

Restauration de la tête de bassin versant de la Noë Molic (56)

Réseau des sites locaux de la Direction Bretagne de l'OFB

Fiche mise à jour le 03 septembre 2024



Rédacteurs :

- Office Français de la Biodiversité (OFB) : Mikaël LE BIHAN & Gérard JEANNEAU
- Syndicat Mixte Blavet Scorff Ellé-Isole-Laïta (SMBSEIL) : Ronan CAIGNEC

Contributeurs :

- Blavet terres & eaux : Yves MERLE
- Office National des Forêts (ONF) : Tristan LE BOURHIS, Mickaël OUISSE
- OFB : Alexandra HUBERT

Localisation de l'opération

Département : Morbihan (56)

Commune : BAUD

Coordonnées GPS (L93) :

Masse d'eau : FRGR0101 (l'Evel)

Paramètres déclassants provisoires (EDL 2019) : macropolluants ponctuels, micropolluants, hydrologie, morphologie, continuité, pesticides.

Cours d'eau : Affluents du ruisseau de la Motte

Lieu-dit : La Noë Molic

X = 249553,23 Y = 6767119,72

Objectif DCE : Objectif moins strict 2027

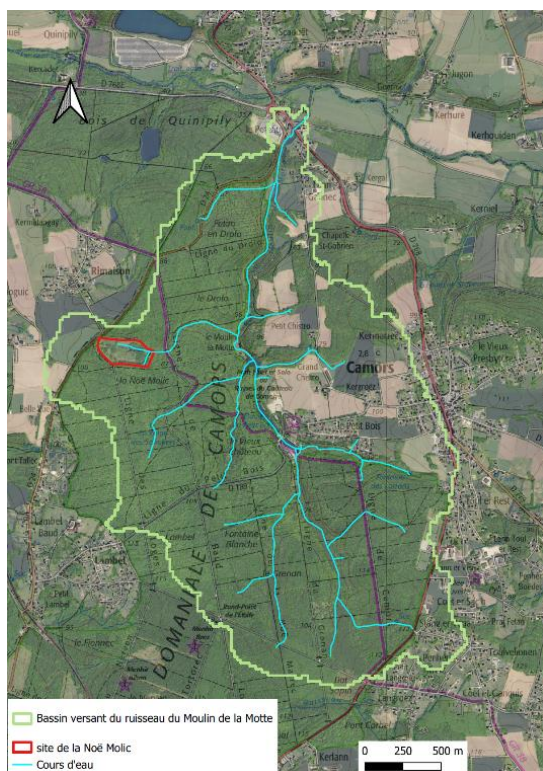


Figure 1 : Localisation du site « La Noë molic »

Nature des travaux

Types de travaux : comblement partiel ou total de fossés, suppression d'essences forestières inadaptées (épicéa de Sitka), reméandrage, recharge granulométrique

Linéaire d'intervention : 300 ml ; Surface d'intervention : 2 ha

Années de réalisation des travaux : **2016-2018**

Caractéristiques du cours d'eau

Géologie : Limons argilo-sableux (C)

Distance à la source : 0-300 m

Débit QJ2 : 0,036 m³ s⁻¹

Pente : 1,9 %

Superficie du bassin versant : 35 ha (0,35 km²)

Rang de Strahler : 1

Débit Qmna5 : 0,5 L.s⁻¹

1. Historique du site

La forêt domaniale de Camors ainsi que celle de Florange furent achetées en 1785 par Louis XVI dans le but d'alimenter les arsenaux de Lorient (bois de marine).

Entre la fin de la seconde guerre mondiale et le début des années 1970, le site était en location à un agriculteur qui y faisait pâturer ses vaches. En 1971, l'Etat achète le site et charge l'ONF de son exploitation.

En 1984, des travaux hydrauliques lourds ont été réalisés sur ce site (chenalisation du cours d'eau principal, création d'un réseau de fossés drainants, création de talus) suivis de plantations de résineux, en majorité d'épicéa de Sitka (*Picea sitchensis*) mais aussi de Thuya géant (*Thuja plicata*) et de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) (**Figure 2**).



Figure 2 : Photographies aériennes historiques du site de la Noë Molic en 1972 et en 1984 (Source : IGN)

En 1985, le site est référencé dans l'inventaire des tourbières de Bretagne mené par le laboratoire d'Ecologie Végétale de l'Université de Rennes 1 (Touffet, 1985), la présence de Droseras (*Drosera rotundifolia*) y est notée.

2. Contexte du projet

Le projet a été mené dans le cadre d'un partenariat entre 4 structures (Office National des Forêts, Blavet terres & eaux, Syndicat Mixte Blavet Scorff Ellé-Isole-Laïta, Office Français de la Biodiversité) qui avaient identifié, sur plusieurs sites du massif forestier Camors-Florange, des pressions sur les milieux aquatiques du massif forestier de Camors-Florange.

Au sein de ces trois sites en têtes de bassin versant, celui de la Noë Molic a été retenu comme « site pilote ». Chacune des structures a participé à l'élaboration de ce projet au regard de ses missions et compétences :

- L'Office national des Forêts (ONF) est le gestionnaire du site. A l'émergence du projet, l'ONF rédigeait le plan de gestion du massif forestier pour la période 2016-2037 et a affiché la volonté d'une gestion forestière plus respectueuse des milieux aquatiques. Il a réalisé l'exploitation forestière sur le site.
- L'OFB a une mission d'appui technique aux projets locaux contribuant à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau et de réalisation de suivis scientifiques. L'OFB a réalisé une partie des suivis et transmis des recommandations techniques d'intervention.
- Le SMBSEIL met en œuvre les dispositions du SAGE Blavet. Ce SAGE comporte des objectifs de

restauration de landes humides et tourbières et de mise en place d'actions tests en tête de bassin. Le SMBSEIL a réalisé une partie des suivis et défini des préconisations techniques d'intervention.

- Blavet terres & eaux porte le contrat territorial sur une partie du bassin versant du Blavet. Il a pris en charge la mise en œuvre des travaux sur le site, hors exploitation forestière.

La maîtrise foncière et le partage des objectifs de l'opération de restauration entre tous les acteurs du projet ont été des éléments facilitateurs pour la mise en œuvre de cette restauration en tête de bassin versant.

3. Objectifs du projet

Les objectifs environnementaux du projet sont multiples :

- ✓ Restauration de l'hydrologie de la tête de bassin versant ;
- ✓ Restauration de la zone humide ;
- ✓ Restauration de l'hydromorphologie du cours d'eau ;
- ✓ Restauration des habitats humides patrimoniaux.

Au vu de l'ambition du projet, les partenaires se sont accordés sur la volonté de mettre en œuvre un suivi « conséquent » afin de pouvoir, d'une part, évaluer les effets écologiques de la restauration, et d'autre part, en tirer des recommandations techniques dans l'objectif de multiplier ce type d'opération sur des têtes de bassin versant altérées en contexte forestier.

4. Description de l'état initial et des suivis réalisés

Des suivis concernant 3 thèmes ont été mis en place :

- Hydrologie du site (cours d'eau et zone humide) ;
- Hydromorphologie et biologie du cours d'eau ;
- Faune/flore de la tête de bassin.

Un suivi photographique a, de plus, été mis en place.

Au démarrage du projet, du fait de parasites (dendroctones) sur la plantation d'épicéa de Sitka, la phase d'exploitation forestière a dû être réalisée rapidement. Afin d'avoir le maximum d'éléments de connaissance sur le fonctionnement du site avant travaux, le suivi piézométrique a été mis en place de façon accélérée. L'état des lieux avant toute intervention sur le site ne porte donc que sur une période courte de 2 mois et ne concerne que 5 des 11 piézomètres installés finalement.

