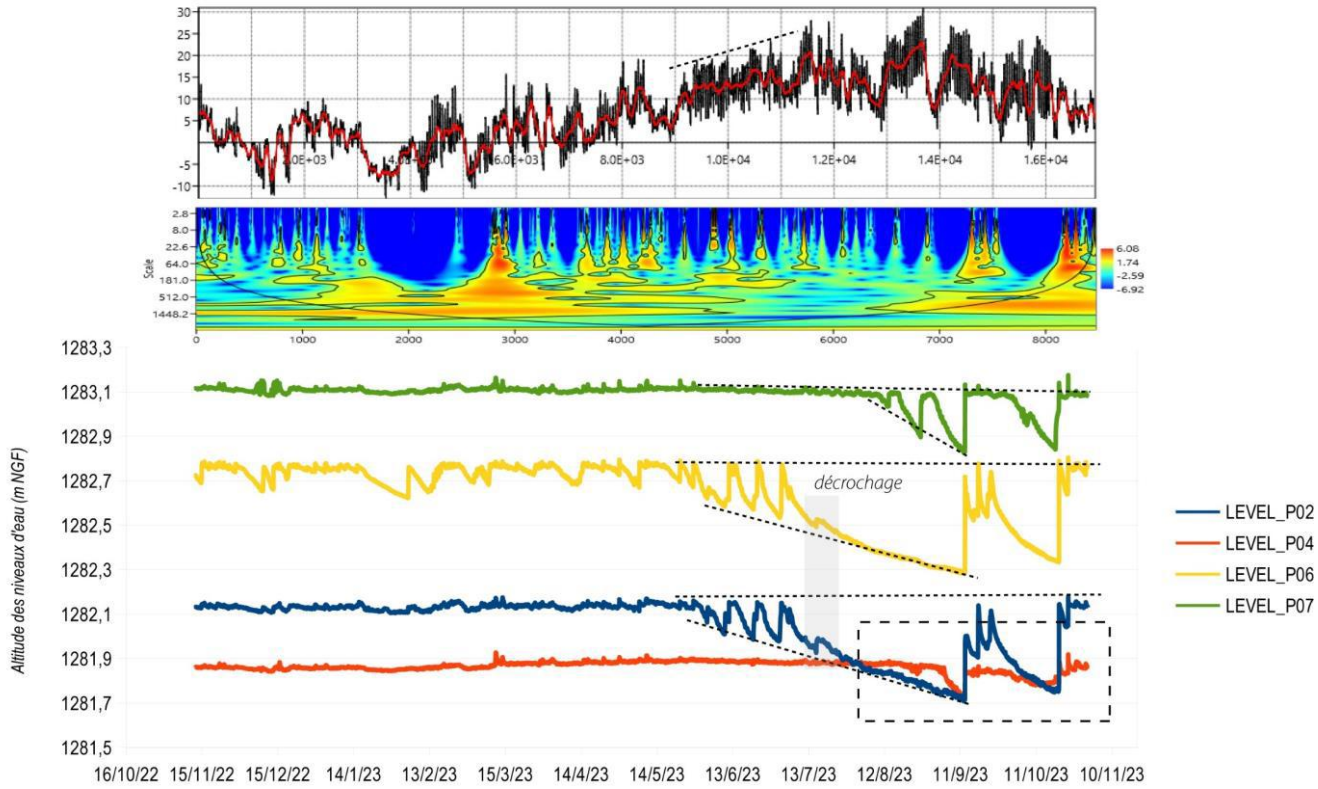


Figure 3 Zoom sur les bombements (P2, P6) et les collecteurs périphériques (P4, P7). En haut, courbe de température de l'air sur le site des Pradeaux, avec en noir les données brutes infra-horaires et en rouge les valeurs moyennées sur 96 heures. Au milieu, graphique en ondelettes de Morlet des précipitations horaires à St-Anthelme. En bas, chroniques calées en NGF. (Source : EPAGE Loire Lignon, Diagnostic fonctionnel de la tourbière des Pradeaux)

A propos des propositions d'intervention :

Les propositions développées dans chacune des études préconisent l'effacement des fossés par leur comblement et la mise en place de barrage bois pour limiter l'effet de drainage.

Si les dispositifs techniques paraissent tout à fait adaptés avec notamment la réutilisation des matériaux issus du creusement toujours présents en merlon en bordure de la plupart des fossés ainsi que l'utilisation de la sciure en complément (H. Cubizolle, expertise préalable) puis l'utilisation de panneaux de bois et d'une trancheuse pour la réalisation des barrages (CDC, descriptif technique complémentaire), l'implantation des dispositifs eux-mêmes et la justification de leur répartition méritent d'être approfondies. Pour cela, il convient au préalable de caractériser plus précisément le rôle de chaque fossé afin de redéfinir les objectifs recherchés et ainsi garantir une réelle plus-value pour le milieu.

L'analyse du modèle numérique de terrain généré à partir du LIDAR HD de l'IGN couplé aux observations de terrain ont permis de cartographier l'ensemble des fossés parcourant les tourbières. Ceux-ci sont numérotés de FT1 à FT18 pour la tourbière de la Tuile et FP1 à FP14 pour la tourbière des Pardeaux (voir cartographie en annexe). L'étude de la topographie des sites met en évidence 3 types de drains aux rôles distincts.

Le réseau de drain est en effet construit selon une ramification en « arêtes de poisson » composée de **collecteurs** (FT12, FT5, FT4, FT3, FT1 et FP4) récupérant les eaux de drains secondaires. Le rôle principal de ces collecteurs est de concentrer les écoulements et de permettre leur évacuation rapide vers

l'aval. Ceux-ci sont naturellement tous implantés sur le point bas topographique des talwegs et suivent la ligne de plus grande pente pour permettre une vitesse d'écoulement maximum. Dans le cas des deux tourbières, les collecteurs court-circuitent le lit des anciens ruisseaux plus sinueux qui occupaient autrefois le fond des vallons. La pente et la profondeur des fossés étant plus importante que celles des ruisseaux, l'ancien réseau hydrographique se trouve désormais déconnecté.

Compte tenu de leur pente importante et des flux y transitant, ces fossés sont soumis à l'érosion hydraulique et se sont pour la plupart incisés au sein des arènes granitiques sous-jacentes captant de de ce fait, une quantité importante des eaux de nappes contenue dans cette formation.
Considérant l'impact très fort sur la ressource en eau sous-terraine, la suppression de ces collecteurs se révèle prioritaire.

Contrairement aux propositions avancées dans l'expertise de M. Cubizolle, nous ne préconisons pas l'installation d'une série de barrages bois équidistants sur l'ensemble des fossés concernés mais plutôt de positionner les barrages au niveau des points de connexion avec l'ancien du lit du ruisseau. Ces bouchons renforcés permettront en effet de rehausser la ligne d'eau en amont et de rebasculer les eaux vers le tracé naturel du ruisseau toujours existant. L'ensemble des tronçons de fossé ainsi court-circuités devront être remblayés jusqu'au niveau du terrain naturel adjacent pour ne plus constituer de point bas capable de collecter d'eau. Dans la mesure où plus aucune circulation d'eau ne se produira dans ces fossés et donc plus aucune action d'érosion, il n'est pas nécessaire de renforcer ces remblais avec des barrages bois supplémentaires.

