



HAL
open science

Etat écologique de la Tanche et de ses affluents entre 2018 et 2021 - Orientations pour leur restauration

François Degiorgi, Éric Lucot, Audrey Bolard, Michael Goguilly, Hervé
Décourcière, Jonathan Paris

► To cite this version:

François Degiorgi, Éric Lucot, Audrey Bolard, Michael Goguilly, Hervé Décourcière, et al.. Etat écologique de la Tanche et de ses affluents entre 2018 et 2021 - Orientations pour leur restauration. Chrono-Environnement, UMR 6249. 2022. hal-04766485

HAL Id: hal-04766485

<https://hal.science/hal-04766485v1>

Submitted on 6 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etat écologique de la Tanche et de ses affluents entre 2018 et 2021

Orientations pour leur restauration



François DEGIORGI (Laboratoire Chrono-environnement et BE Teleos)

Eric LUCOT (Laboratoire Chrono-environnement)

Audrey BOLARD (Laboratoire de Chrono-environnement)

Michael GOGUILLY (BE Sialis)

Hervé Décourcière (BE Teleos)

Jonathan Paris (BE Teleos)



Octobre 2022

Sommaire

I. CONTEXTE, PROBLEMATIQUES ET OBJECTIFS.....	3
II. ETUDE DE L'ETAT ECOLOGIQUE ACTUEL.....	4
II-1. DISPOSITIF D'ETUDE	4
I-1. Maille spatiale : la Tanche et ses affluents à deux échelles.....	4
I-2. Nature et articulations des investigations	5
I-1-3. Maille temporelle : répliquats interannuels	8
II-2. CAPACITES BIOGENES DE LA TANCHE ET DE SES AFFLUENTS ENTRE 2018 ET 2020	9
II2-1. Potentiels piscicoles de la Tanche.....	9
II-2. Potentiels benthiques de la Tanche.....	10
II-3. Potentiels benthiques des deux affluents de la Tanche	14
II-3. QUALITE PHYSIQUE DE LA TANCHE ET DE SES AFFLUENTS ENTRE 2018 ET 2020	16
II-3-1. Qualité physique stationnelle des affluents de la Tanche	16
II-3-2. Qualité physique stationnelle de la Tanche	20
II-3-3. Qualité physique globale de la Tanche.....	25
III. ETAT D'ALTERATION DU CHEVELU ET STRATEGIE DE RESTAURATION.....	33
III-1. INVENTAIRE SPATIALISE DES ALTERATIONS.....	33
III-1-1. Inventaire des altérations et des possibilités de restauration des affluents	33
III-1-2. Inventaire des altérations et des potentiels de restauration pour la Tanche	35
III-2. MODALITE DE RESTAURATION ADAPTEES	37
III-1. Stratégie optimale : comblement total des lits rectifiés.....	37
III-2. Stratégie compromis : comblement partiel des lits rectifiés	37
III-3. Rehaussement, resserrement et diversification des lits enfoncés surélargis.....	38
III-3. ORIENTATION ET STRATEGIE DE RESTAURATIONS DU CHEVELUS HYDROGRAPHIQUE	40
III-3-1. Stratégie de restauration de la Tanche.....	40
III-3-2. Stratégie de restauration des affluents de la Tanche	41
III-3-3. Propositions de phasages et pré-chiffrage.....	41
III-3-4. Perspectives de finalisation des restaurations de la Clauge et de la Tanche.....	41
BIBLIOGRAPHIE	43
ANNEXES.....	48

Etat écologique de la Tanche et de ses affluents

Orientations pour leur restauration

I. Contexte, problématiques et objectifs

La Tanche est un affluent forestier de la Clauge. Elle prend sa source à 275 m d'altitude au cœur de la forêt de Chaux et s'écoule sur environ 16 km avant de confluer avec la Clauge à l'aval de la Vieille Loye, à environ 220 m d'altitude (fig. 1)

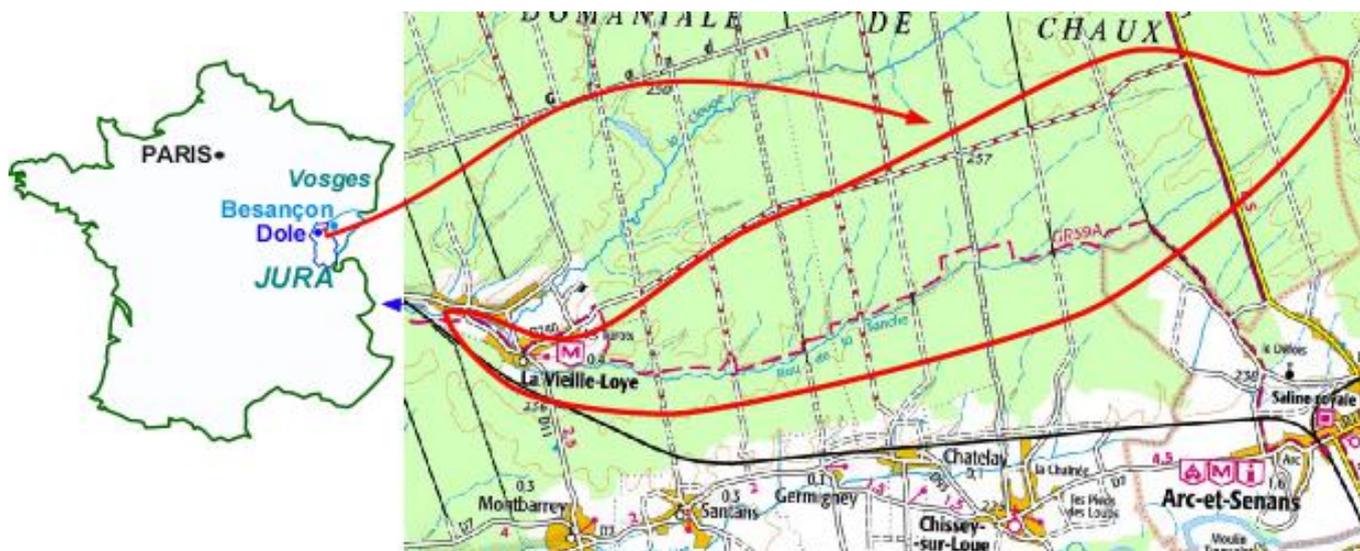


Figure 1. Localisation de la Tanche, affluent forestier de la Clauge

Comme dans le cas du réseau hydrographique de la Clauge, les affluents de la Tanche ainsi que son lit lui-même ont été rectifiés ou curés et surélargis sur la quasi-totalité de leurs linéaires. Ces travaux, combinés avec l'érosion qu'ils ont amplifiée, ont entraîné l'enfoncement des chenaux et l'augmentation de leurs pentes.

Il en a résulté l'abaissement des niveaux étiage, l'accélération des écoulements en crue et la réduction de la fréquence et de la durée de l'enneigement des franges humides (Teleos 2001-20015). Ce syndrome s'est traduit à son tour par une réduction des débits d'étiage ainsi que par l'allongement de la durée ainsi que de l'extension des assècs.

Parallèlement, l'accélération du tarissement des ruisseaux a pu être reliée à la diminution de la réserve en eau des sols, elle-même induite par les travaux d'assainissement hydraulique dont a été victime la forêt de Chaux entre 1940 et 1980 (Lucot et al. 2009). Les affluents temporaires de la Tanche ont également été touchés (Teleos 2001).

Pour reconstituer une partie des réserves en eau, un programme de restauration des affluents temporaires de la Clauge a été initié en 2007 et 2008 dans le cadre du LIFE « Têtes de bassin ». Il a été continué depuis 2014 et a été amplifié jusqu'en 2018 grâce à la collaboration étroite entre l'ONF, l'Université et l'Agence RMC.

En suivant la même démarche, la réalisation d'un état initial complet de la Tanche, comme celui réalisé pour la Clauge, paraissait à la fois intéressant et nécessaire. La présente démarche a ainsi été conçue pour atteindre les objectifs suivants :

1. Réaliser un état initial de l'état morphologique, des potentiels hydrodynamiques et des capacités biologiques de la Tanche dans sa partie pérenne à sub-pérenne.
2. Augmenter le volume des mesures morphologiques et biologiques permettant de suivre et de quantifier les effets de la restauration des ruisseaux temporaires ;
3. Etablir, comme ce qui a été fait pour la Haute-Clauge, un inventaire de l'intensité et de la nature des altérations morphologiques du chevelu hydrographique de la Tanche.

Ces résultats ont aussi été utilisés pour fonder puis pour pré-chiffrer une stratégie complète de restauration des écoulements de la Tanche.