Certains de ces suivis consistent en des mesures en continu et d'autres en des relevés ponctuels. Ils sont présentés dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Modalités du diagnostic et du suivi écologique

Compartiment étudié	Méthodes de suivi	Paramètres mesurés	Echelle analysée	Périodes des suivis	Fréquence
HYDROGRAPHIE	Cartographie des écoulements (cours d'eau et fossés)	Linéaire de lit, géométrie des lits (largeur et hauteur à plein bord)	L'intégralité du réseau hydrographique du site	2016 (avant la réalisation des travaux)	Une fois au cours de l'état initial
PLUVIOMETRIE	Pluviométrie automatique (Appareil à augets basculeurs)	Calcul du nombre d'événements par heure et par jour Relevés de la quantité de précipitations	Appareils de mesure (automatique et manuel) installés à Camors, à proximité immédiate du site d'étude	Du 12 /02/2016 au 29/09/2017 Du 23/04/2018 au 26/07/2019 Du 04/10/2019 au 12/05/2021	Enregistrement de tous les épisodes supérieurs à 0,2 mm
	Pluviométrie manuelle (lecture directe)	Relevés de la quantité de précipitations		Du 01/06/2016 au 30/04/2021	Un relevé tous les jours ou tous les 2 jours
HYDROGEOLOGIE	Suivi de la piézométrie	Suivi du niveau de la nappe via un réseau de piézomètre (relevés de la température et de la profondeur du capteur)	Deux transects de 5 piézomètres perpendiculaires à l'axe de la vallée et un piézomètre en amont du cours d'eau	Du 29/07/2016 au 12/05/2021	Enregistrement toutes les 15 min, relève des données tous les 3-4 mois Relevés manuels pour vérifier la précision des sondes
HYDROLOGIE	Suivi visuel des écoulements avec la classification d'écoulement (<i>Fritz et al., 2006</i>)	Modalités d'écoulement (A à E) décrites sur 28 jalons écartés de 10 m puis 20 m.	Sur un tronçon de 330 m (à partir du début du cours d'eau)	Du 2/06/2016 au 30 /04/ 2021	Un relevé une fois par semaine
	Suivi limnimétrique	Suivi du niveau d'eau du cours d'eau	Un limnimètre	Du 29/07/2016 au 12/05/2021	Idem suivi piézo
	Suivi visuel des niveaux d'eau	Présence d'eau en amont et/ou en aval des bouchons	Linéaires de fossés amont et aval des 9 bouchons	Du 28 /09/ 2019 au 30 /04/ 2021	Une à quatre fois par mois
PEDOLOGIE	Réalisation de fosses pédologiques et analyse granulométrique en laboratoire	Granulométrie des sols, Complexe argilo humique (dont CEC), etc.	3 fosses répartis sur le site d'étude	Fosses réalisées en 2017	Une seule fois
HYDROMORPHOLOGIE	Réalisation d'un diagnostic hydromorphologique à l'échelle du tronçon (découpé en x segments)	Tracé en plan Profil en long Profil en travers Analyse granulométrique	Sur un tronçon de 380 m (du début du cours d'eau jusqu'au pont routier)	15/09/2016 et 2020	Une fois par état (initial et final)
BOTANIQUE	Relevés des espèces et des habitats	Cartographie des principales entités végétales, relevés exhaustifs des plantes vasculaires, calcul de l'indice d'Ellenberg	Ensemble du site	3 suivis : 2016, 2017 et 2021	Avant travaux (2016) et après travaux (2017, 2021)
BIODIVERSITE AQUATIQUE (sur cours d'eau)	Suivi piscicole par pêche électrique	Nombre d'espèces et taille des individus capturés	A l'échelle stationnelle (station de 50 mètres)	Juin 2016 Juin 2017	
	9 prélèvements (Bouas, 2016 ; Station Deg_241)	Macro-invertébrés aquatiques	A l'échelle stationnelle	09/06/2016	Une fois pour le diagnostic
BIODIVERSITE TERRESTRE	Observations ponctuelles de la faune	Espèces et nombre d'individus détectés	Sur l'ensemble du site	Observations ponctuelles de 2016 à 2020	Quelques jours par an pour chaque état (initial et final)

Une cartographie du réseau hydrographique (cours d'eau et fossés) et de la localisation des suivis piézométriques et limnimétriques est présentée dans la **Figure 3** ci-dessous.



Figure 3 : Localisation des suivis liés au fonctionnement hydrologique du site

5. Éléments de l'état initial ayant orienté les modalités techniques de l'opération

5.1 Concernant l'hydromorphologie du cours d'eau

Des incohérences entre le tracé des cours d'eau sur la carte de 1897 (**Figure 4**) (source du cours d'eau principal localisée très en amont du talweg) et les témoignages locaux (source du cours d'eau principal plus en aval ou cours d'eau inexistant selon les témoignages) n'ont pas permis de connaître la configuration du réseau hydrographique avant les travaux hydrauliques, notamment sur l'interface rang 0 - rang 1.

L'état initial sur l'hydromorphologie du cours d'eau (profil en long, profil en travers, faciès d'écoulement et granulométrie) a permis de définir les modalités de suppression du seuil et de reconstitution du profil en long. Par ailleurs, il a été utile pour préciser les caractéristiques de la recharge granulométrique.



Figure 4 : Cartographique du site de la Noë Molic en 1897 (Source : Office National des Forêts)

5.2 Concernant le drainage de la zone humide

Les suivis piézométriques et les profils de sols ont permis une première approche de la connaissance du fonctionnement de la nappe qui, associée à la cartographie précise et à l'analyse du fonctionnement hydraulique du réseau de fossés (mesures de débits notamment) ont permis de définir la localisation des bouchons étanches au sein des fossés. Par contre, la description de la géométrie des fossés (largeur et hauteur à plein bord, pente) n'a pas été utilisée.

Les observations pédologiques et analyses granulométriques ont montré que les matériaux en place ne présentaient pas les qualités suffisantes pour la réalisation des bouchons étanches dans les fossés.

5.3 Concernant la restauration de la végétation patrimoniale

Le diagnostic botanique a acté l'intérêt de préserver des zones de boisement spontané à tendance tourbeuse et a permis de définir les zones de circulation des engins en fonction de la sensibilité des milieux présents

6. Dimensionnement de l'opération de restauration / Nature des travaux / Gestion

Les travaux suivants ont été réalisés sur le site de la Noë Molic :

- Les arbres en place (résineux plantés et saules et bouleaux spontanés) ont été supprimés sur environ 3 ha. Les rémanents issus de l'exploitation forestière ont été enlevés sur environ 2,2 ha (Figure 5).



Figure 5 : a) Coupe des résineux ; b) Enlèvement des rémanents

- Au total, 12 bouchons étanches ont été implantés sur le réseau de fossés, 6 ont été construits à la pelle mécanique et 6 manuellement (**Figure 6**). Un linéaire de 160 m de fossés a été entièrement comblé en amont des bouchons étanches. Deux mares ont été creusées. Les produits de creusement ont servi au comblement de linéaires de fossés.



Figure 6 : a) Réalisation d'un bouchon mécanique avec géotextile ; b) Réalisation d'un bouchon manuel (planches + sciure/argile)

- Sur l'extrémité amont du cours d'eau, un linéaire de 110 m de lit mineur a été reconstitué (avec un gabarit cible à plein bord de 20 cm largeur et 20 cm de hauteur) sur la rive gauche de l'ancien lit artificialisé. Un obstacle à la continuité écologique a été supprimé.

De plus, en aval immédiat du site, des travaux non prévus initialement ont été mis en œuvre. Ils ont consisté à reméandrer environ 50 m de cours d'eau (suppression du lit rectifié/recalibré et réactivation de l'ancien tracé)

La cartographie (**Figure 7**) et le déroulement des différents travaux de restauration sont présentés ci-dessous.

En septembre 2016, les résineux sont exploités sans préconisation technique particulière (exploitation forestière classique), laissant au sol une quantité importante de rémanents. De plus, les souches ne sont pas rognées.

En mars-avril 2017, les arbres non exploités sont coupés, les rémanents sont mélangés avec des éléments ligneux de plus grosses dimensions.

En septembre 2017, les rémanents de la première zone d'une surface d'environ 1,7 ha sont déplacés. Face à l'impossibilité d'exporter et/ou de valoriser localement ces rémanents, ils sont retirés à la pelle mécanique d'une zone test et regroupés en bordure pour voir si le milieu patrimonial pouvait revenir sur la zone définie.

En octobre 2017, 3 fosses pédologiques sont creusées.

En septembre 2018, les travaux de dédrainage sont réalisés à la pelle mécanique (réalisation de bouchons mécaniques sur les fossés et comblement partiel en amont des bouchons). Le lit mineur du cours d'eau principal est reconstitué (création d'un nouveau lit et recharge granulométrique).

Au début des travaux, l'absence d'argile (sur site et à proximité) et le souhait de l'ONF de ne pas utiliser de matériaux exogènes ont conduit à privilégier la création de bouchons au comblement total des fossés. Ainsi, les premiers bouchons ont été formés avec des matériaux présents à proximité du lieu d'implantation (bourrelets de curage) couplés avec un géotextile (afin de garantir une bonne étanchéité des bouchons). Les linéaires de fossés comblés ont été remplis de terre du site ainsi que de rémanents pour un fossé.