Dans le cas particulier où le fossé se confond avec le tracé du cours d'eau sur un certain linéaire comme c'est le cas ponctuellement dans la partie centrale de la tourbière de la Tuile sur environ 65 mètres (fossé FT5) ou quand le fossé suit lui-même une ancienne dépression topographique comme c'est le cas sur la partie aval des deux drains implantés sur le bombement nord de la tourbière des Pradeaux (fossé FP1 et FP2), il est en revanche ici nécessaire de mettre en place plusieurs barrages équidistants pour rehausser et stabiliser le profil en long de ces linéaires qui continueront naturellement à collecter des eaux.

Le réseau de **drain secondaires** directement connectés aux collecteurs, a pour objectif principal de drainer les eaux contenues dans les zones humides de versant. Ceux-ci sont généralement implantés au cœur et en bordures des bombements.
Comme constaté à travers les chroniques piézométriques, ces drains ont peu d'effet direct sur le rabattement des eaux contenus dans les bombements du fait de l'important pouvoir de rétention, exercé par ces formations. Ceux-ci collectent donc théoriquement peu d'eau et, tout au plus, l'eau excédentaire de la tourbe quand celle-ci est saturée.
Or, comme le tracé de ces fossés est parfaitement rectiligne et leur extension très importante, ils ne suivent pas le modelé naturel du terrain et recoupent régulièrement le réseau de talwegs existant. Ils interceptent ainsi les eaux transitant dans ces talwegs et privent les terrains environnant de toute possibilité d'alimentation et de recharge. Selon leur implantation et le nombre de talwegs interceptés, certains fossés se sont incisés jusqu'aux arènes sous l'effet des écoulements et ont un impact très significatif sur la ressource en eau disponible.

Le tracé des points bas naturels (ou talweg) réalisé à l'aide des données LIDAR et des cartographies du réseau d'écoulement théorique présentées dans les études antérieures, a permis d'identifier les fossés secondaires susceptibles de collecter un volume d'eau important (FT7, FT9) à traiter en priorité.
Pour ces fossés particuliers et comme pour les collecteurs principaux, il est préconisé d'installer un barrage au niveau des points de connexion avec les talwegs et de remblayer les tronçons court-circuités jusqu'au niveau du terrain naturel. Pour les fossés ne recoupant pas ou peu de talwegs ou des talwegs de faible extension, il ne semble pas indispensable de combler les fossés vu le peu d'eau collectée. Pour ceux-là, les barrages pourront être constitués en bois quand la pente du fossé est importante ou par un simple bouchon de matériaux quand la pente du fossé est réduite.

La dernière série de drains ou **drains tertiaires**, se situe en bordure amont des tourbières et sont implantés presque perpendiculairement à la pente du terrain (FT11, FT17, FT18, FP3, FP13). Il s'agit de drains sensés intercepter les eaux de ruissellement provenant du bassin versant. Si ces drains ont peu d'effets directs sur le rabattement des lignes d'eau au sein des tourbières, ils peuvent en revanche limiter significativement l'alimentation des terrains en aval en détournant une partie importante des apports de surface. Comme ces drains sont très peu pentus, les contraintes d'érosion sont faibles, il ne parait pas nécessaire d'y implanter des barrages. Un comblement total pour restaurer la continuité des écoulements de surface semble suffisant.

Sur la base de ces premières intentions et de la cartographie réalisée (voir vues en plan en annexe), le traitement des fossés sur la tourbière de la Tuile comptabilise 46 barrages à édifier et plus de 2600 mètres linéaires de fossé à combler. La tourbière des Pradeaux de taille plus modeste, comptabilise 12 barrages et 1450 mètres linéaires de fossé.
A noter que ces propositions d'interventions se sont intéressées au système de drainage de chaque tourbière dans leur globalité et ne tiennent pas compte des emprises foncières de la CDC. Si l'on s'en tient aux emprises disponibles, les fossés affectant le bombement sud de la tourbière des Pradeaux ne seront pas pris en compte, soit environ 700 mètres linéaires de fossés non comblés.

Outre le traitement des drains, il parait également utile de s'intéresser à la pratique de la sylviculture se déployant sur tout le pourtour et au plus proche des tourbières. Même si l'impact sur la ressource ne peut être quantifiée avec précision, il est en revanche certain que ce type de plantation est très consommateur d'eau par évapotranspiration puis limite l'épaisseur et réduit la subsistance du manteau neigeux au sol par rétention sur les branchages. L'impact sur l'acidification des sols et des eaux est également important.
Il est donc préconisé **l'abattage des lisières boisées** sur une bande de minimum 30 mètres de large et un abattage plus conséquent sur la partie amont de l'impluvium, l'idéal étant de supprimer toute forme de sylviculture sur l'ensemble du bassin versant amont. Dans le cadre de l'étude, l'abattage des résineux se limitera aux emprises foncières de la CDC quand celles-ci vont au-delà de la bande de 30 mètres minimum.

Enfin, dans la continuité des abattages de lisière et **dans les secteurs les plus dégradés où les sols sont désormais minéralisés, il est préconisé de décaper l'horizon superficiel de la tourbière** pour tenter de relancer le processus turfigène. Les matériaux extraits pourront être réutilisés dans le cadre des travaux pour le comblement des fossés.
Il faut noter que l'efficacité de cette intervention est tributaire de l'impact des actions menées sur les drains et la sylviculture, sur la ressource en eau et l'alimentation de la tourbière. Si les sols demeurent insuffisamment saturés, la turfigénèse ne sera pas effective. Une autre dynamique végétale pourra néanmoins s'installer et participer au rajeunissement et à la diversification des habitats.

3. PHASE 2 – DEFINITION DES PRINCIPES D'AMENAGEMENT

A propos des barrages bois :

Comme énoncé ci-avant, il est préconisé l'édification de deux types de barrage en bois dont la structure dépend de leur rôle et de leur implantation.

Le premier type de barrage (appelé « **type 1** ») est utilisé pour barrer les écoulements provenant d'un talweg ou d'un ruisseau qui sont interceptés par un fossé et ainsi assurer la continuité des écoulements dans le réseau hydrographique naturel. **L'ouvrage a donc pour vocation de boucher entièrement le fossé afin de supprimer le point bas existant**.
Si le sol comporte des racines ou souches de ligneux ou un horizon caillouteux en fond, le barrage pourra être assemblé au sein d'une tranchée préalablement terrassée à la pelle mécanique. Il sera constitué de planches superposées horizontalement et fixées entre elles au moyen de piquet de bois fichés en profondeur.

Si le sol est composé essentiellement de tourbe tendre, le barrage pourra être enfoncé directement dans le sol après l'utilisation d'une trancheuse (lame métallique montée sur un engin à vérins hydrauliques). Il sera constitué d'un panneau en bois plein.
Dans les deux cas, le barrage doit être suffisamment ancré latéralement (~50cm) et en profondeur (~20 à 30cm) pour garantir sa solidité mais également limiter les circulations d'eau résiduelle susceptibles d'emprunter l'ancien fossé (voir profils types en annexe).
L'édification de ces barrages doit s'accompagner de la mise en place d'un **remblai de matériaux de part et d'autre de l'ouvrage de manière à constituer un bouchon robuste** dans le temps et capable de limiter les circulations d'eau interne. Selon la priorité de comblement affectée à chaque fossé (voir vues en plan en annexe), ce remblai peut concerner tout le linéaire du fossé ou au minimum une dizaine de mètres autour de l'ouvrage. Le fossé doit être comblé jusqu'à la hauteur du terrain naturel et jusqu'à la jonction avec le talweg où la berge devra être reconstituée dans la continuité du modelé existant (voir plan schématique ci-dessous).