II. Etude de l'état écologique actuel

II-1. Dispositif d'étude

I-1. Maille spatiale : la Tanche et ses affluents à deux échelles

La morphologie de la Tanche et son état hydrodynamique ont été évalués sur la totalité de son linéaire à l'aide de la « méthode tronçon » (Teleos 2001). Corrélativement, ses capacités biogènes ont été analysées quantitativement sur 2 stations jalonnant cours à l'aide de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique (fig. 2).

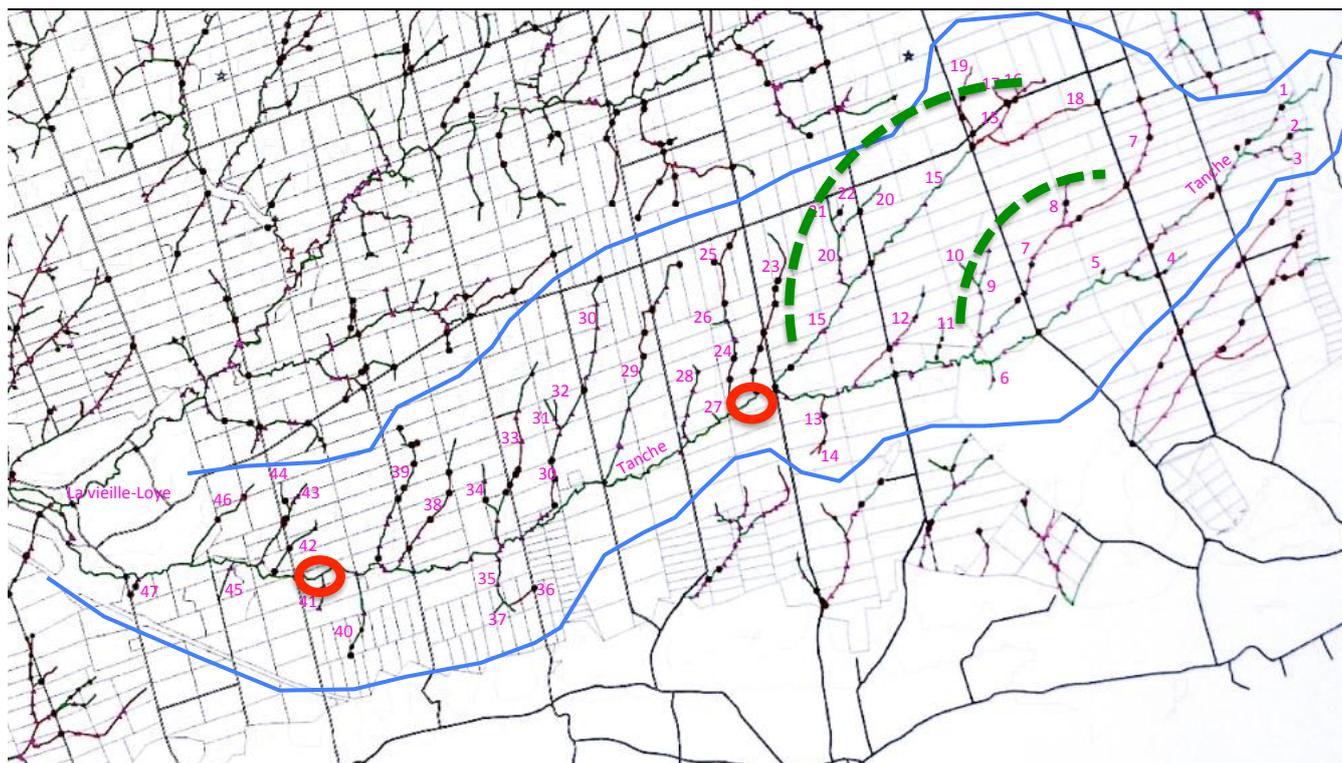


Figure 2. Localisation des 2 stations d'étude sur la Tanche (codes SANDRE 6464650 pour l'amont et 06001168 pour l'aval) ainsi que des 2 affluents temporaires étudiés ; fond de carte ONF

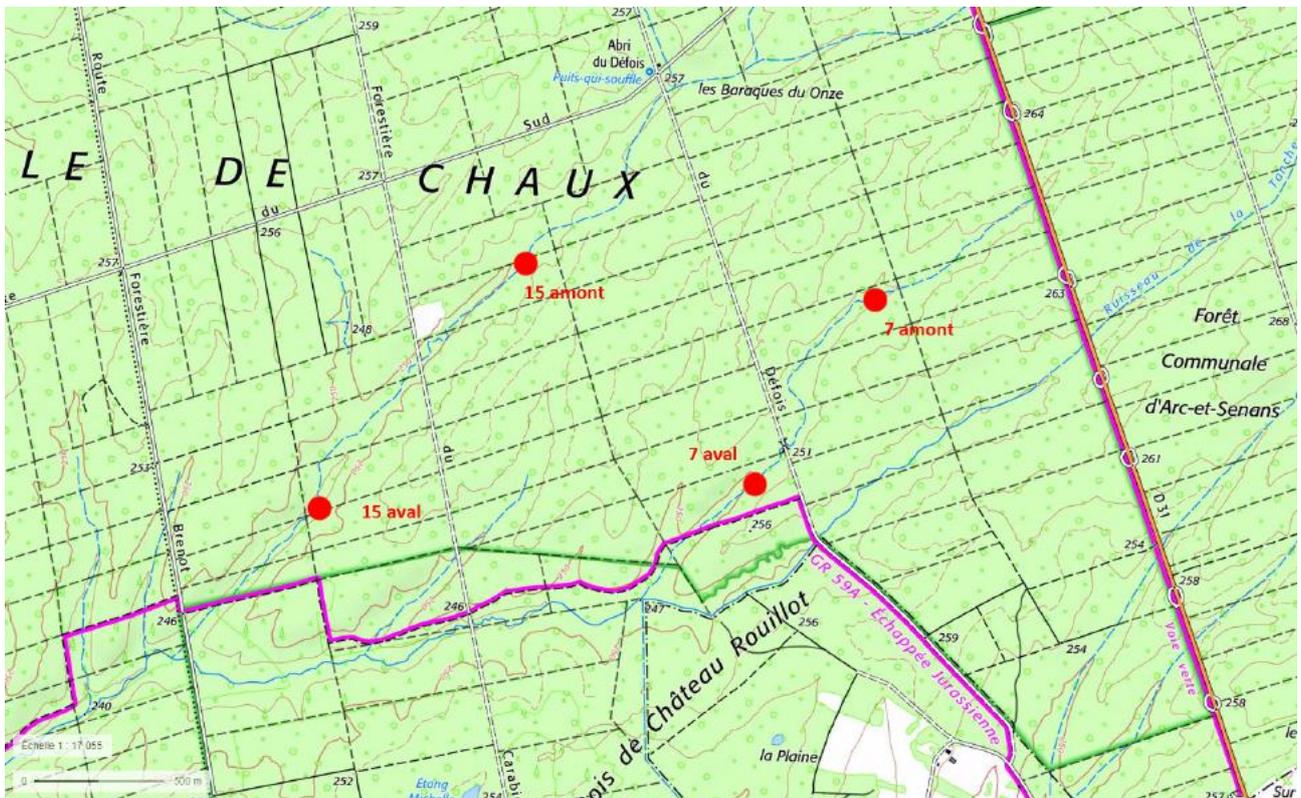


Figure 3. Localisation des 4 stations étudiés à raison de d'une amont et d'une aval sur les 2 affluents temporaires considérés, dont le ruisseau n°7, destiné à être conservé dans son état actuel, comme témoin, et le ruisseau n°15 étudié dans l'état actuel et destiné à être suivi après restauration ; fond de carte IGN

Comme pour le cours principal, les mesures réalisées sur les affluents ont été réalisées à deux échelles. Pour réaliser des analyses biologiques et des cartographies d'habitats aquatiques, deux stations d'étude approfondies ont été implantées sur deux affluents, dont un restera témoin tandis que l'autre est susceptible d'être restauré.

Parallèlement la morphologie et l'hydrodynamique de l'ensemble du linéaire des chevelus ont été expertisées en terme d'état de leur qualité physique. A cette occasion, les possibilités et les modalités optimisées de restauration ont été aussi élucidées.

I-2. Nature et articulations des investigations

Les investigations appliquées sur la Clauge apicale et ses affluents ont été mis en œuvre pour établir l'état initial de la Tanche et des ses affluents. Il a en effet été démontré que ces méthodes et protocoles ont permis en effet de suivre les effets des travaux de sur la morphologie et les potentiels biologiques des ruisseaux traités.

Analyse des potentiels piscicoles de la Tanche

Des inventaires piscicoles quantitatifs ont été réalisés en 2018 et 2019 dans les 2 stations de la Tanche sub-pérenne. Dans cette optique, des pêches électriques à 3 passages ont été mise en œuvre à la fin du printemps à l'amont et à l'aval de la partie la plus pérenne. Les résultats de ces pêches ont été utilisées pour calculer l'indice IPR, qui a été expertisé (adéquation entre classe d'état et expertise réalisée)

Analyse quantitative de la faune benthique des affluents temporaires

Pour caractériser les structures des communautés benthiques et pour en évaluer l'abondance, 8 placettes ont été échantillonnées pendant l'hydropériode dans chacune des 2 stations d'étude implantées sur chacun des 2 ruisseaux temporaires étudiés.