En octobre 2018, six bouchons sont implantés manuellement sur des fossés drainants avec l'aide des étudiants du Bac pro du Lycée d'Anne de Bretagne de Locminé, en suivant les recommandations techniques de la fiche intitulée « création de bouchons sur des fossés » (Rondelle, 2018).

En mai 2020, suite aux évolutions positives constatées sur la première zone de retrait de rémanents, le suivi botanique réalisé sur la première zone de retrait de rémanents a montré que les sols ont été perturbés par les travaux de retraits. Ceci rend plus difficile le retour des habitats cibles, mais une végétation patrimoniale s'exprime malgré tout. La décision est prise de supprimer les rémanents sur une deuxième zone (0,5 ha). Malgré les constats faits sur la zone test et des préconisations visant à préserver au mieux le sol, l'intervention a conduit à la déstructuration partielle du premier horizon organique. Sa réalisation, à une période à laquelle les horizons superficiels étaient engorgés, est une des raisons de cet impact.

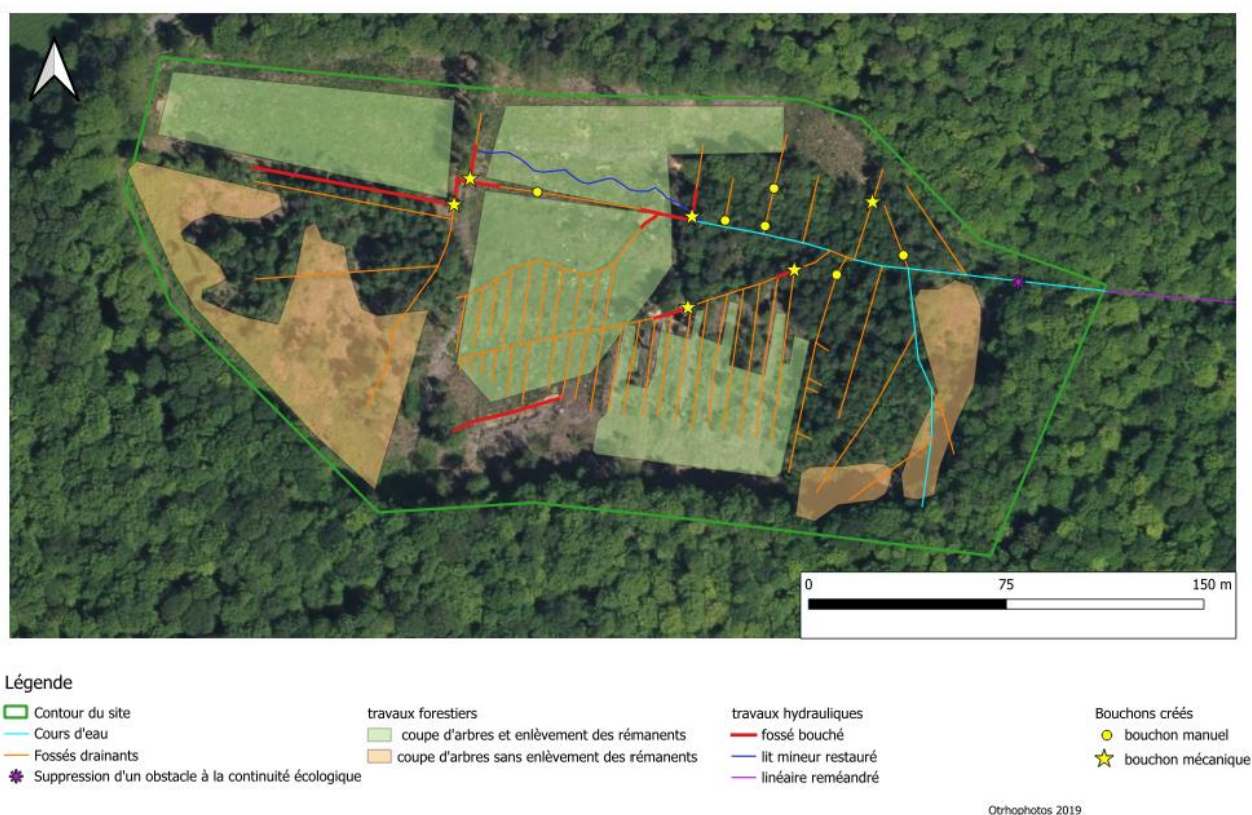


Figure 7 : Localisation des principaux travaux réalisés.

7. Résultat global (comparaison entre l'état initial et l'état n+3 à n+6)

7.1 Evolution de la nappe suite au dédrainage et à la suppression des résineux

Pour suivre l'évolution de la nappe, un réseau de 11 piézomètres a été mis en place. Le choix de ce nombre a été un compromis entre le souhait d'avoir une connaissance fine du site et le budget disponible. Les piézomètres ont été placés à partir de critères topographiques et de premiers indices d'estimation de l'engorgement en eau des sols observés sur environ 3 mois. Un piézomètre a été installé sur la zone de source, deux piézomètres ont été implantés à proximité du cours d'eau principal et 8 piézomètres sont plus ou moins éloignés des fossés drainants en place. La Figure 3 présente l'implantation retenue :

- Le piézomètre 1 se trouve en zone apicale dans une parcelle « moyennement humide ».
- Un premier transect perpendiculaire au cours d'eau principal est constitué de 5 piézomètres (n°2 à 6). Le profil de la rive gauche (Figure 8) présente une pente plus forte que celui de la rive droite, les piézomètres 2 et 3 y sont implantés, la zone ne paraissait pas humide de façon évidente. Les piézomètres 4 à 6 sont situés dans une zone où l'engorgement en eau du sol était visible.

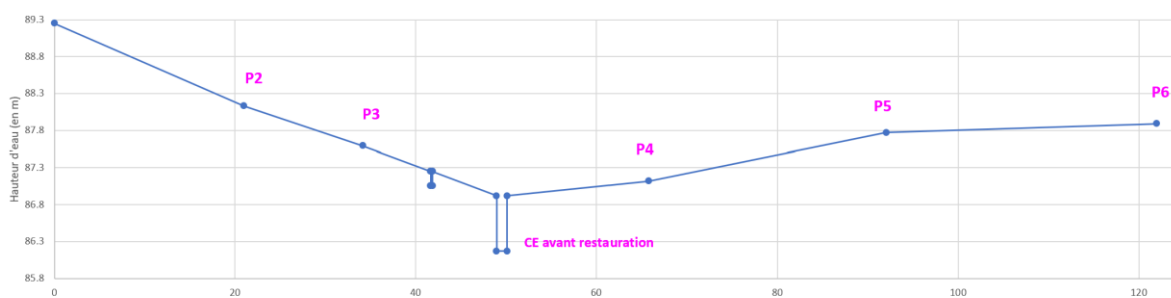


Figure 8 : Profil topographique du transect 1.

- Un second transect est constitué de 5 piézomètres (n°7 à 11). Les piézomètres 7 et 8 sont implantés en rive gauche à des altitudes plus faibles que les piézomètres 2 et 3 (Figure 9) dans une zone qui montrait un engorgement des horizons superficiels du sol. Les piézomètres 9 à 11 sont sur un profil avec un engorgement en eau qui semblait variable suivant les points.

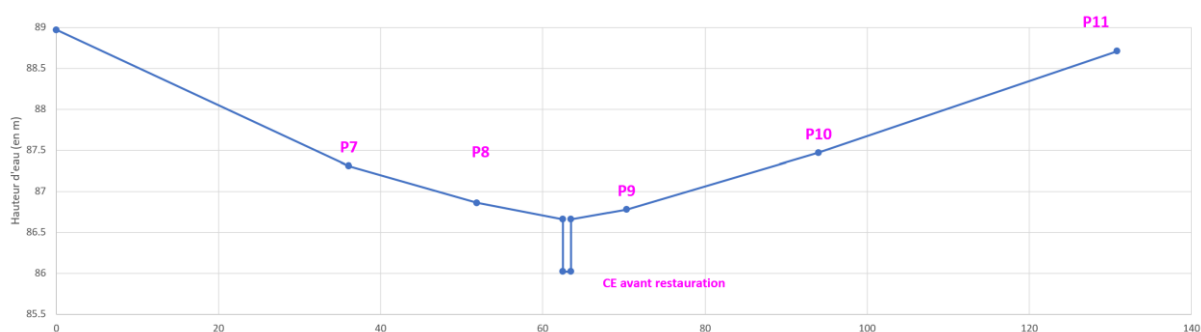


Figure 9 : Profil topographique du transect 2

L'analyse des données collectées a permis de définir des zones avec des comportements différents de

la nappe :

Les piézomètres 1 à 3 ont montré une nappe le plus souvent inférieure à 50 cm de profondeur avec des périodes pendant laquelle elle était située à plus de 1 m 40 du sol. Les piézomètres ont été implantés manuellement avec une profondeur maximum de 1m40. Ceci constitue une limite dans l'interprétation des données puisque pour les piézomètres 1, 2 et 3, il existe des périodes pendant lesquelles le niveau de la nappe est inférieur à cette profondeur.