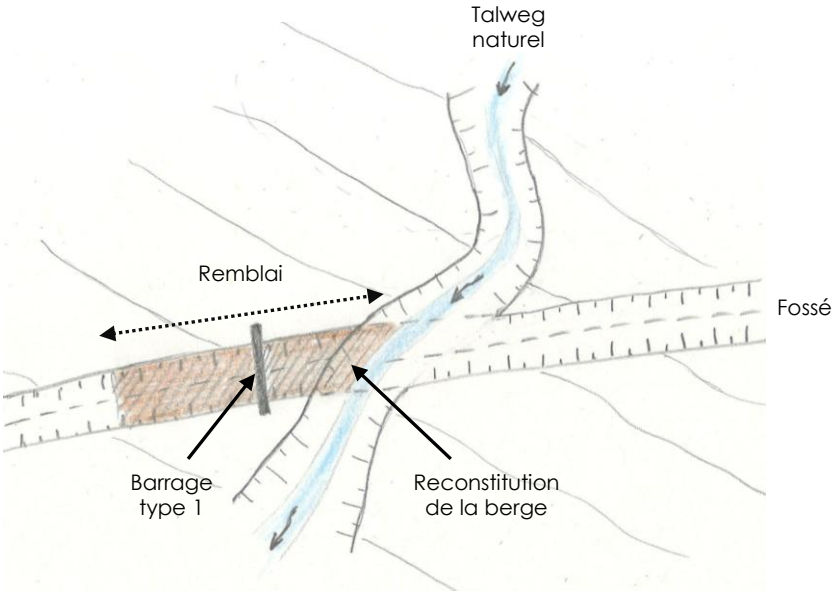


Figure 4 Plan schématique du principe d'installation d'un barrage de type 1 à la jonction avec un talweg naturel

Le deuxième type de barrage (appelé « **type 2** ») est utilisé pour rétablir le profil en long d'un linéaire de talweg naturel impacté par le creusement d'un fossé. **L'ouvrage a donc pour vocation de rehausser la ligne d'eau et de stabiliser le fond de talweg qui demeure soumis aux écoulements**.
Ces barrages doivent donc présenter une géométrie échancrée permettant de guider les écoulements au centre du chenal et une structure renforcée capable de résister dans le temps.
La mise en place du barrage sera réalisée au sein d'une tranchée réalisée préalablement à la pelle mécanique. L'ouvrage sera composé de rondin de bois superposés horizontalement et fixés sur deux paires de pieux en bois battus dans le sol.
L'ouverture de l'échancrure centrale sera de forme trapézoïdale et de largeur légèrement réduite par rapport à la largeur du fond du lit existant pour permettre de concentrer les écoulements. Les ancrages latéraux seront relativement importants (~1m) pour limiter le risque de contournement de l'ouvrage (voir profil type en annexe).
La pente globale et le profil en long du ruisseau seront rétablis sur l'ensemble du linéaire concerné, par la **mise en place d'un remblai de matériaux adaptés permettant la reconstruction d'un fond de lit**.
Dans le cas de la tourbière de la Tuile, le tronçon concerné sur le fossé FP5 montre une pente relativement importante (~ 3.4%). Il est donc préconisé, dans ce cas de figure, d'utiliser des matériaux contenant une armature d'éléments grossiers. Pour ce faire, des graviers et blocs issus de la couche d'arène granitique sous-jacente pourraient avantageusement être récupérés dans le fond d'un fossé

incisé destiné à être comblé (FT3 ou FT4 par exemple). Une attention particulière doit être accordée à **l'étanchéité du barrage** afin d'éviter les circulations d'eau entre les bois et la formation de renards hydrauliques à terme. Pour ce faire, la pratique veut qu'un feutre de géotextile synthétique soit installé contre la parai amont du barrage et ancré sous les remblais sur quelques dizaines de centimètres. Néanmoins, dans une logique de développement durable, il est désormais privilégié l'utilisation de matériaux argileux sur une épaisseur d'environ 50cm. Dans ce contexte, ces matériaux pourront être issus des horizons de tourbe dégradée décapés dans le cadre du chantier.
Le fil d'eau de chaque barrage sera implanté sur le fond du lit restauré de manière à ne former aucune chute sur le profil en long global (voir profil en long du fossé FT5 en annexe). Selon la dynamique hydraulique qui s'installera à la suite des travaux, il est possible qu'une partie des matériaux de fond de lit soit mobilisée. Ceci ne remet pas en cause la stabilité du tronçon qui sera fixée par la présence des différents seuils et évitera ainsi la propagation d'une éventuelle érosion régressive en amont (voir plan schématique ci-dessous).

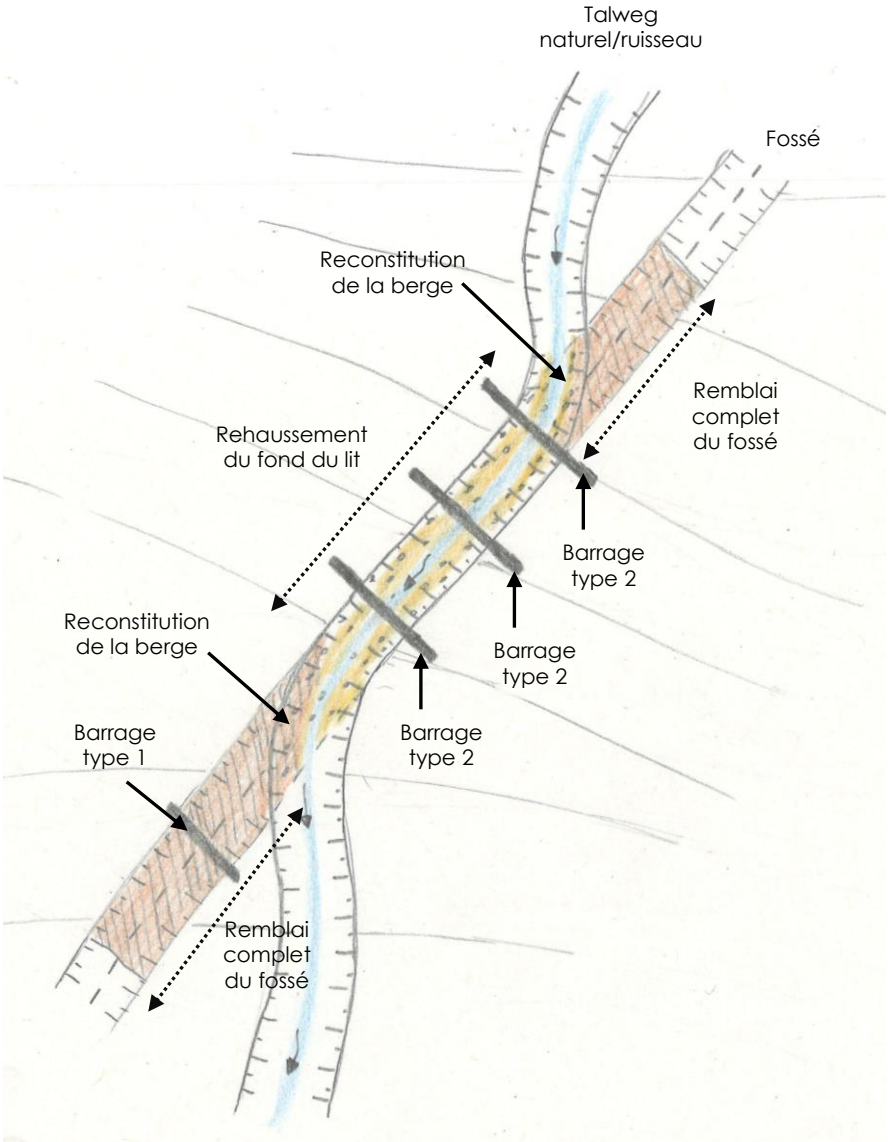


Figure 4 Plan schématique du principe d'installation d'un barrage de type 2 sur l'emprise d'un talweg naturel