Ces prélèvements ont été réalisés en milieu de printemps, dans la phase finissante de l'hydropériode qui correspond à la densité optimale des larves âgées des insectes dont une phase au moins est aquatique.

L'échantillonnage de la faune benthique a été réalisé suivant la stratégie stratifiée par substrats et vitesses de courant de l'IBGN (norme AFNOR 1992). Ce protocole se distingue de celui des indices normalisés pour les suivis de réseau (IBG-DCE). En effet, ces méthodes ont été conçues pour être appliquées en étiage estival dans les cours d'eau permanents, et ne sont donc pas adaptés aux ruisseaux temporaires.

En outre, les fonds de ce type de cours d'eau sont naturellement homogènes, y compris à l'état originel alors qu'ils sont méandriques. Par conséquent la diversité des substrats et des classes de vitesses d'écoulement est très limitée, en particulier dans leur état rectifié, mais également après restauration.

Leurs fonds sont en effet majoritairement constitués de mélanges homogènes de graviers et de galets, alternant avec des zones de dalles marneuses et des accumulations de litière organique. Ces 2 ou 3 substrats sont essentiellement baignés de courant moyens sous hauteur d'eau moyennes alternant avec des courants lents et ou des zones d'hauteurs plus faibles ou un peu plus élevées.

Etant donnée cette uniformité, accentuée dans l'état rectifié mais qui persistera, au moins partiellement dans l'état restauré, le prélèvement de trois placettes pour chaque type de substrats sous la vitesse d'écoulement la plus représentative permet d'approcher la densité de la faune benthique pour les taxons majoritaires sont forme d'indices d'abondances associés à des intervalles de confiance.

Dans cette optique, et contrairement à ce qui est préconisé pour les indices « standard », la faune devra être dénombrée dans chaque placette. Dans le cas des insectes aquatiques et des crustacés, elle a été identifiée au genre, et même à l'espèce pour la plupart des taxons, dès que cela a été possible.

Analyse quantitative du benthos de Tanche sub-pérenne

12 prélèvements ont été effectués au printemps selon la méthode de l'IBG-DCE complétés à 20 selon la méthode MAG20 sur les deux stations d'étude approfondies implantées sur la partie sub-pérenne de la Tanche. En effet, ce protocole préconise le prélèvement, le dénombrement et la détermination au genre de 20 placettes. Il permet donc de balayer la totalité des habitats aquatiques tout en réalisant des réplicats dans les substrats les mieux représentés.

Les mesures d'abondances issues de cette approche sont associées à une puissance statistique qui permet les comparaisons avant et après travaux. En outre, la variété des habitats pris en compte, y compris en ce qui concerne les écoulements, permet d'évaluer plus finement les variations de capacités habitationnelles.

Ces données ont été aussi utilisées pour calculer [et interpréter](#) l'indice I2M2 [ainsi que les métriques de l'outil diagnostic associé](#).

Afin de tenir compte des variations interannuelles, ces 2 stations ont été prospectées à 2 reprises, en 2018 et en 2019 à l'aide du protocole MAG20.

Caractérisation de la qualité physique à l'échelle globale

Pour caractériser la morphologie et l'hydrodynamique de la Tanche, la méthode tronçon a été appliquée sur la totalité de son linéaire. Parallèlement, l'état d'altération de l'ensemble des affluents a été caractérisé et les possibilités de leur restauration inventoriées selon la méthode déjà employée sur le réseau hydrographique des affluents de la Clauge apicale (Degiorgi et al. 2011).

Caractérisation de la qualité physique à l'échelle stationnelle

Sur chacune des 2 stations sur chacun des 2 affluents temporaires (le témoin et un ruisseau à restaurer), un Indice d'Attractivité Morphologique a été effectué. Cette méthode consiste à cartographier les substrats et les supports des fonds, ainsi que les mosaïques d'écoulement puis à évaluer les capacités biogènes de leurs combinaisons.

Piézométrie et hydrologie (cf. approche pédologique, à venir)

Les mesures piézométriques effectuées dans le cadre du suivi pédologique ont été mises en relation avec la durée de la mise en eau des chenaux, en tenant compte des variations de l'hydroclimat.

Suivi thermique

Le Département du Jura a installé et gère la maintenance d'un thermistor dans la Clauge, à l'aval de Vilette les Doles. Parallèlement, l'AFB enregistre les variations de température de la Clauge à l'aval de la Vieille Loye. Ces deux capteurs sont donc localisés à l'aval de la confluence entre la Tanche et la Clauge. En complément de ces deux stations de mesures, 2 thermistors ont été installés et gérés par la Fédération de Pêche du Jura sur la Tanche et la Clauge juste avant leur confluence.

I-1-3. Maille temporelle : répliquats interannuels

Le dispositif d'évaluation de la qualité physique de la Tanche et de ses affluents temporaires a été mis en œuvre en 2018. L'analyse des peuplements benthiques et les inventaires piscicoles ont été répétés soit en 2019, soit en 2020 (tab. 1).

Années	2018	2019	2020
Sites d'étude et investigations	état initial	état initial	état initial
Totalité du linéaire de la Tanche			
Morphologie et hydrodynamique (méthode « Tronçon »)	1		
2 stations sur la Tanche (code SANDRE 6464650 et 06001168)			
Qualité habitationnelle (IAM)	2		
Analyse quantitative de la faune benthique (MAG20 et IBG-RCS)	2	2	
Inventaires piscicoles	2	2	
Totalité du linéaire des affluents			
Caractérisation de l'état d'altération / possibilités de restauration		1	
4 stations sur 2 affluents temporaires			
Qualité habitationnelle (IAM)	4		
Analyse quantitative de la faune benthique (8 placettes)	4		4

Tableau 1. Investigations de l'état initial de la Tanche et de ses affluents

Ce dispositif permettra d'évaluer l'effet des éventuelles restaurations si ces investigations sont répétées au moins deux fois entre 3 et 5 ans après la fin des travaux.

II-2. Capacités biogènes de la Tanche et de ses affluents entre 2018 et 2020

II2-1. Potentiels piscicoles de la Tanche

Les deux stations de la Tanche sur lesquelles les inventaires piscicoles ont été effectuée étaient presque à sec dès juin 2018 et se résumaient à quelques flaques maigres en 2019. Aussi leurs peuplements piscicoles étaient à ces 2 occasions soit extrêmement pauvres soit réduits à néants (fig. 4 et 5).

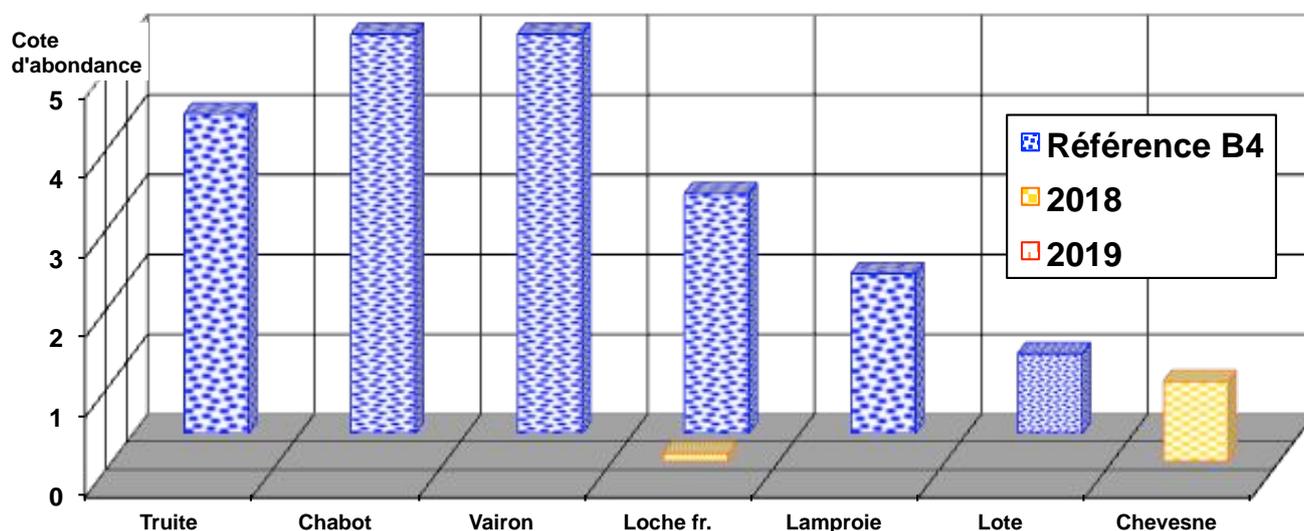


Figure 4. Structure du peuplement échantillonné en juin 2018 et en mai 2019 sur la partie amont de la portion sub-pérenne de la Tanche (code SANDR 06464650)

Dans la station amont, le peuplement se résume à quelques loches (*Barba Tula barbatula*) et chevesnes (*Squalius cephalus*) en juin 2018. Il est nul en 2019.