Les piézomètres 4 et 9, proches du cours d'eau en rive droite ont montré des variations importantes du niveau de la nappe et un niveau de nappe majoritairement inférieur à 50 cm.

Les piézomètres 7 et 8 ont montré un engorgement important des horizons superficiels du sol.

Il est de même pour les piézomètres 5, 6 et 11. Pour ces derniers, cela a mis en évidence une alimentation en eau par le versant sud du site.

Les résultats mettent en évidence **une hausse moyenne du niveau de la nappe** et une **augmentation de la durée d'engorgement des horizons superficiels** à la suite de l'opération de restauration (**Figures 10 et 11**). Cette rehausse de la nappe est plus ou moins prononcée selon les piézomètres, jusqu'à 75 cm environ pour le piézomètre 1. Les réponses du milieu, en hausse du niveau de nappe et en temps d'engorgement des horizons superficiels, à la suite de la restauration du site, sont moins marquées sur les zones où la nappe était déjà plutôt haute et moins fluctuante.

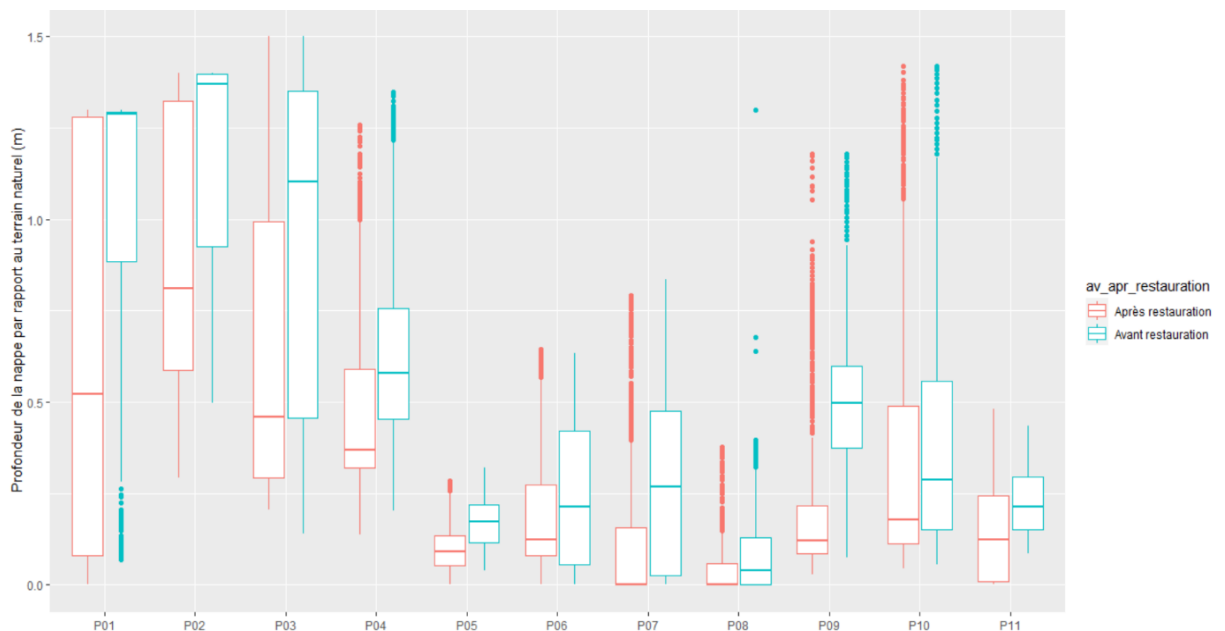


Figure 10 : Boxplot représentant la profondeur de la nappe pour chaque piézomètre (avant et après restauration)



Figure 11 : Pourcentage du temps où la nappe est à moins de 50 cm du terrain naturel.

Une difficulté s'est présentée pour l'interprétation des résultats : la pluviométrie étant en moyenne plus importante sur la période post-restauration, les hausses de niveau de nappe et de temps d'engorgement auraient pu n'être dues qu'à ce contexte pluviométrique.

Pour lever ce doute, une analyse des données piézométriques sur des périodes hydrologiques comparables avant et après restauration a été faite. A titre d'exemple, l'analyse sur le piézomètre n° 9 est présentée en **Figure 12**.

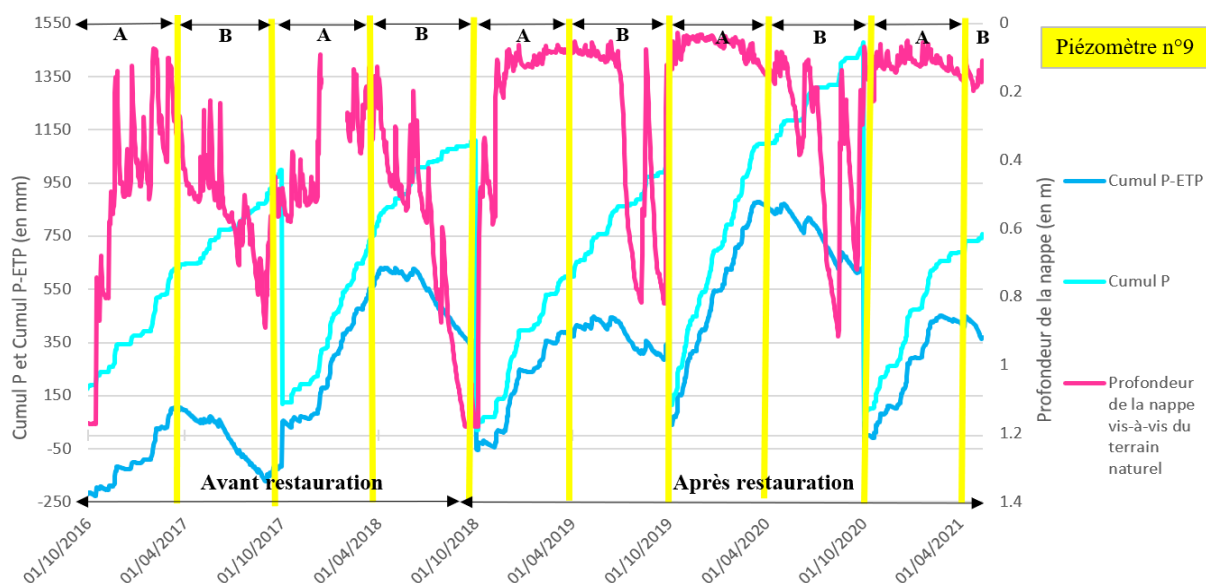


Figure 12 : Profondeur de la nappe en fonction des précipitations et des précipitations efficaces (P-ETP) pour le piézomètre 9.

L'analyse a consisté à comparer les comportements des piézomètres pour les phases de recharge de la nappe ($P-ETP > 0$, repérées par la lettre A) et les phases de décharge ($P-ETP < 0$, repérées par la lettre B). Pour les piézomètres 1,2,3,4,9, par exemple, l'analyse a montré une nappe plus haute et de moindres fluctuations de la nappe pour des périodes de recharge à conditions pluviométriques proches avant et après travaux. Une décharge de la nappe moins rapide pour les périodes de décharge.

Ceci prouve que les résultats observés dans les **Figures 10 et 11** ne peuvent être attribués uniquement au contexte pluviométrique et traduisent un effet des travaux de dédrainage.

7.2 Evolution des bouchons

Cinq années après leur implantation, 10 bouchons sur 12 se révèlent stables et efficaces pour réduire l'effet drainant des fossés. Deux bouchons présentent des dysfonctionnements en raison d'érosions localisées (érosion superficielle d'un bouchon mécanique, affouillement sous un bouchon manuel) et nécessiteront une réintervention.