Dans l'idéal, **le bois utilisé pour la confection des barrages est issu de bois de classe 3 ou inférieure** (selon la norme EN 350-2) pour éviter une dégradation trop rapide. Ce bois pourrait

avantageusement être issu des travaux d'abattage réalisés dans le cadre du chantier si les essences sont adaptées (pour mémoire, le sapin et l'épicéa cultivés aux abords des tourbières sont de classe 4 et 5 donc peu durables). En outre, les éléments devant être relativement calibrés pour faciliter leur assemblage, il est indispensable qu'une partie de ceux-ci soit façonnée en scierie (rondins et planches).

Le positionnement des barrages selon leur type est indiqué sur les vues en plan relatives à chacune des deux tourbières concernées (voir en annexe). Pour mémoire, seuls les fossés compris dans les emprises acquises par la CDC Biodiversité, ont été pris en compte.

A propos du comblement des fossés

Le comblement des fossés a été hiérarchisé par ordre de priorité. Les fossés considérés comme ayant un impact significatif sur le drainage de la nappe souterraine et sur l'alimentation en eau des formations tourbeuses sont classés en priorité 1. Il s'agit des fossés interceptant une grande partie du réseau hydrographique naturel et/ou qui présentent une incision atteignant la couche d'arène granitique.
Les fossés de priorité 2 sont ceux implantés au sein ou aux abords des bombements. Ceux-ci sont considérés comme ayant un impact moindre sur le drainage de la nappe ou sur l'alimentation des formations tourbeuses.
Pour mémoire, cet ordre de priorité ne concerne pas l'édification des barrages qui est une opération essentielle et préalable à la réalisation des comblements.

Les matériaux utilisés pour le comblement complet des fossés (hors linéaires interceptant les fonds de talweg existants) **seront en priorité issus des merlons de curage** positionnés en bordure des fossés. Comme une partie des fossés a subi une incision due à l'action des écoulements, notamment ceux répertoriés en priorité 1, **un volume complémentaire de matériaux est nécessaire** pour parvenir à leur effacement complet (remblaiement jusqu'au niveau du terrain naturel adjacent). Ces matériaux pourront être **issus du décapage de l'horizon superficiel des surfaces de tourbière dégradée** (voir plus loin) **et de produits issus du broyage d'une partie des arbres abattus** dans le cadre des travaux (sciure et fins copeaux de bois).
L'utilisation de ces matériaux doit permettre de **reconstituer un massif ayant une perméabilité s'approchant des massifs tourbeux environnant** afin de ne pas créer, soit de barrière hydraulique (cas de matériaux trop imperméables), soit de drain (cas de matériaux trop perméables). C'est pourquoi il est préconisé de mélanger les différents types de matériaux préalablement à leur mise en place et ce afin d'obtenir une certaine homogénéité dans la structure du remblai, plutôt que de procéder par couches successives.
Dans cette même perspective, il est recommandé de **ne pas compacter les remblais** lors de leur mise en œuvre au risque de diminuer trop fortement leur perméabilité. Pour anticiper les futurs tassements résiduels qui apparaitront naturellement avec le temps, il sera nécessaire de prévoir de rehausser légèrement la cote du remblai (environ 20% de la hauteur du remblai) pour éviter la formation d'une dépression au droit des fossés.

D'après l'estimation des volumes réalisée au moyen des données LIDAR et la génération de profils en travers des fossés de priorité 1 (voir profils en travers en annexes), environ 50% des volumes nécessaires seraient présents au niveau des merlons longeant chaque fossé. Ces volumes pourraient être compléter à raison de 35% de matériaux de décapage et de 15% de résidus de bois (sciures, copeaux).

A propos du décapage des horizons de tourbière dégradée

Des horizons superficiels de tourbe fortement dégradés par l'assèchement sont constatés en lisière de la pessière longeant la bordure nord de la tourbière de la Tuile, en partie aval (voir vue en plan en annexe). Ces horizons ayant subi une altération irréversible empêchant tout éventuelle relance d'une dynamique turfigène, il est préconisé un décapage afin de découvrir l'horizon tourbeux sous-jacent et

de diversifier les conditions d'humidité des sols par création de légères dépressions. En première approche, il est estimé un décapage sur une trentaine de centimètres en moyenne. Cette épaisseur sera à adapter en fonction de la nature des horizons rencontrés en profondeur.
L'opération sera accompagnée d'un modelage permettant la formation d'une microtopographie favorable à la rétention de l'eau (gouille, mare) à adapter à la configuration des lieux.

Pour mémoire, pour améliorer les conditions d'alimentation en eau des surfaces décapées, il parait important d'accompagner cette mesure par la suppression des plantations de résineux qui sont en lisière, sur une bande minimum de 30 mètres de larges. Même si ces travaux ne sont pas pris en compte dans la présente étude car en dehors des emprises foncières acquises par la CDC, ils sont fortement recommandés.

A propos des travaux de défrichement des pessières

Il a été vu que les plantations de résineux étaient capables de capter une quantité importante d'eau provenant de l'impluvium alimentant les tourbières. **Dans l'idéal, il conviendrait donc de défricher toutes les surfaces gagnées par les plantations sur les horizons tourbeux et celles comprises dans le périmètre du bassin versant amont**.
Les surfaces acquises par la CDC et dédiées à la conversion en estives sur la tourbière de la Tuile (voir vues en plan en annexe) correspondent en grande partie aux surfaces fléchées ci-avant. Néanmoins, il est nécessaire d'étendre les travaux d'abattage sur le pourtour des tourbières tel qu'indiqué sur les plans en annexe ou, si impossibilité, au minimum, sur une largeur de 30 mètres.

Il ne semble pas nécessaire de procéder à l'abattage systématique des quelques arbres se développant au cœur de la tourbière hormis ceux compris dans l'emprise des travaux (rebouchage des drains ou décapage). Ces sujets, globalement isolés, sont certes le témoin du phénomène d'assèchement en cours mais n'exercent pas une pression importante sur la ressource en eau. L'effet de leur abattage sur le fonctionnement de la tourbière serait négligeable. Il est par ailleurs probable que les mesures de restauration prévues sensées améliorer l'engorgement en eau des sols, si elles sont menées à termes et dans leur entièreté, limitent leur expansion voire leur survie.