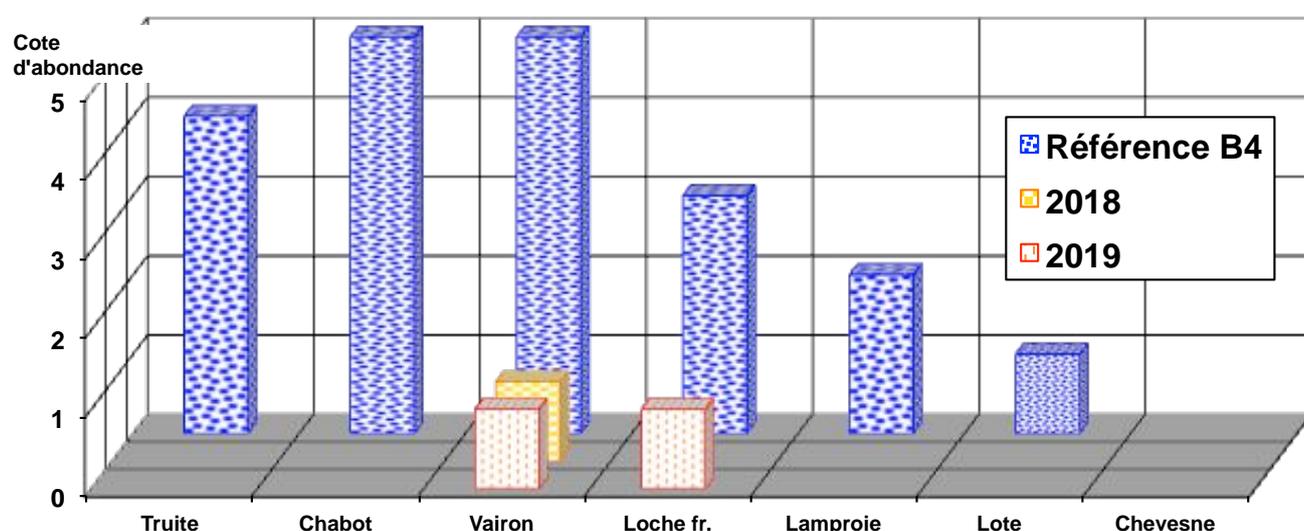


Figure 5. Structure du peuplement échantillonné en juin 2018 et en mai 2019 sur la partie aval de la portion sub-pérenne de la Tanche (code SANDRE 06001168)

Dans la station aval, le peuplement n'est constitué que de quelques vairons en juin 2018. En mai 2019 il ne se compose que de vairons et juvéniles de loches.

II-2. Potentiels benthiques de la Tanche

Essai d'application des indices de qualité (IBGN, IBG-DCE, I2M2)

Le tarissement estival de la Tanche ne permet pas d'appliquer rigoureusement les conditions de prélèvement de la faune benthique préconisées par les protocoles normalisés de l'IBGN (AFNOR 1992), de l'IBG-DCE ni de l'I2M2 (Mondry et al. 2012). En effet, suivant ces protocoles les prélèvements doivent être réalisés en étiage estival, pour déceler les perturbations au moment le plus critique pour la faune aquatique.

Cependant, en été, la Tanche est à sec. En toute rigueur, la valeur de ces indices est alors nulle.

Malgré tout, à titre d'essai, ils ont été calculés à partir des prélèvements printaniers réalisés peu avant l'assèchement total du cours d'eau (tab. 2-3). En effet, le protocole MAG20, qui a été appliqué et qui repose sur l'échantillonnage de 20 placettes permet de reconstituer les jeux de prélèvements nécessaires aux calculs de ces différents indices. Parallèlement l'indice SPEAR réputé particulièrement sensible aux contaminations de type « contamination par des pesticides » (Bêcheton et al. 2006) a également été déterminé.

Indicateurs	Tanche amont (06464650)		Tanche aval (06001168)	
	2018	2019	2018	2019
IBGN (8 placettes)				
Variété taxonomique :	14 5	14 5	11 4	10 4
Taxon indicateur (GI) :	<i>Perlodidae</i> 9	<i>Nemouridae</i> 6	<i>Perlodidae</i> 9	<i>Nemouridae</i> 6
IBGN (/20) :	13	10	12	9
Calcul de robustesse :				
Taxon indicateur (GI) :	<i>Nemouridae</i> 6	<i>Limnephilidae</i> 3	<i>Nemouridae</i> 6	<i>Limnephilidae</i> 3
Robustesse IBGN' (/20) :	10	7	9	6
Calcul IBG-MPECE (8 placettes A+B)				
Variété taxonomique :	14 5	10 4	13 5	10 4
Taxon indicateur (GI) :	<i>Perlodidae</i> 9	<i>Nemouridae</i> 6	<i>Perlodidae</i> 9	<i>Nemouridae</i> 6
IBG (/20) :	13	9	13	9

Tableau 2. Essai de calcul des indices IBGN et IBG-DCE sur les 2 stations de la Tanche forestière prospectées début juin 2018 et fin mai 2019

Station	Année	I2M2		SPEAR (pesticides)	
		Valeur	Classe de qualité	Valeur	Classe de qualité
Amont (06464650)	2018	0,54	Bon état	0,97	II: Good
	2019	0,66	Très bon état	1,00	I: High
Aval (06001168)	2018	0,56	Bon état	1,04	I: High
	2019	0,56	Bon état	0,67	III: Moderate

Tableau 3. Essai de calcul des indices I2M2 et SPEAR sur les 2 stations de la Tanche forestière prospectées en 2018 et 2019

Les indices IBG obtenus sont moyens à médiocres. De façon logique pour des ruisseaux temporaires, leur valeur est limitée par la faiblesse de la variété taxonomique qui sanctionne la pauvreté de l'habitat aquatique en lien avec l'intermittence des débits.

En 2018 valeur de ces indices est soutenue par la présence d'un *Perlodidae* adapté au débit intermittent : *Isoperla grammatica*. Ce plécoptère résiste en effet aux assecs très longs grâce à la faculté de ses œufs de rentrer en diapause et dont les larves jeunes peuvent se développer en milieu hyporhéique profond.

La présence de cette espèce sensible à plusieurs types d'altération de la qualité de l'eau révèle une bonne qualité chimique pendant sa phase larvaire. Cependant, sa disparition dans les échantillons de 2019, qui entraîne une chute des indices IBG de 3 à 4 points, est plus probablement due aux conditions de sécheresse intense de l'année hydrologique 2018-2019, la plus sèche depuis plus de 60 ans (DEGIORGI et al. 2019).

A *contrario*, l'intermittence du débit de la Tanche et la banalisation des mosaïques d'habitats aquatiques qu'elle entraîne, y compris durant l'hydropériode, ne sont pas ou que très peu sanctionnées par l'I2M2. Cet indice n'apparaît guère sensible à ce type d'altération (tab. 3). Les indications fournies par les diagrammes radar interprétatifs associés à cette méthode sont également peu pertinentes (fig. 6 et 7).