7.3 Evolution de l'intermittence du cours d'eau

Le suivi des écoulements a été réalisé à une fréquence hebdomadaire, pendant environ 5 ans sur un linéaire de 330 mètres. Sur ce linéaire, des jalons ont été disposés tous les 10 mètres (avec un premier jalon au point 0) jusqu'à une distance de 210 mètres puis tous les 20 mètres jusqu'à la distance de 330 mètres. Le niveau d'intermittence des écoulements a été qualifié en 5 classes de A à E (à l'aide du protocole de Fritz *et al.*, 2006). Ce suivi a été réalisé par un même opérateur (Gérard JEANNEAU, un ancien collègue de l'ONEMA, habitant à proximité immédiate du site étudié).

La première année de suivi des écoulements a permis de restreindre le linéaire étudié aux 170 premiers mètres du cours d'eau, linéaire concerné par l'intermittence des écoulements. Les écoulements sont permanents à partir du point 180 m. Ce linéaire comprend une partie amont restaurée (jalons n°1 à 10) et une partie non restaurée à partir du jalon 11.

Pour analyser les données collectées, un indice allant de 0 à 1 a été proposé avec une valeur chiffrée pour chaque modalité d'écoulement. La valeur 1 désigne l'assec total et la valeur 0 l'écoulement permanent. L'évolution de la valeur de cet indice est présentée, en fonction des saisons, pour le linéaire amont restauré (**Figure 13**) et pour le linéaire aval non restauré (**Figure 14**).

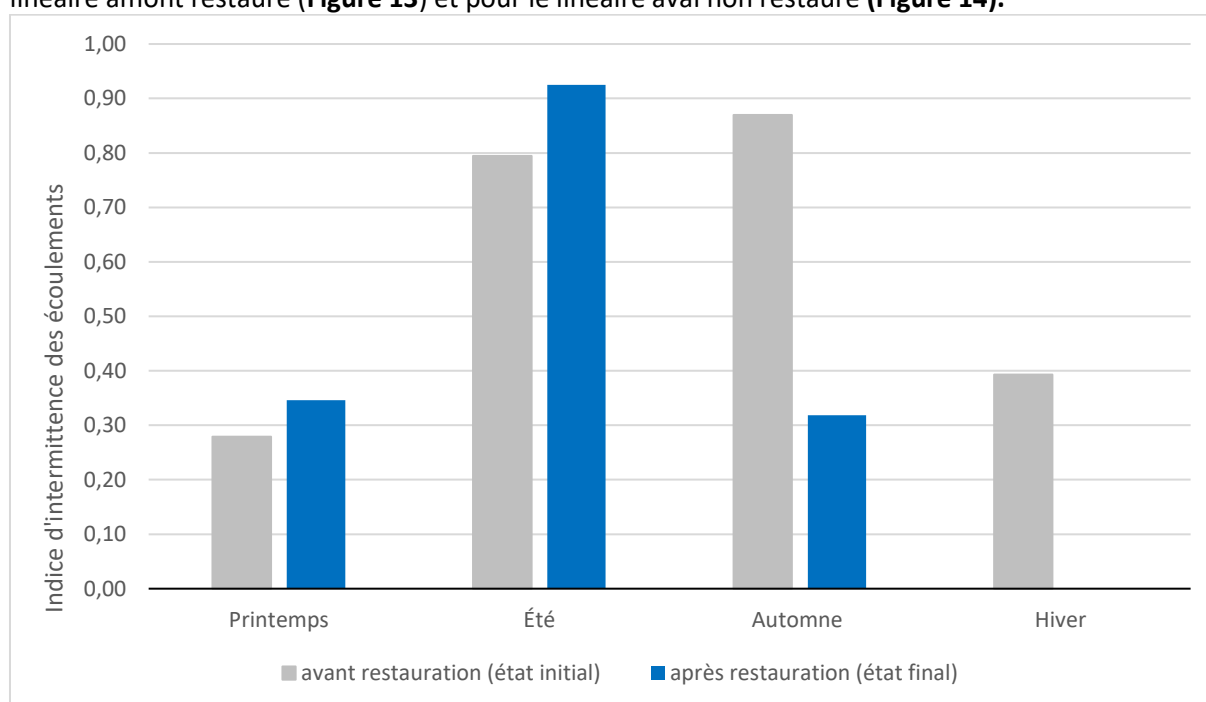


Figure 13 : Evolution de l'indice d'intermittence des écoulements en fonction des saisons sur la partie restaurée amont (0 à 100 m du début de suivi)

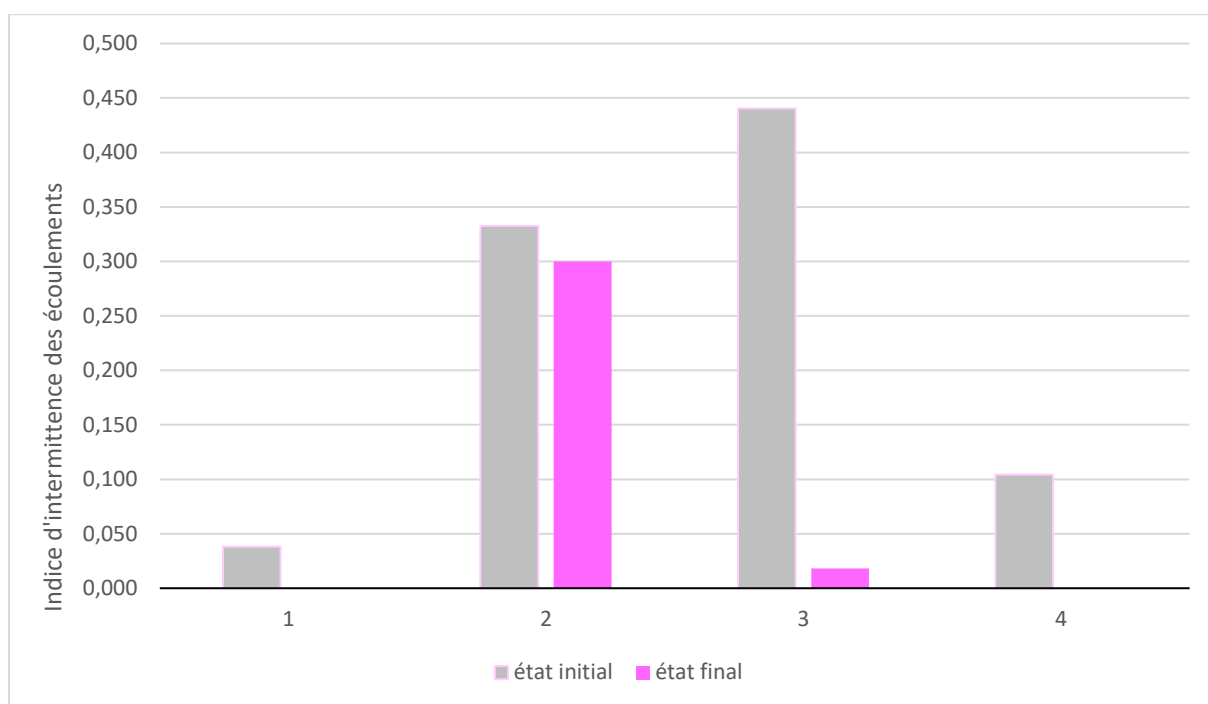


Figure 14 : Evolution de l'indice d'intermittence des écoulements en fonction des saisons sur le linéaire aval non restauré (100 à 170 m à l'aval du début de suivi)

Le linéaire le plus en amont apparaît davantage sujet à l'intermittence, ce qui paraît logique compte tenu de la proximité avec la source du cours d'eau. L'évolution des modalités d'écoulement observées entre l'état initial et l'état final est la suivante :

- Sur la partie amont (linéaire avec restauration du lit mineur) : une augmentation de l'intermittence est observée au printemps et en été (sécheresse marquée) sur les périodes étudiées. En automne et en hiver, l'indice d'intermittence est plus faible, traduisant des meilleures conditions d'écoulement.
- Sur la partie la plus en aval (linéaire sans restauration du lit mineur) : l'intermittence des écoulements est moins importante sur chaque saison, avec une différence très marquée à l'automne. Ce résultat est cohérent avec la rehausse du niveau de la nappe constatée sur le transect de piézomètres amont (piézomètres 1 à 5 ; **Figure 10**).

7.4 Evolution de l'hydromorphologie et de la biologie du cours d'eau

7.4.1 Evolution de l'hydromorphologie :

La restauration du lit mineur du cours d'eau a été réalisée sur 110 mètres de la zone de source jusqu'à la zone de boisement préservée, puis sur 80 mètres linéaires, entre les points 240 m et 320 m après la source (**Figure 16**).