Les travaux de défrichement des pessières pourront se limiter à l'**abattage des arbres sans dessouchage**. Les souches laissées en place n'ont pas d'impact sur la ressource et peuvent même constituer des habitats riches en biodiversité le temps de leur dégradation. Les fûts seront débardés et valorisés pour partie pour les besoins du chantier. Il conviendra en effet de **réserver une partie des bois à broyer finement** pour obtenir la sciure et les copeaux nécessaires au remblaiement des fossés. Si, par hypothèse, il est considéré que chaque arbre permet de produire 1.5m3 de bois, alors environ 120 à 130 arbres seraient nécessaires pour obtenir le volume de copeaux prévu pour le comblement des fossés de la tourbière de la Tuile et environ 70 à 80 arbres pour la tourbière des Pradeaux.
Après ébranchage des fûts, il est important de prévoir la **récupération des branches pour dégager la surface du sol**. Selon la quantité de résidus obtenue, tout ou partie pourra être broyé et les copeaux éparpillés sur place en prenant bien soin d'éviter de créer un paillage empêchant la croissance des végétaux. Les éventuels surplus de broyats pourront être, soit exportés, soit mis en andain à la lisière des pessières limitrophes.

Le coût de l'opération de défrichement est difficile à estimer car très fortement dépendant de la valeur du bois abattu. **Ce coût n'a pas été pris en compte dans l'estimation des travaux et devra être évalué par un professionnel forestier** qui prendra en compte la qualité du bois et le niveau de maturation de chaque parcelle concernée. A titre d'information, le bois entreposé en bord de route (comprenant l'abattage, l'ébranchage, le débardage et la mise en stock) est généralement évalué entre 50 et 60 € HT/m3.

4. A PROPOS DE LA MISE EN OEUVRE DES TRAVAUX

Intervenir au sein d'une tourbière réclame attention et savoir-faire (au-delà des mises en garde usuelles et préalables qui prendront corps au sein d'un CCTP travaux). Les engins utilisés pour mener à bien ces opérations devront donc être de faible portance et de gabarit adaptés (pelles équipées en chenilles marais probablement, dumper sur chenille) afin de limiter les perturbations puis faciliter les déplacements sur site.

La période d'intervention pour les engins les plus lourds (tombereau, chargeur…) devra être judicieusement choisie afin d'éviter les périodes où les terrains seront peu portants. Dans un tel contexte, les périodes d'étiage sont à rechercher préférentiellement. La fin d'été (août/septembre) où les précipitations sont limitées aux effets des orages ponctuels, semble être la période la plus appropriée.

Concernant la gestion des fines lors des interventions dans le lit des ruisseaux, la mise en place des pièges à sédiments (types barrages filtres – treillis biodégradables) seront requis, car l'assèchement complet du lit, même sur un court tronçon, sera vraisemblablement impossible compte tenu des arrivées d'eau de nappe. La nécessité d'une pêche électrique de sauvegarde notamment sur les tronçons aval devra être évaluée.

Les qualités du personnel de l'entreprise de travaux et de son encadrement technique conditionnent pour une large part la réussite du chantier. Les compétences ainsi que les moyens matériels des entreprises qui s'engagent dans la mise en œuvre de ce type de travaux de génie écologique sont hybrides et multiples, et celles maîtrisant parfaitement l'ensemble de ces disciplines ne sont pas nombreuses. Il s'agit en effet de comprendre le fonctionnement d'un hydrosystème, de maîtriser les domaines du génie rural et forestier, tout en se montrant capable d'effectuer des travaux plus lourds propres au terrassement. Le savoir-faire du bon machiniste, la connaissance du végétal, le sens pratique de la construction et une sensibilité aiguë à l'environnement constituent un amalgame certes difficile à obtenir, mais indispensable à la maîtrise de telle opération.
Par expérience, une équipe de trois à quatre personnes pour ce type de chantier constitue un modèle d'organisation adapté.

5. A PROPOS DES INDICATEURS DE SUIVI

Les indicateurs doivent être simples à mesurer, informatifs et faciles à reproduire. Ainsi, se focaliser sur les indicateurs de suivis naturalistes « classiques » type : étude faune-flore-habitats 4 saisons, recherche d'espèces patrimoniales, etc., n'est pas pertinent pour évaluer l'efficience de ces travaux de restauration. En revanche, ils peuvent être les témoins du réenclenchement d'un nouveau cycle et du passage par différentes étapes (en commençant par les plus pionnières), suscitant la curiosité de l'observation fugace d'espèces nouvelles ou disparues.
Nous insisterons ici sur des indicateurs plus ciblés et témoins des objectifs de restauration et laisseront le porteur de projet juge de l'intérêt d'en proposer d'autres.

Indicateur de fonctionnalité :

- **Suivi de l'évolution de la nappe** : établissement et suivi de profils piézométriques dans le temps (pose de piézomètres de part et d'autre d'un drain comblé, positionnés 2 et 10 mètres de distance par exemple). A suivre sur 5 ou 10 ans. Implique du matériel particulier.

- **Variante possible : indice Rhomeo I03** ; dynamique hydrologique de la nappe – piézomètres. Il permet d'apprécier la dynamique d'évolution de la nappe : https://rhomeo-bao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/I03_ZH_Boite-outils.pdf)

- **Suivi bryophytique** : les communautés bryophytiques sont parmi celles qui réagissent le plus rapidement et le plus efficacement aux changements de milieu. Plusieurs protocoles ont déjà été

testés. A minima, la mise en place de placettes 1 m² (éventuellement redécoupées en 4) aux abords des zones restaurées et témoin (10-15 placettes par tourbières) : https://sourcesenaction.fr/wp-content/uploads/2025/08/celle_2020_suivi_bryophytes.pdf. Pas de temps 5 ans (année n+1 ou 2 et n+5, n+8). Implique une bonne connaissance des bryophytes des tourbières.

- **Indice Rhomeo I02** ; **Indice floristique d'engorgement**. Facile à mettre en œuvre, il permet d'évaluer assez finement l'évolution de l'humidité du sol en lien avec la végétation. Mise en place de quadrats avec des placettes dont la taille varie selon le type de végétation. Calcul d'indices par placette et évolution dans le temps. Pas de temps 3 ans (année n+1 + 4 et + 7 ans). Implique de bonnes connaissances botaniques.

Indicateurs naturalistes :

- **Indice Rhomeo I10 : indice d'intégrité des peuplements d'odonates** : https://rhomeo-bao.fr/?q=indicateurs_10. Bon indicateur de changement de milieu. Pas de temps 3 à 4 ans (année n+1 et n+4).

Indicateurs mixtes :

- **Cartographie d'habitats** avec relevés phytosociologiques à l'association et intégration si possibles des cortèges bryophytiques. Echelle à convenir. Pas de temps 10 ans (démarrage année n+2 ou 3). Implique de bonnes connaissances phytosociologiques et un soin particulier lors des inventaires.

6. CONCLUSION

Ce sont les connaissances et expériences acquises dans les domaines de la restauration et le réaménagement fonctionnel de cours d'eau qui ont conduit à l'élaboration de ces analyses et prescriptions techniques. Si les consignes d'intervention qui y sont développées, sont le fruit de l'expérience et de l'observation, et sont, à ce titre, tout à fait opérationnelles, elles rappellent que face à des cas de figures singuliers, **les procédés les plus simples seront toujours gages du maximum de succès.**

Mise au point selon une philosophie d'aménagement « pragmatique » visant à tenir compte et autant qu'il est possible des caractéristiques des milieux en place, une telle opération nécessitera pour être reproductible, la mise en œuvre d'un suivi des interventions conduites et, en particulier, des évolutions sur les plans physique et biologique des deux tourbières. Les enseignements alors livrés par ce suivi permettront d'améliorer la connaissance scientifique des concepteurs et acteurs du « Monde de l'Eau » puis d'« enrichir » nécessairement de futures réalisations.