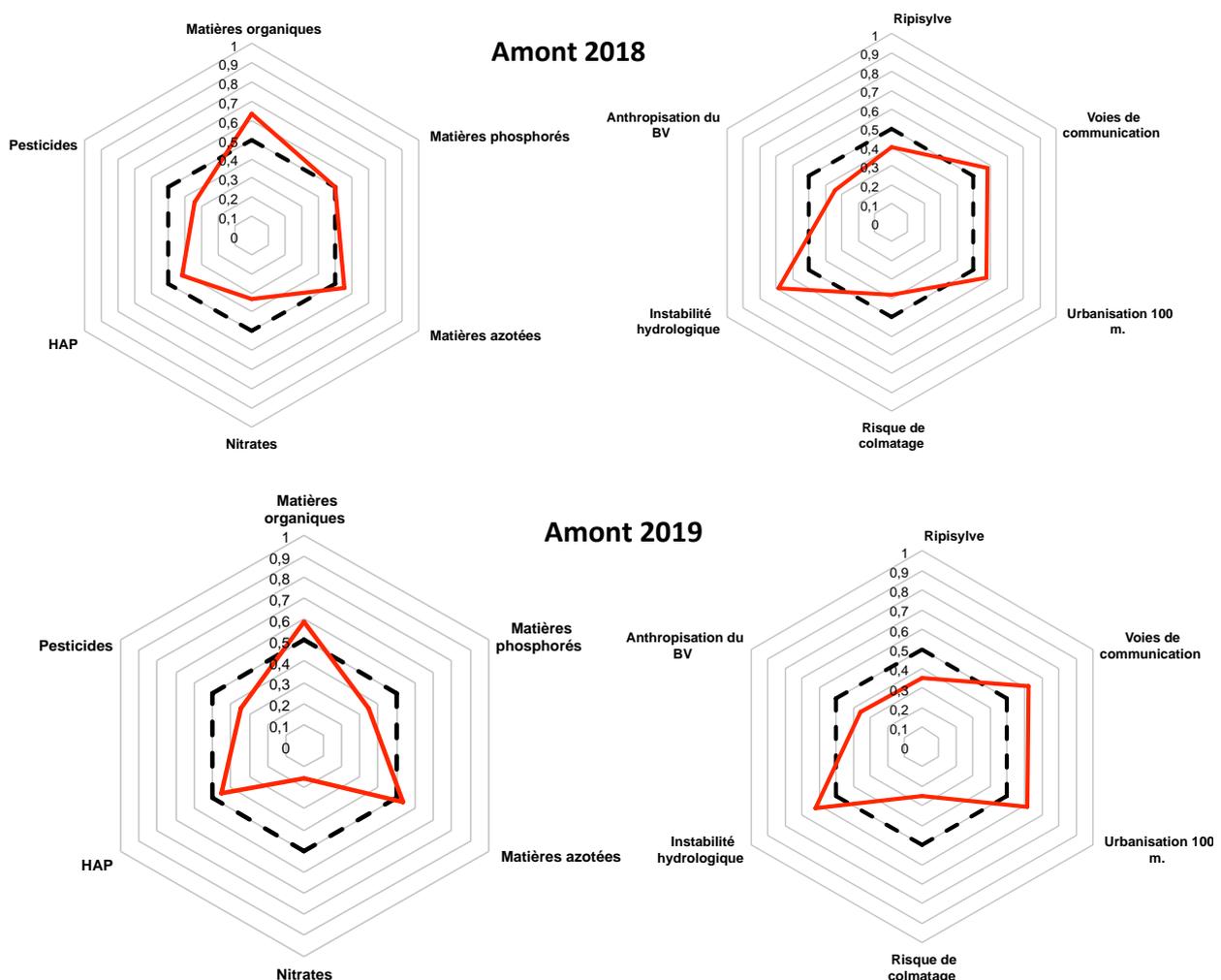


Figure 6. Diagramme radar d'interprétation de l'indice I2M2 calculé sur les prélèvements réalisés début juin 2018 et fin mai 2019 sur la station amont Tanche (code SANDRE 60464650) ; *en rouge*, les données de la station. : plus le curseur est près de 1, plus le risque de perturbation par le paramètre est élevé.

En effet, le « risque » de perturbation par « l'instabilité hydrologique » apparaît peu élevé pour les deux stations aux deux époques des contaminations. *A contrario*, cette approche indique une probabilité de perturbation par l'urbanisation ou les voies de communication peu cohérente avec la nature uniquement forestière du bassin versant.

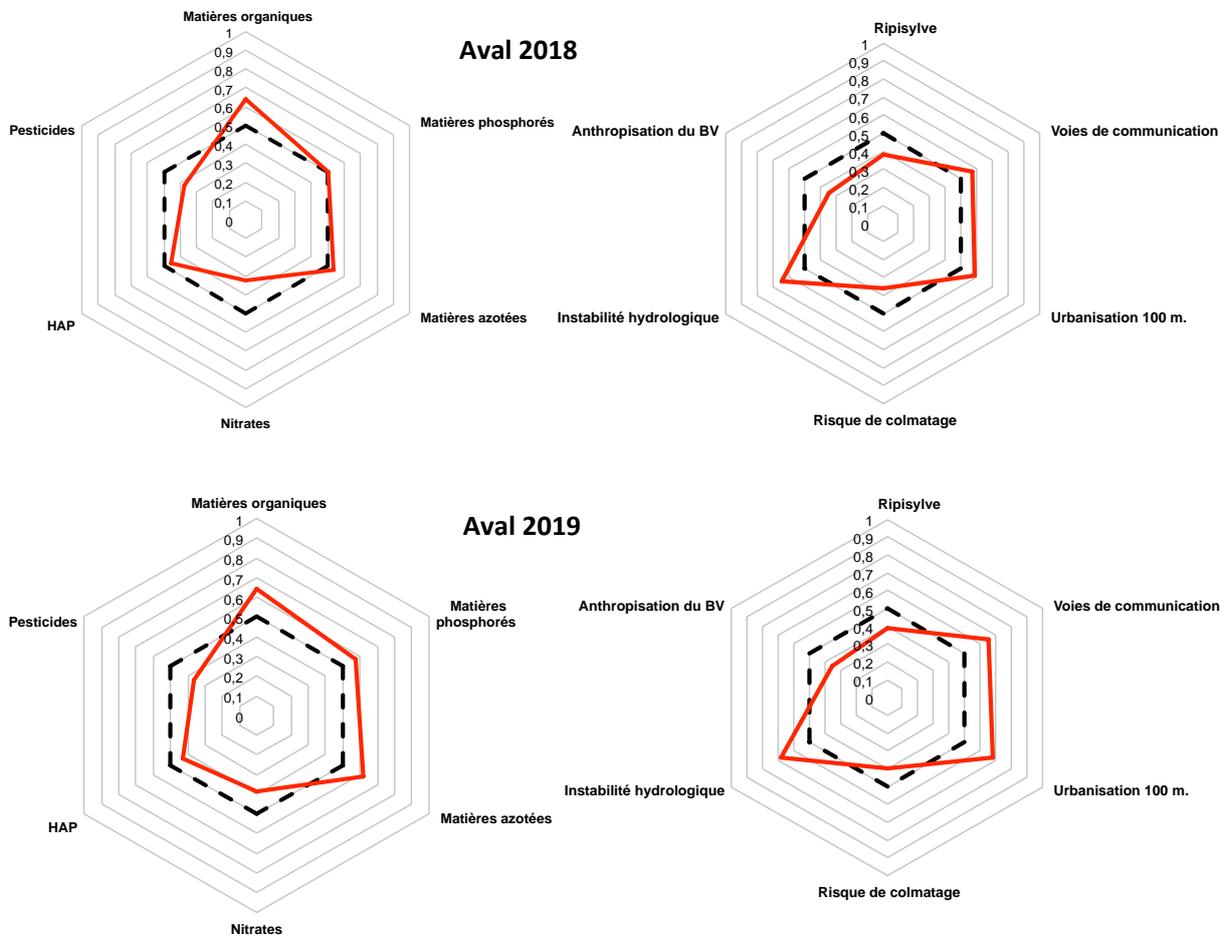


Figure 7. Diagramme radar d'interprétation de l'indice I2M2 calculé sur les prélèvements réalisés début juin 2018 et fin mai 2019 sur la station aval Tanche (code SANDRE 06001168) ; *en rouge*, les données de la station. : plus le curseur est près de 1, plus le risque de perturbation par le paramètre est élevé

Biodiversité quantitative du benthos de la Tanche (MAG20)

Aussi pour évaluer objectivement la qualité et la quantité du benthos, l'effectif des prélèvements stationnels a été étendu à 20 placettes selon les préconisations du protocole MAG20. Cette méthode permet en effet de récolter de données quantitatives assorties d'une erreur instrumentale limitée. Elle fournit en outre des indicateurs discriminants la plupart des types de perturbations (Décourcière et Degiorgi 2002). Elle convient donc bien à la comparaison de situations avant et après restauration.

Cette approche indique que les peuplements benthiques de la Tanche sont qualitativement et quantitativement très pauvres sur les 2 stations et pour les 2 années successives de prélèvement (tab. 4, fig. 8). Les abondances ne dépassent pas 900 individus et les variétés totales ne sont comprises qu'entre 16 et 22.

Indicateurs	Tanche amont (06464650)		Tanche aval (06001168)	
	2018	2019	2018	2019
Indicateurs MAG20 (20 placettes) :				
Abondance :	872	802	752	351
Variété familiale :	15	17	15	12
Variété générique total :	20	22	20	16
Variété générique /ab. Plécoptères	3 69	4 184	3 103	2 13
Variété générique /ab. Éphéméropt.	2 24	2 9	1 33	2 3
Variété générique /ab. Trichopt. :	5 16	5 1	5 52	4 18
Abondance PET :	109	194	188	34
Somme cotes d'abondance PET :	16	18	17	9
Holobiotiques / % :	409 47%	117 15%	504 67%	138 39%
Amphibiotiques / % :	463 53%	685 85%	248 33%	213 61%

Tableau 4. Caractérisation, à l'aide du protocole MAG20, des structures quantitatives des peuplements benthiques échantillonnés sur 2 stations de la Tanche forestière début avril 2018 puis fin mars 2020

Corrélativement, les 2 stations n'abritent que de 8 à 11 genres d'EPT contre 30 à 40 pour sites en très bon état écologique appartenant au même niveau typologique. Le score « EPT » qui combine la richesse générique des 3 ordres d'insectes à larve aquatiques réputés sensibles à la qualité chimique et physique en résulte très faible (fig. 8).