Sur la partie amont, la restauration de l'hydromorphologie du cours d'eau se traduit par la reconstitution d'un lit mineur proche des conditions naturelles (gabarit guide carré de 20 sur 20 cm), pouvant déborder dans son lit majeur, restaurant ainsi la relation cours d'eau-nappe-zones humides. Une légère incision a été constatée sur la partie aval de ce segment, au niveau de la connexion avec la portion non restaurée (légère surélévation du terrain naturel).

Sur le second segment restauré, la suppression du seuil a permis de rétablir la continuité écologique et de reconstituer les faciès d'écoulement. Des radiers ont été reconstitués en aval du pont et la restauration passive d'un ancien méandre a très bien fonctionné (**Figure 15**).



Figure 15 : a) reconstitution de radiers ; b) restauration passive d'un ancien méandre.

Sur les linéaires restaurés, les interventions ont permis de se rapprocher des caractéristiques hydromorphologiques naturelles, en diminuant l'enfoncement du lit mineur par rapport au terrain naturel, et en supprimant un obstacle à la continuité écologique (**Figure 16**).

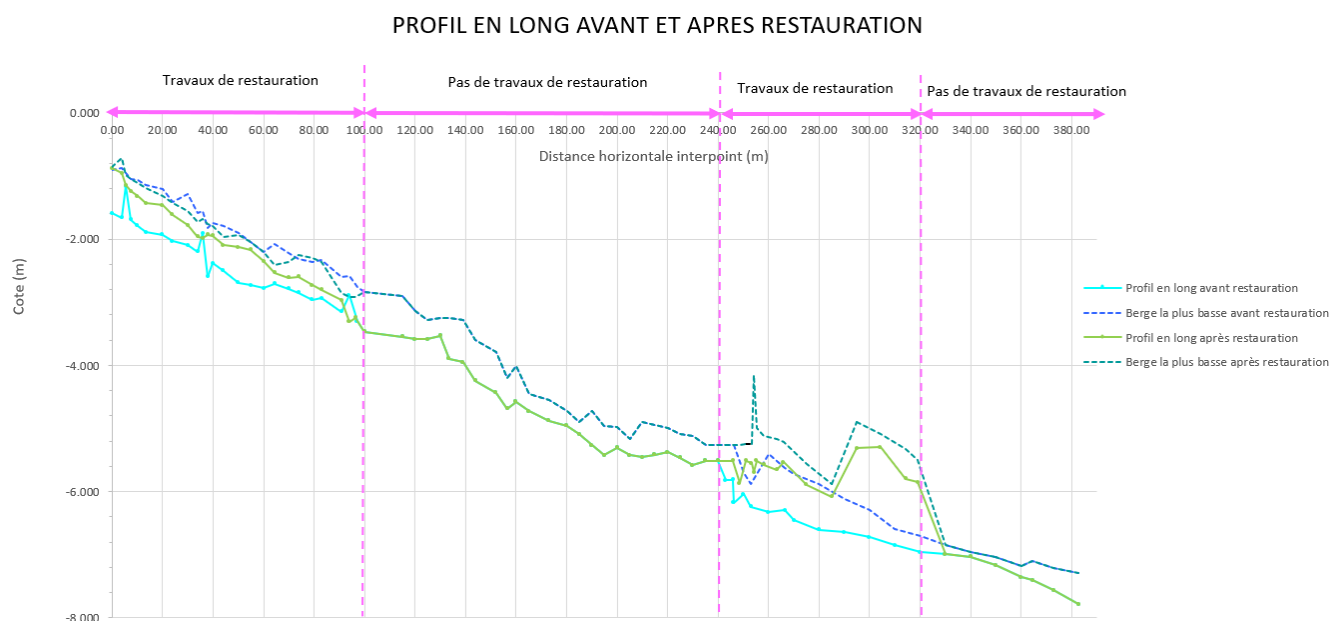


Figure 16 : Profil en long du cours d'eau sur le site de la Noë Molic après restauration.

7.4.2 Evolution de la faune piscicole :

En 2016, les pêches électriques ont mis en évidence la présence d'un peuplement monospécifique de truite fario. Avant la réalisation des travaux, les truites étaient localisées exclusivement sur une station à l'amont du petit seuil. Les deux stations en aval n'ont pas permis de détecter la présence de truites. **En 2017**, après restauration, les pêches électriques ont confirmé le maintien de la population de truite fario sur ce cours d'eau de rang de Strahler 1, avec une répartition en amont et en aval du seuil supprimé.

7.4.3 Etat initial pour les macroinvertébrés aquatiques :

Ce cours d'eau a été étudié en 2016 dans le cadre d'un stage de Master 2 intitulé « Etude de la biodiversité (macroinvertébrés et ichtyofaune) des cours d'eau en tête de bassin versant ». Les prélèvements ont été réalisés, uniquement pour l'état initial, à l'aide d'un protocole expérimental à 9 prélèvements. Les résultats ont mis en évidence une diversité taxonomique élevée sur la station étudiée, avec la présence de 34 espèces avec un groupe indicateur élevé de 8 (Bouas, 2016).

7.5 Evolution des habitats et de la flore à l'échelle du site étudié

La connaissance de l'état initial du site avant drainage et enrésinement a été basée sur les éléments figurant dans l'inventaire des tourbières de Bretagne mené par le laboratoire d'Ecologie Végétale de l'Université de Rennes 1 (Touffet, 1985). Cette fiche présentait une description non cartographiée des habitats observés à l'époque.

Avant travaux, il restait par ailleurs sur le site quelques petites surfaces de clairières avec présence de landes humides.

Sur cette base, il a été fixé l'objectif de retrouver globalement des habitats patrimoniaux ouverts de type lande humide, lande tourbeuse.

La coupe des arbres et l'enlèvement des rémanents au sol ont permis à la banque de graines des anciens milieux landicoles et turficole de se réexprimer (*éricacées*, *Dosera rotundifolia*, *drosera intermedia*, *Pinguicula lusitanica*, etc.).

Cependant, les travaux d'enlèvement des rémanents ont conduit au mélange de la fine couche tourbeuse avec les horizons minéraux plus profonds. De plus, le long de fossés de drainage, les produits de curage déposés dans les années 80 constituent des petits merlons. Ceci favorise le développement de bouquets d'Ajoncs d'Europe (*Ulex europaeus*), de bouleaux (*Betula.sp*) et de saules (*Salix.sp*) et fait prendre à la végétation une trajectoire dynamique rendant délicate la restauration et le maintien de la végétation désirée.

L'expertise botanique menée a permis de proposer des pistes d'intervention pour favoriser les habitats patrimoniaux cibles, de type lande à bruyères quatre angles (*Erica tetralix*). Ces pistes consistent globalement à couper régulièrement la strate arbustive qui se développe.

Dans le cas où cette gestion ne pourrait être mise en œuvre, la végétation évoluerait vers des bois humides à tourbeux.

Par ailleurs, le déboisement a conduit au développement d'unités de végétation qui ne correspondent pas aux habitats cibles définis :

- Sur les coteaux à sol bien ressuyé : lande à Bruyère mésoxérophile à Bruyère ciliée (*Erica ciliaris*), Bruyère (cendrée (*Erica cinerea*) et Ajonc de Le Gall (*Ulex gallii*).
- Sur l'amont du site : prairie mésohygrophile à Jonc aggloméré (*Juncus conglomeratus*) dans laquelle quelques espèces oligotrophes : Lobélie brulante (*Lobelia urens*), Potentille tormentille (*Potentilla erecta*), Carex Ovalis (*Carex ovalis*), Luzule multiflore (*Luzula multiflora*), Marguerite commune (*Leucanthemum vulgare*), etc. ont été observées, ce qui invite à envisager la restauration d'une prairie plus remarquable, à condition d'une gestion appropriée par fauche.

Quelle que soit l'évolution à venir, la suppression des résineux aura permis un retour vers des habitats plus naturels qu'avant restauration, avec des espèces végétales adaptées aux zones humides (**Figure 17**).



Figure 17 : Evolution du site, point photographique n°28 : a) avant la coupe des résineux, b) immédiatement après la coupe des résineux, c) environ 1 an après la coupe des résineux.