Lyon, le 23 janvier 2026,
BIOTEC Ingénierie écologique,
Cécile DAURIAT et Ghislain HUYGHE

7. ANNEXES

- Cartographie de la tourbière de la Tuile et localisation des propositions d'intervention.
- Cartographie de la tourbière des Pardeaux et localisation des propositions d'intervention.
- Profils types de barrages et profil en long du ruisseau restauré sur la tourbière de la Tuile.
- Profils en travers relatifs au comblement des fossés sur la tourbière de la Tuile,
- Profils en travers relatifs au comblement des fossés sur la tourbière des Pradeaux,
- Estimation des couts de travaux.

Tourbière des Pradeaux
Propositions d'intervention

Légende

- Propriété CDC
- Profil en travers

Fossé (FP)

- Comblement priorité 1
- Comblement priorité 2
- Hors périmètre

Barrage

- Type 1

Point bas naturel

- Ruisseau
- Talweg
- Déboisement prioritaire
- Décapage horizon superficiel
- Bombement omphrotrophe existant

Courbes de niveau

- 0.5m
- 1m

0 100 200 m

BIOTEC

Tourbière des Pradeaux
Propositions d'intervention

Légende

- Propriété CDC
- Profil en travers

Fossé (FP)

- Comblement priorité 1
- Comblement priorité 2
- Hors périmètre

Barrage

- Type 1

Point bas naturel

- Ruisseau
- Talweg
- Déboisement prioritaire
- Décapage horizon superficiel
- Bombement omphrotrophe existant