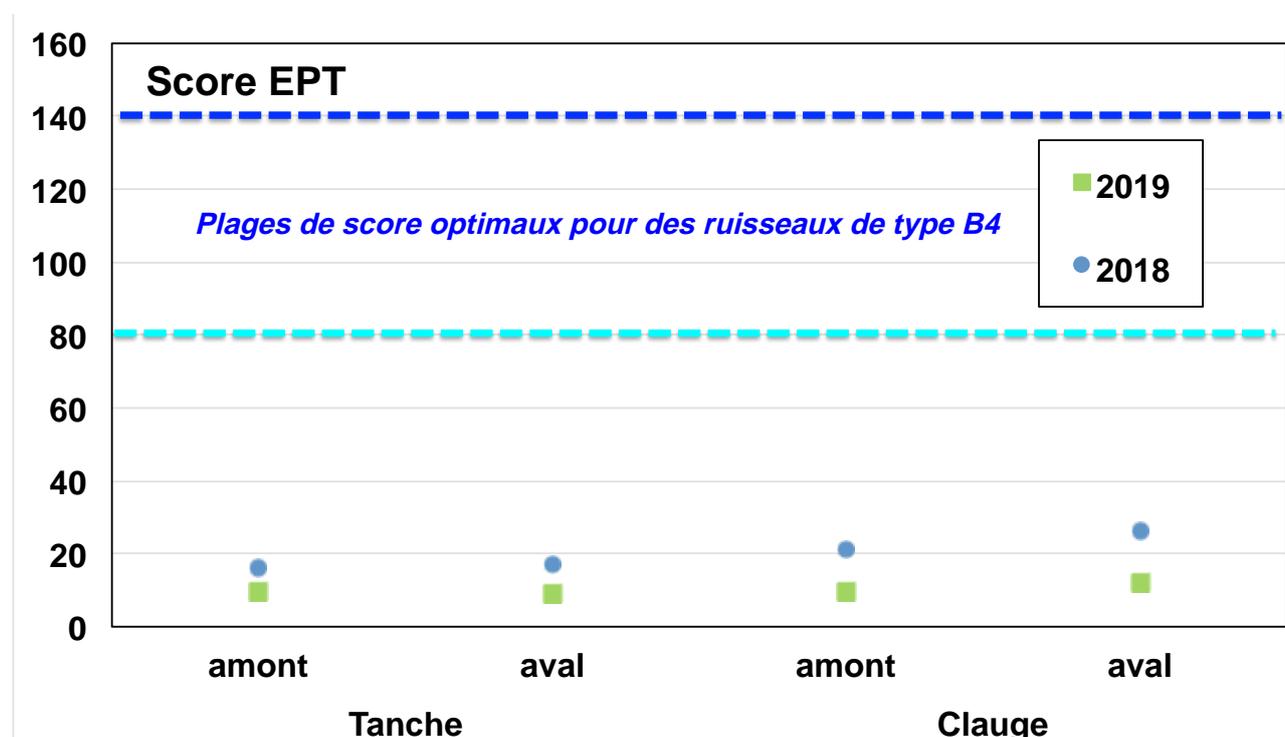


Figure 8. Comparaison des scores d'abondance des Ephéméroptères Plécoptères Trichoptères déterminés en juin 2018 et mai 2019 sur deux stations de la Tanche (code SANDRE 6464650 pour l'amont et 06001168 pour l'aval) et sur deux stations de la Clauge (code SANDRE 06460003 pour l'amont et 06001167 pour l'aval).

II-3. Potentiels benthiques des deux affluents de la Tanche

Pour caractériser de façon synthétique les peuplements benthiques des ruisseaux temporaires forestiers, 3 indicateurs ont été considérés :

- la variété taxonomique totale ;
- la variété taxonomique et l'abondance des 3 ordres d'insectes aquatiques réputés les plus sensibles tant à la qualité de l'eau qu'à celle de l'habitat, les Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères désignés sous le sigle EPT ;
- la variété et la fréquence de taxons considérés comme « indicateurs d'humidité soutenue » car leur développement nécessite soit une hydropériode, soit une durée d'écoulement hyporhéiques soit une humidité des sols de plusieurs mois après leur éclosion ; ils s'agit, d'après la bibliographie, des taxons suivant (cf. § 5-3) :
 - + les plécoptères appartenant aux genres *Amphinemura* et à la famille des *Capnidae* ;
 - + tous les *Ephéméroptères* ;
 - + les trichoptères appartenant à la tribu des *Limnephilini* (*Limnephilidae*) ou à la famille des *Phryganeidae* ;
 - + les diptères appartenant aux familles des *Tipulidae* ou des *Athéricidae* ;
 - + les crustacés de la famille des *Gammaridae*.

Dans cette optique et à titre de comparaison, les affluents temporaires de la Clauge sont caractérisés par les indicateurs suivants (Degiorgi et al. 2022) :

- | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|------|----|------|
| • ruisseau non restaurés : | variété totale comprise entre : | 6 | et | 16 |
| | variété des EPT comprise entre : | 2 | et | 7 |
| | indicateur d'humidité soutenue entre | 0 | et | 3 |
| | abondance comprise entre : | 700 | et | 2000 |
| • ruisseau restaurés : | variété totale comprise entre : | 11 | et | 22 |
| | variété des EPT comprise entre : | 8 | et | 10 |
| | indicateur d'humidité soutenue entre | 4 | et | 6 |
| | abondance comprise entre : | 1000 | et | 4000 |

Nota : pour un même degré d'altération morphologique, ces indicateurs varient en fonction de la taille du bassin versant et de l'année hydrologique.

Dans le cas des affluents de la Tanche, échantillonnés à la fin de l'hydropériode printanière, début avril 2018 et fin mars 2020 (tab. 5), ces indicateurs sont dans l'ensemble compris entre les valeurs respectives suivantes :

- 11 et 17 pour la variété totale ;
- 3 et 8 pour la variété EPT ;
- 625 et 2710 pour l'abondance totale ;
- 1 et 5 pour le nombre d'indicateurs d'humidité soutenue.

Ces gammes de valeur les classent dans la gamme haute des ruisseaux dont la morphologie ou et le débits sont altérés. La partie aval du ruisseau 15 est même associée en 2018 à des caractéristiques proches de celles des affluents de la Clauge restaurés.

Toutefois, ces bonnes performances ne sont pas retrouvées en 2020. En outre, la partie aval de ce ruisseau bénéficie d'un bassin versant particulièrement important.

Taxons / stations-dates	7 amont		7 aval		15 amont		15 aval	
	04-18	03-20	04-18	03-20	04-18	03-20	04-18	03-20
<i>Nemouridae</i> <i>Nemoura</i>	245	318	113	575	123	120	40	313
<i>Amphinemura</i>				3			35	68
<i>Capniidae</i> <i>Zwicknia</i>							3	
<i>Taeniopterygidae</i> <i>Brachyptera</i>					5		50	
<i>Perlodidae</i> <i>Isoperla</i>	3				5		18	20
<i>Ameletidae</i> <i>Metreletus</i>		3						5
<i>Siphonuridae</i> <i>Siphonurus</i>	5	5			3	23	3	5
<i>Limnephilidae</i> <i>Glyphotealium</i>		3	5	20		20		23
<i>Limnephilus</i>	5	3		18	20	10	3	
<i>Micropterna</i>		3		20				
<i>Stenophylax</i>	88	45	80	70	155	100	390	13
<i>Phryganeidae</i> <i>Trichostegia</i>						3		
<i>Dryopidae</i> <i>Dryops</i>	3		5		3	3		
<i>Dytiscidae</i> <i>Hydroporinae</i>			3					3
<i>Chironomidae</i>	30	363	25	523	105	438	38	548
<i>Limoniidae</i>	28	30	10	23	45	35	18	13
<i>Simuliidae</i>	5	30	3		30	83	35	185
<i>Tipulidae</i>	3						5	
<i>Niphargidae</i>			5				5	10
<i>Sphaeriidae</i> <i>Pisidium</i>	35	65	835	508	45		78	3
OLIGOCHETES	178	188	1625	173	925	140	438	193
<i>Erpobdellidae</i> <i>Erpobdella</i>			3		3			
<i>Hirudidae</i> <i>Haemopsis</i>				3	3			
HYDRACARIENS					5		3	
BRYOZOAIRES							100	
Variété total	12	12	12	11	15	11	17	14
Variété EPT	5	7	3	6	6	6	8	7
Abondance totale (nb/m2)	625	1052	2710	1932	1472	972	1257	1397
Indicateurs d'humidité soutenue	3	4	1	3	2	4	5	3

Tableau 5. Caractérisation, à l'aide du protocole MAG20, des structures quantitatives des peuplements benthiques échantillonnés sur 2 stations de la Tanche forestière début avril 2018 puis fin mars 2020

II-3. Qualité physique de la Tanche et de ses affluents entre 2018 et 2020

II-3-1. Qualité physique stationnelle des affluents de la Tanche

La qualité physique des deux affluents de la Tanche a été analysée en mars 2018, sur les 4 stations d'étude, à l'aide du protocole IAM (Teleos 2001-2003). Ces mesures ont été réalisées durant l'hydropériode, avant l'assèchement même si cette méthode préconise de cartographier les mosaïques d'habitat en étiage estival. Les valeurs d'indice obtenues sont donc surestimées et doivent être considérées avec précaution.