7.6 Evolution de la faune terrestre

7.6.1 Les amphibiens :

Les suivis n'ont globalement pas montré une évolution des effectifs des populations d'amphibiens sur le site. Les amphibiens étaient déjà bien présents, aucune nouvelle espèce n'a été observée. Les espèces présentes sont : le crapaud épineux (*Bufo spinosus*), le triton palmé (*Lissotriton helveticus*), la salamandre tachetée (*Salamandra salamandra*), la grenouille agile (*Rana dalmatina*), la grenouille rousse (*Rana temporaria*), le « complexe des grenouilles vertes » (*Pelophylax sp.*). L'évolution des habitats a pu, au moins ponctuellement, favoriser certaines espèces (ex : nombre d'individus de grenouilles rousses et du « complexe des grenouilles vertes » plus important après restauration du fait de la création de mares) et réduire la présence d'autres (tritons palmés très abondants avant restauration sur des portions de fossés comblés).

7.6.2 Les insectes :

Un suivi formalisé (inspiré du protocole STELI - Suivi Temporaire des Libellules) a été mené sur les libellules et des observations ponctuelles faites sur les papillons et sauterelles/criquets.

Avant travaux, la végétation du site (plantation résineuse très dense, boisement de saules et bouleaux, quelques « clairières ») était peu favorable à ces 3 groupes. Le déboisement du site leur a été favorable (hausse du nombre d'espèces observées et du nombre d'individus). En créant des zones de fossés ennoyés, les bouchons ont favorisé les libellules. Après suppression des rémanents, le retour d'une végétation prairiale et landicole rase a présenté un stade optimum qui a ensuite régressé du fait de la fermeture du milieu. En 2019, de nombreuses émergences de libellules ont été observées dans les zones à joncs très engorgées, le criquet ensanglanté (*Stethophyma grossum*) était aussi bien présent à cette période. A noter une observation ponctuelle d'agrion de mercure (*Coenagrion mercuriale*).

8. Bilan du projet

8.1 Ecologique

Les objectifs de la restauration ont été atteints sur les 2 volets suivants :

- la restauration de l'hydrologie de manière globale ;
- la restauration du fonctionnement hydromorphologique et biologique du cours d'eau.

Sur la reconquête des habitats patrimoniaux, l'atteinte des objectifs est plus partielle et s'explique par :

- une dynamique de recolonisation perturbée par la phase de retrait des rémanents. Sur le site, les horizons organiques tourbeux et paratourbeux étaient très peu épais (quelques cm). Ils ont été perturbés (décapés, retournés, mélangés avec des horizons inférieurs) lors de la suppression de rémanents à la pelle mécanique. Ceci a compromis le retour des milieux patrimoniaux connus avant enrésinement en favorisant notamment le développement de la ronce, de l'ajonc et du bouleau, au détriment des bruyères et espèces de prairie oligotrophe.
- un réengorgement des sols insuffisant dans les premiers horizons pour reconstituer un fonctionnement de milieux tourbeux.

Ce point doit inviter les gestionnaires à définir des modalités d'interventions précises sur ces milieux très sensibles et à être très ambitieux sur l'efficacité du dédrainage.

8.2 Financier

Le coût des suivis mis en place est d'environ 14 000 € TTC répartis comme suit :

- ✓ Pluviomètre et sondes piézométriques : 5800 €
- ✓ Expertises botaniques : 3800 €
- ✓ Frais de stages : 3300 €
- ✓ Matériaux divers : 700 €
- ✓ Analyses de sols : 500 €

Certains suivis, qui ont nécessité un passage hebdomadaire sur le site, ont été réalisés bénévolement par un agent de l'OFB en retraite et habitant à proximité du site. La synthèse des données collectées a en grande partie été réalisée par des étudiants dans le cadre de stages ce qui en réduit le coût.

Le coût des travaux est d'environ 19 525 € TTC, avec un financement de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et du Conseil Départemental du Morbihan.

Ce coût n'intègre pas l'exploitation forestière menée par l'ONF.

A noter que 2 opérations (coupe d'arbres et réalisation de bouchons dans des fossés) ont été réalisées dans le cadre de chantiers pédagogiques pour lesquels il n'y a donc pas eu de coût de main d'œuvre.

Enfin, le coût du temps de travail des techniciens des 4 structures partenaires (réalisation de suivis, définition des modalités techniques d'intervention, encadrement des travaux) n'a pas non plus été estimé.

8.3 Perspectives

Afin d'améliorer et de garantir l'efficacité de cette opération de restauration, des interventions complémentaires sont souhaitables sur ce site :

- réparer les bouchons présentant des fuites ;
- créer des bouchons supplémentaires sur les linéaires de fossés encore actifs ;

- démanteler les piézomètres (en les géolocalisant avec précision au préalable) afin d'éviter à terme la pollution plastique ;
- définir rapidement les modalités de gestion permettant le maintien des espèces patrimoniales associées aux milieux ouverts.

A l'échelle nationale :

- diffuser les enseignements tirés de cette opération de restauration et du suivi écologique associé (diffusion de la présente fiche et demande d'intégration de cette restauration au retour d'expériences de l'OFB) ;
- démultiplier ce type de restauration sur des têtes de bassin versant impactées par des travaux hydrauliques.

9. Recommandations techniques

9.1 Diagnostic

Lorsqu'une opération de dédrainage est programmée, il convient d'étudier **la texture des sols** sur le site étudié. En cas d'absence de matériaux suffisamment imperméables pour réaliser des bouchons étanches, il est nécessaire d'anticiper le volume et l'origine des matériaux à apporter. Si les matériaux sont à prélever sur place, il est pertinent de définir avec précision (géoréférencement, repères visuels) les zones de prélèvements en fonction de la nature des matériaux disponibles et de la sensibilité des milieux pour la réalisation du prélèvement (accès, zone de creusement, etc.).

Si les travaux de restauration nécessitent l'usage d'engins lourds, il convient de caractériser au préalable **la sensibilité des sols au risque de tassement** générés par le passage des engins, afin de définir le mode opératoire adapté (période d'intervention, choix des engins, etc.).

Malgré la taille restreinte de ce site, la **caractérisation du linéaire de fossés** fut fastidieuse (2200 mètres linéaires). Pour des linéaires de réseau de fossés plus longs, il semble pertinent d'étudier l'intérêt d'utiliser des moyens aériens (exemple : lidar aéroporté ; Etude Forêt de Rennes - bassin versant du Caleuvre, 2023).

Pour définir la stratégie de dédrainage, l'étude fine de la géométrie des fossés a montré peu d'intérêt, et il semble préférable d'étudier les **débits en hautes et basses eaux à différents points du réseau de drainage**.

9.2 Travaux

En présence d'un **horizon superficiel tourbeux peu épais** (environ 5 cm sur ce site), il est nécessaire de suivre un mode opératoire permettant de ne pas déstructurer cet horizon pédologique fragile.

Dans l'idéal, il conviendrait de ne pas laisser de rémanents au sol lors de l'exploitation forestière, pour ne pas avoir à gérer une opération délicate d'enlèvement par la suite.

De façon générale, pour l'exploitation forestière, il convient de :

- prendre des mesures adaptées pour limiter au maximum le compactage des sols lors des travaux d'exploitation forestière puis de restauration (ex : utilisation de mats câbles dans les

zones les plus instables ; Galmiche *et al.*, 2018) ;

- éviter les périodes pluvieuses et/ou d'engorgement en eau des horizons superficiels pour la réalisation des travaux.

Si des rémanents restent au sol après l'exploitation forestière, plusieurs recommandations techniques visant à réduire les risques d'altération du sol lors de leur enlèvement ont été identifiées :

- Evacuer les morceaux de grandes tailles dès la coupe et ne pas les intégrer au tas de rémanents (sur ce site, des perchis de bouleaux non exploités lors la coupe des résineux et abattus ensuite ont été laissés en partie sur place).

- Enlever le tapis de rémanents rapidement après la coupe ;

- Ne pas utiliser les rémanents comme zone de roulement lors de la coupe des arbres.

La mise en place manuelle de bouchons sur les fossés constitue une intervention légère et peu déstructurante sur les milieux sensibles. Ces bouchons manuels se révèlent toutefois moins efficaces que les bouchons mécaniques sur les fossés présentant des débits conséquents et/ou de fortes pentes (sauf à démultiplier le nombre de bouchons réalisés manuellement). Le comblement total des fossés apparaît ainsi recommandé pour garantir l'efficacité du dédrainage, si les matériaux adaptés sont présents en quantité suffisante et permettent de reconstituer les horizons pédologiques au sein des tranchées (mode opératoire pour restaurer les sols à définir).