Courbes de niveau

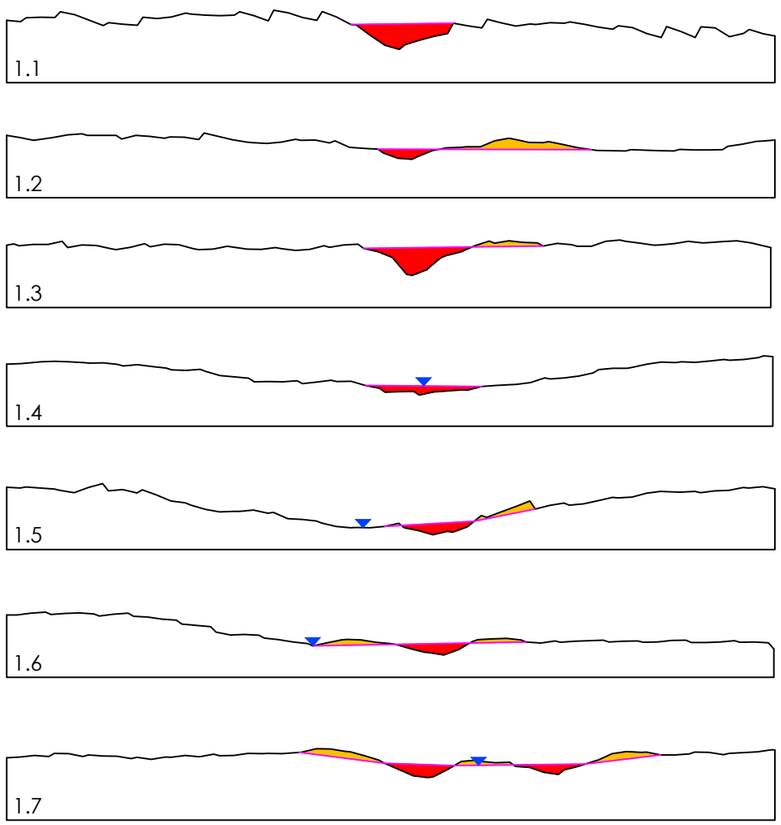
- 0.5m
- 1m

0 100 200 m

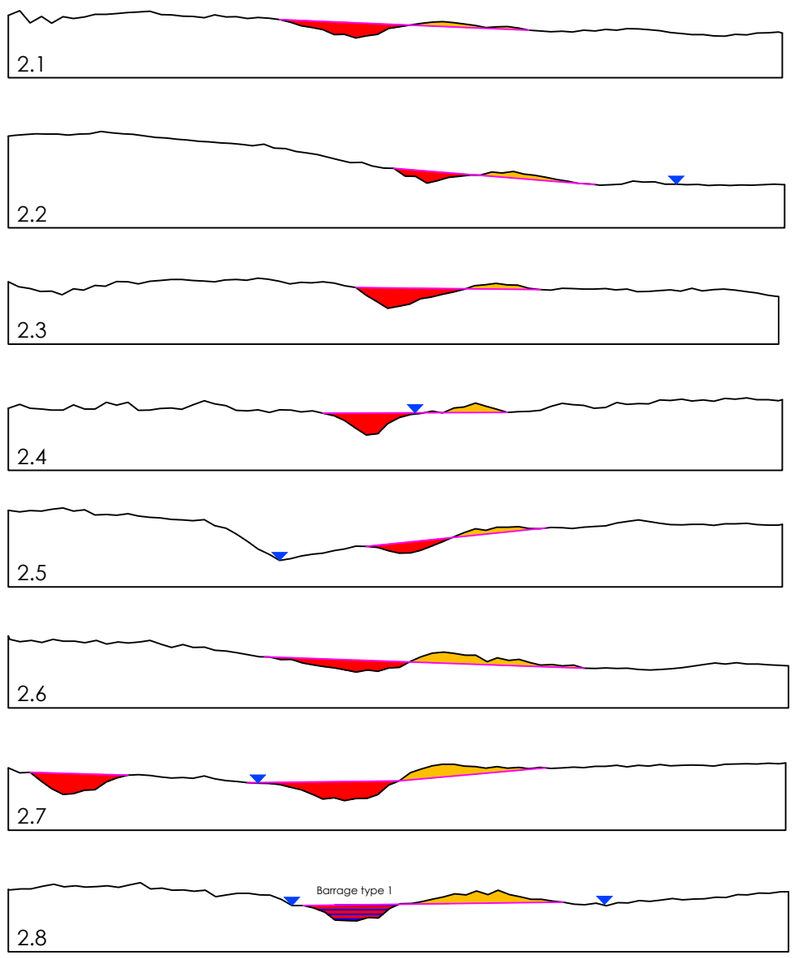
BIOTEC

Tourbière des Pradeaux
Propositions d'intervention

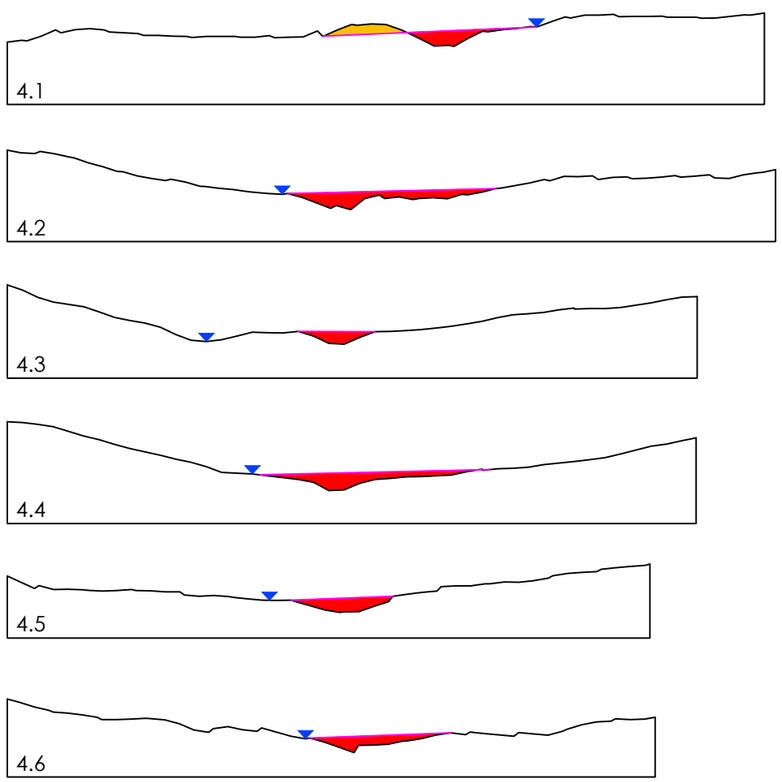
Comblement des fossés
Profil en travers



Profils en travers du fossé FP 1
1/200e



Profils en travers du fossé FP 2
1/200e



Profils en travers du fossé FP 4
1/200e

Remblai (comblement total du fossé jusqu'à effacement du point bas)

Déblai (effacement des anciens merlons de curage)

Barrage de type 1 (planches de bois et pieux)

Fond de talweg (point d'écoulement préférentiel)

Tourbière de la Tuile
Propositions d'intervention

Légende

- Propriété CDC
- Profil en travers

Fossé (FT)
- Comblement priorité 1
- Comblement priorité 2

Barrage
- Type 1
- Type 2

Point bas naturel
- Ruisseau
- Talweg
- Déboisement prioritaire
- Création d'estives (projet CDC)
- Décapage horizon superficiel
- Bombement omphrotrophe existant

Courbes de niveau
- 0.5m
- 1m

0 100 200 m

BIOTEC

Tourbière de la Tuile
Propositions d'intervention

Légende

- Propriété CDC
- Profils en travers

Fossé (FT)
- Comblement priorité 1
- Comblement priorité 2

Barrage
- Type 1
- Type 2

Point bas naturel
- Ruisseau
- Talweg
- Déboisement prioritaire
- Création d'estives (projet CDC)
- Décapage horizon superficiel
- Bombement omphrotrophe existant

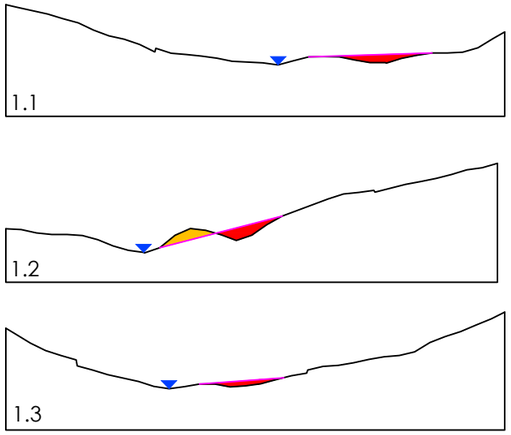
Courbes de niveau
- 0.5m
- 1m

0 100 200 m

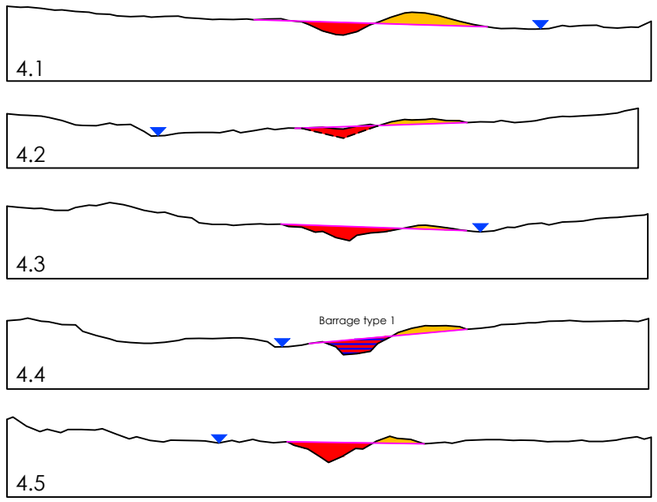
BIOTEC

Tourbière de la Tuile
Propositions d'intervention

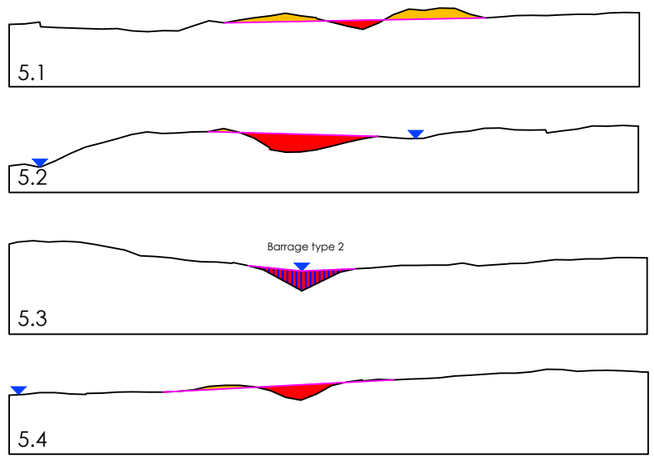
Comblement des fossés
Profil en travers



Profils en travers du fossé FT 1
1/200e



Profils en travers du fossé FT 4
1/200e



Profils en travers du fossé FT 5
1/200e

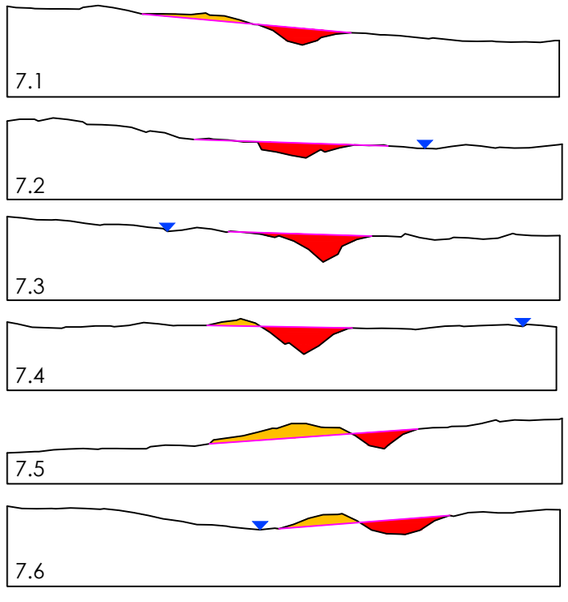
Remblai (comblement total du fossé jusqu'à effacement du point bas)

Déblai (effacement des anciens merlons de curage)