Cartes des composantes de l'habitat aquatiques

La station cartographiée à l'amont de l'affluent numéro n°7 est presque rectiligne (fig. 9). Les écoulements y sont très uniformes. La mosaïque de substrats-soutiens, très homogène également, est ultra-dominée par des litières organiques grossières.

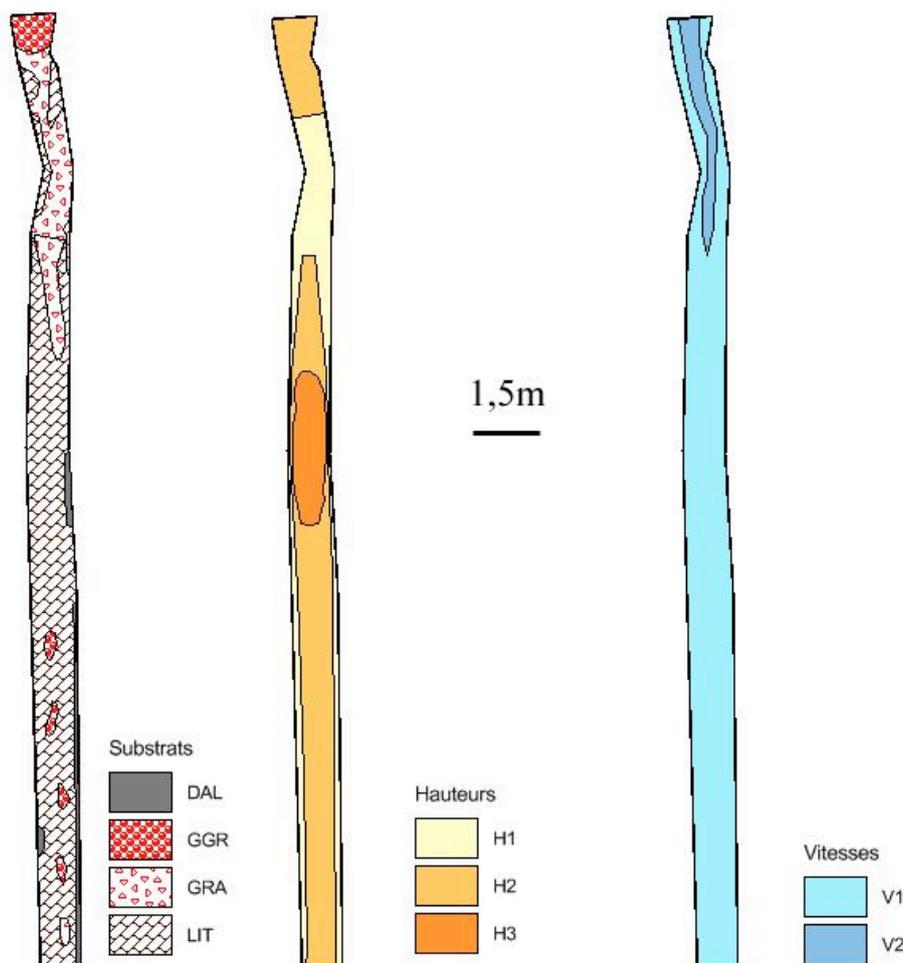


Figure 9. Cartes des composantes de l'habitat aquatiques de la station amont du ruisseau n°7

La station cartographiée à l'aval du ruisseau n°7 est plus méandrique. La mosaïque de substrats-soutiens y est beaucoup plus diversifiée, même si elle ne comporte que peu d'anfractuosités pouvant former caches ou abris hydrauliques (fig. 10). Parallèlement, les hauteurs d'eau y sont uniformément faibles et les vitesses d'écoulement très lentes, ce qui traduit la sur-largeur du chenal.

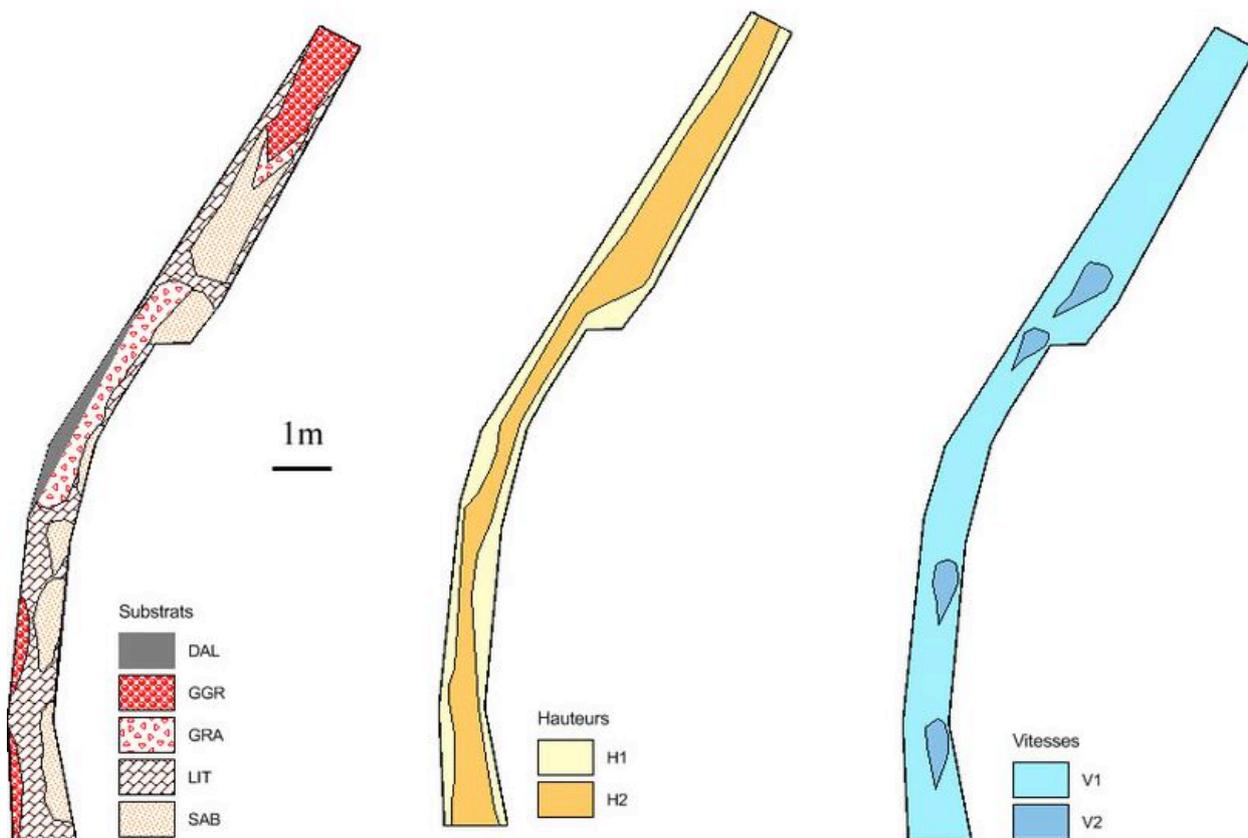


Figure 10. Cartes des composantes de l'habitat aquatiques de la station aval du ruisseau n°7

La station amont du ruisseau XV est elle aussi méandrique, mais la mosaïque des écoulements y est plus diversifiée (fig. 11). Les substrats-supports, quoique également équilibrés, ne présentent qu'une attractivité limitée