En cas de suppression totale du réseau de drainage au niveau des zones de sources, il apparaît essentiel de mener une réflexion sur les modalités de reconstitution des écoulements à l'interface rang 0 - rang 1 (création ou non d'un lit mineur voire d'un chenal de transition (Galineau, 2020 ; Yvin, 2023)). Afin d'éviter les sur-profondeurs locales, en l'absence d'enjeux de débordements ponctuels, il apparaît nécessaire lors de la reconstitution d'un lit mineur, de se baser sur le terrain naturel pour caler la profondeur du lit mineur, quitte à avoir de courts linéaires à plat.

9.3 Suivis

Afin d'avoir un état initial robuste, il apparaît nécessaire de disposer, si possible, de 2 années de suivis sans intervention.

Le retour d'expériences sur le matériel utilisé pour les suivis de la piézométrie et de la pluviométrie réalisé invite à :

- engager une réflexion sur le choix des sondes (relevés à distance ou non) ;
- anticiper et repérer les erreurs des sondes 1) piézométriques : décalage dans les dates, nécessité de les recalibrer manuellement 2) pluviométriques : données aberrantes qui ont été identifiées en comparant avec données manuelles, nécessité de renvoyer l'appareil en atelier, piles usagées) ;
- installer certains piézomètres plus en profondeur pour mieux appréhender les fluctuations du niveau de la nappe (par exemple, pour les piézomètres 1/2/3).

Au vu des battements de la nappe sous le niveau de mesure (1m40) constatés sur plusieurs piézomètres (n°1, 2 et 3), il est recommandé d'augmenter la profondeur de pose des piézomètres afin d'améliorer la compréhension de l'évolution piézométrique à l'échelle du site d'étude.

Au vu du temps conséquent d'analyse des données issues des suivis piézométriques/pluviométriques, il apparaît pertinent d'automatiser, dès le début la collecte des données, le traitement des données (en anticipant les types de rendus attendus).

La mise en place des suivis et la valorisation des données collectées demandent un temps de travail important qu'il convient d'évaluer lors de la définition des protocoles de suivis. A titre d'exemple, le suivi de l'intermittence des écoulements réalisé dans le cadre de ce projet (passage une fois par semaine) n'a été possible que grâce à la présence à proximité du site d'un collègue de l'OFB à la retraite (merci Gérard).

Les tests d'hypoxie pour étudier le colmatage du substrat ont été abandonnés du fait de difficultés d'interprétation. Ce test n'est plus recommandé dans le cadre du protocole de CARactérisation de l'HYdromorphologie des Cours d'Eau (CARHYCE).

Les évolutions positives observées sur les insectes notamment, invitent à compléter les états initiaux sur des projets similaires, en intégrant un état initial complet permettant un suivi de la faune terrestre. La position de ce site à l'extrémité apicale du réseau hydrographique invite à questionner les suivis piscicoles couramment utilisés en tête de bassin versant en intégrant un suivi conjoint et adapté des amphibiens sur le cours d'eau, les micro-dépressions et les mares éventuellement présentes.

Au vu des résultats, il convient d'être vigilant sur l'utilisation de l'indice d'humidité d'Ellenberg pour conclure sur l'évolution du niveau de la nappe les premières années après restauration. En effet, en quelques points du site, il a été constaté une divergence entre l'évolution de l'indice d'Ellenberg réalisé dans le cadre du suivi botanique, et les conclusions issues des suivis piézométriques. Sur ces zones, l'évolution de l'indice d'Ellenberg indiquait, sur la période de suivi, une absence d'augmentation du niveau d'engorgement en eau des sols, alors que les piézomètres indiquaient une hausse du niveau de la nappe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANALYSES PEDOLOGIQUES, 2018. Rapport d'analyse de terre_ GIP Laboce.

BOUAS, 2016. Etude de la biodiversité (macroinvertébrés et ichtyofaune) des cours d'eau en tête de bassin versant. Direction Bretagne, Pays de la Loire de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA)

FRITZ K.M., JOHNSON B.R., WALTERS D. M., 2006. Field operations manual for assessing the hydrologic permanence and ecological conditions of headwater streams, U.S. EPA, 130 pages.

GALINEAU M., 2020. Etude exploratoire des rangs zéro sur le territoire Bretagne-Pays de la Loire. Rapport de Master 2. Direction Régionale Bretagne de l'Office Français de la Biodiversité / Université de Rennes 1. 44 pages.

GALMICHEN. Coord., 2017. Éléments techniques pour la préservation des ruisseaux et de la continuité écologique. PNRM / PNRBV / ONF / ADAPEMONT / PNRHJ. LIFE10 NAT/FR/192. 116 pages.

JAMOIS, 2021. Fiche synthétique de valorisation des résultats du projet de la restauration d'une zone humide et d'un cours d'eau de la Noë Molic à Baud (Morbihan, 56).

RONDELLE, 2018. Création de bouchons sur des fosses. Fiche technique. Direction Bretagne, Pays de la Loire de l'Agence Française pour la Biodiversité. 4 Pages.

STEPHAN A., 2016. Restauration d'une zone humide de tête de bassin forestière - Forêt domaniale de Camors - Etat des lieux préalables aux travaux de restauration. Volet botanique. 64 pages

STEPHAN A., 2021. Suivi botanique après travaux sur 3 sites du bassin versant du Blavet - rapport n°3 : la zone humide de la Noë Molic (Baud, 56) - suivi N+3 après travaux de restauration hydraulique. 50 pages.

YVIN, 2023. Caractérisation des rangs 0 préservés à l'extrême amont des têtes de bassin versant en Bretagne. Rapport de stage d'ingénierie. Direction Bretagne de l'OFB / AgroParisTech. 38 pages.

ZOCARATTO, 2017. Etude sur la restauration d'une zone humide et d'un cours d'eau de tête de bassin en contexte forestier - Réflexion sur la prise en compte des milieux aquatiques en contexte forestier à l'échelle des bassins versants, cas de la mise en place d'un site pilote sur le bassin du Blavet. Rapport de stage de master 2 Engées / SAGE Blavet / Direction Bretagne, Pays de la Loire de l'AFB. 64 pages.

Partenaires financiers du projet, ainsi que les partenaires financiers du SAGE Blavet et de Blavet Terres et Eaux :



Établissement public du ministère
chargé du développement durable



Zoom sur le réseau des sites locaux de la Direction Régionale Bretagne de l'OFB

Depuis 2015, un réseau local de suivis des restaurations hydromorphologiques a été mis en place au sein du territoire de la Direction Interrégionale Bretagne/Pays de la Loire de l'Agence Française pour la Biodiversité (Devenue OFB au 1^{er} Janvier 2020). Ce projet initié par le directeur adjoint de l'époque a émergé suite aux premières externalisations des pêches à l'électricité afin de maintenir l'expertise de terrain des agents (diagnostic précis des causes de dégradation des cours d'eau, regard critique sur l'itinéraire de restauration envisagé, mise en œuvre de protocoles de suivi, etc.). Ainsi, il a été décidé de suivre à minima un à deux projets de restauration par département.

Les actions de restauration qui sont suivies visent à rétablir la fonctionnalité et les services rendus par les milieux aquatiques dont les habitats ont été fortement dégradés voire détruits par les activités humaines (qualité de l'eau, lutte contre les inondations et les étiages, préservation de la biodiversité, etc.). Pour rappel, la destruction et la fragmentation des habitats constituent l'une des 5 causes d'érosion de la biodiversité.

Les projets de restauration étudiés sont de plusieurs types : arasement total ou partiel de barrage, déconnection de plan d'eau, suppression de seuils sur cours d'eau, reméandrage, remise dans talweg, remise à ciel ouvert, recharge granulométrique, dédrainage, suppression de remblais en zones humides.

L'objectif ici est de mettre en place pour chaque site des suivis sur plusieurs années, avant, pendant et après travaux. Ainsi, nous proposons aux acteurs locaux de mobiliser des moyens humains et techniques pour la réalisation entre autres de certains protocoles de terrain : hydromorphologiques (dont CarHyCE), biologiques (y compris les pêches électriques) et thermiques. Ces suivis concernent essentiellement l'étude du milieu physique. Les suivis biologiques, quand ils sont réalisés, proposent une première approche des peuplements biologiques et ne permettent pas de conclure sur les effets de la restauration, au mieux, des tendances seront dégagées. Dans tous les cas, ces suivis viennent en complément de ceux déjà réalisés par les porteurs du projet. L'OFB collabore avec les partenaires techniques et financiers pour mener à bien l'ensemble des suivis proposés.

Pour les suivis les plus ambitieux, les sites intègrent le réseau national des sites de démonstration avec mise en place du Suivi Scientifique Minimal (Suivi scientifique minimal des opérations de restauration hydromorphologique | Le portail technique de l'OFB).