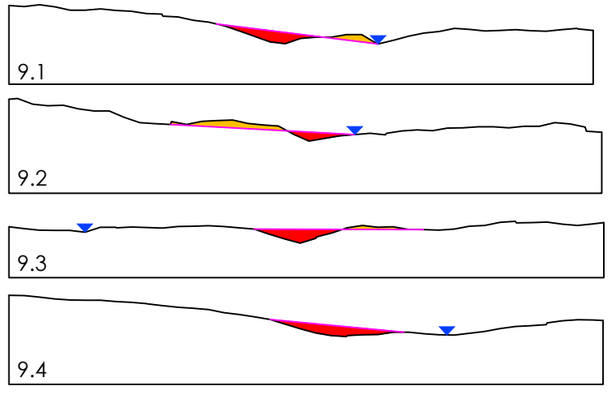
Barrage de type 1 (planches de bois et pieux)

Barrage de type 2 (rondins de bois et pieux)

Fond de talweg (point d'écoulement préférentiel)



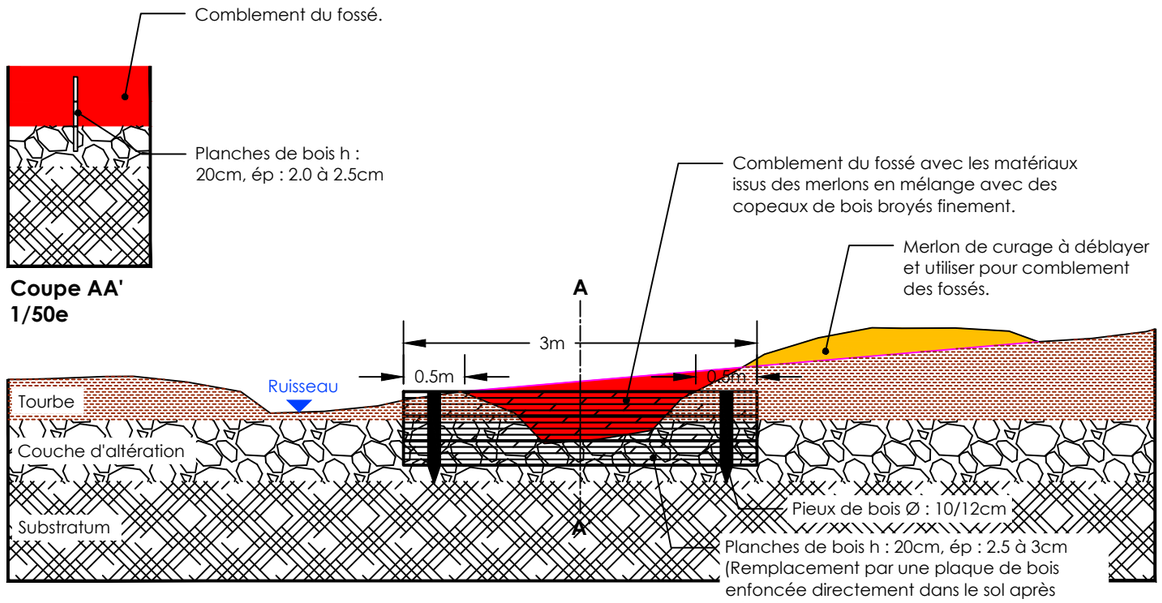
Profils en travers du fossé FT 7
1/200e



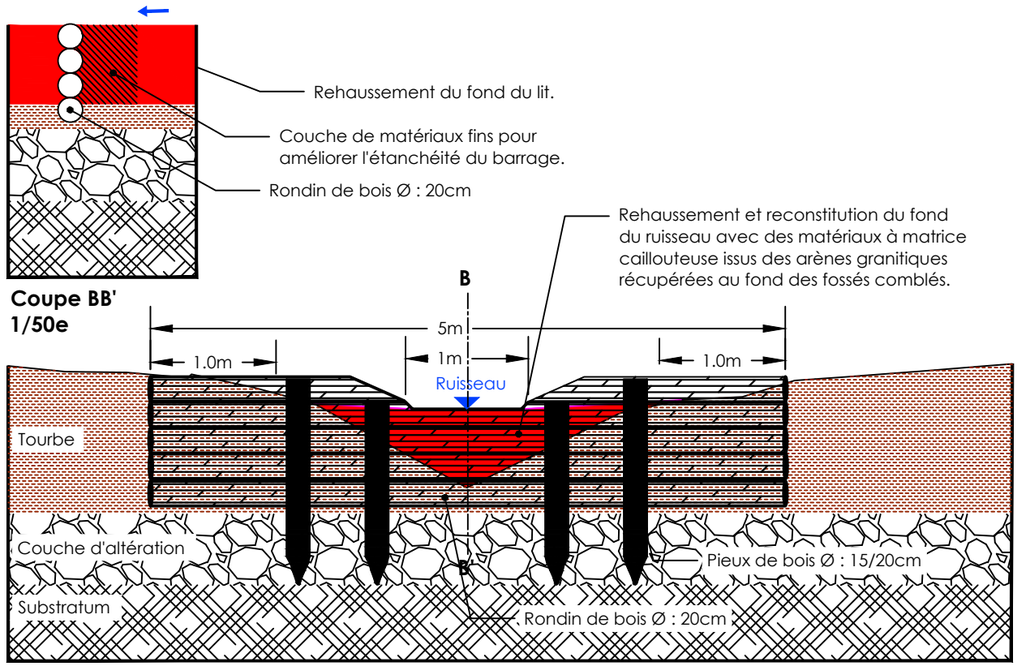
Profils en travers du fossé FT 9
1/200e

Tourbière de la Tuile
Propositions d'intervention

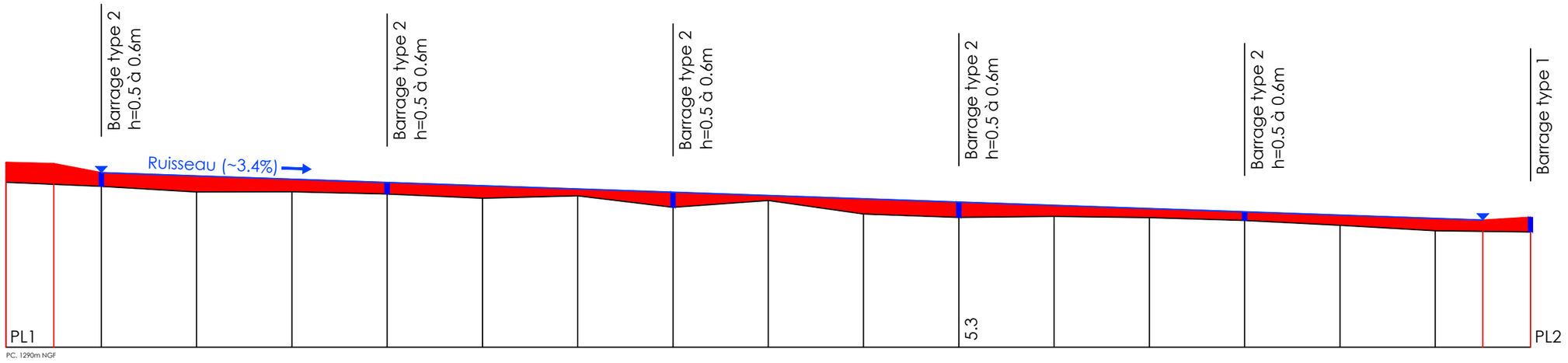
Profils types de barrages
Profil en long du ruisseau restauré



Profil type - Barrage de type 1
1/50e



Profil type - Barrage de type 2
1/50e



Profil en long du ruisseau dans l'axe du fossé 5 entre PL1 et PL2
1/200e