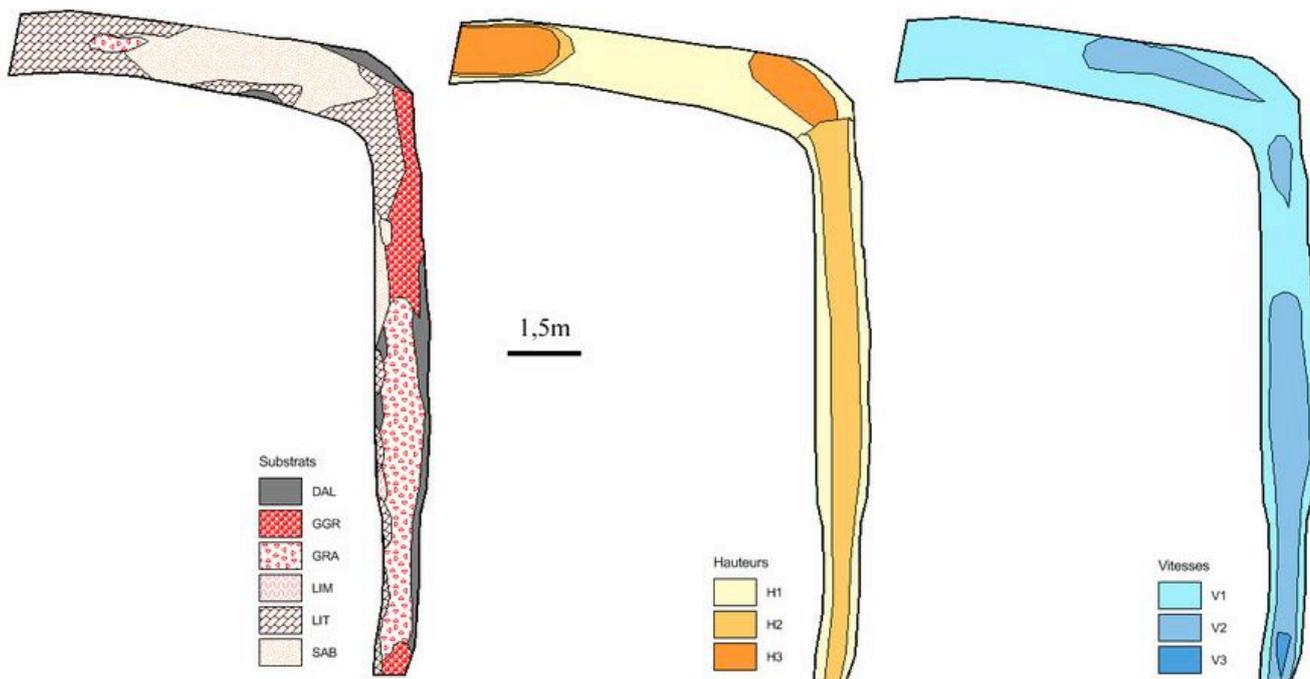


Figure 11. Cartes des composantes de l'habitat aquatiques de la station amont du ruisseau n°15

La station aval du ruisseau XV apparaît aussi relativement hétérogène sur le plan des écoulements et plus attractive que la station amont (fig. 12). En particulier les substrats-supports sont presque entièrement constitués de mélanges de graviers et de galets.

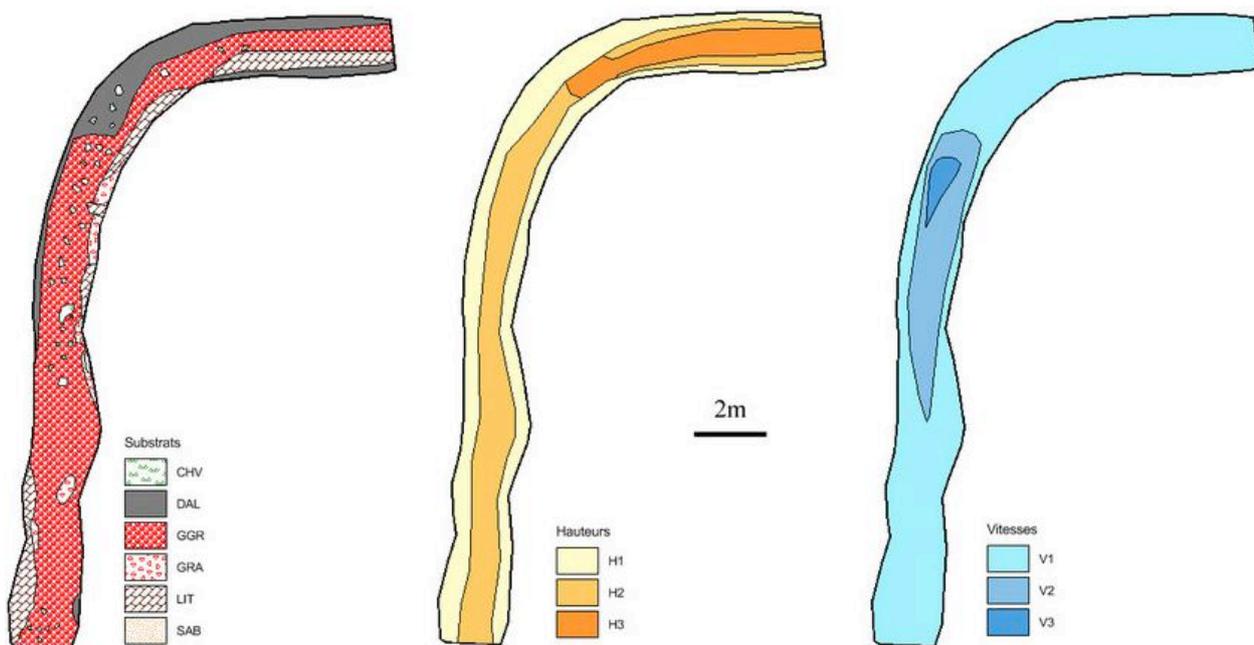


Figure 12. Cartes des composantes de l'habitat aquatiques de la station amont du ruisseau n°15

Bilan comparatif de la qualité stationnelle des deux affluents étudiés

Les IAM calculés sur ces 4 stations varient de 197 à 998, ce qui correspond à des déficits de capacités habitationnelles de 93 à 53 % même durant l'hydropériode.

Descripteurs	Stations	7 amont	7 aval	15 amont	15 aval
Substrats (%)					
CHV = végétations aquatiques rases		-	-	-	2,00
GGR = galets et graviers		5,9	-	11,71	61,09
GRA = graviers		17,7	14,9	22,94	3,91
SAB = sables		-	29,3	26,57	0,15
HYI = hydrophytes immergés		-	15,1	-	-
FIN= éléments fins, limons		-	-	0,46	-
DAL = dalles		4	4,5	9,07	18,52
LIT = litières organiques		72,4	36,2	29,25	14,34
Hauteurs d'eau (%)					
< 5 cm		18	45	53	48
6 à 20 cm		82	55	31	39
21 à 70 cm		-	-	16	12
Vitesses (%)					
< 10 cm/s		93	91	66	81
11 à 40 cm/s		7	9	33	17
41 à 80 cm/s		-	-	1	2
Indicateurs synthétiques					
Var. substrats		4	5	6	6
Var. profondeurs		2	2	3	3
Var. vitesses		2	2	3	3
Attractivité (/100)		12,3	12,8	12,7	18,5
IAM		197	255	684	998
Capacité habitationnelle (%)		7	12	32	47

Tableau 5. Descripteurs synthétiques des mosaïques d'habitats aquatiques des 4 stations

Adaptation de l'indice à l'intermittence des débits

Pour pouvoir apprécier plus finement la qualité physique de ruisseaux temporaires apiscicoles, le mode de calcul de l'indice IAM doit être adapté. En effet, cette méthode d'évaluation de la qualité des mosaïques d'habitats aquatiques a été conçue pour des cours d'eau pérennes, en utilisant les exigences des poissons pour caler la valence des substrats-supports qui déterminent l'attractivité des mosaïques d'habitats

Code	Classe de substrats supports	Cotation IAMPb	<i>Cotation IAM</i>
CHV	Chevelus racinaire ou bryophytes	100	40
HYI	Hydrophytes immergés	90	80
BRA	Branchages et racines immergés	80	100
GLP	Galets plats non colmatés	80	50
GAL	Galets ménageant des anfractuosités	70	50
HYD ou HYIc	Hydrophytes immergés très dense ou colmatés	60	40
HEL	Hélophytes	60	40
HYF	hydrophytes à feuilles flottantes	50	40
LIT	Litière organique grossière	50	10
BRG	Sous-berge noyée	40	90
DLF	Litière organique fine, débris organique fin	40	10
GLS ou GALc	Galets sans anfractuosité (pavage) ou colmatés	35	25
GGR	Mélange de galets et de graviers	35	25
HLD ou HLE	Hélophytes très denses ou au contraire épars	30	20
GRA	Graviers non damés ni colmatés	20	20
SAB	Sables	20	8
BLO	Blocs non jointifs, avec caches pluri centimétriques	15	60
GGRc	Mélange de galets et de graviers colmatés	15	12
GRS ou GRAc	Graviers (colmatés ou damés)	10	10
FNO	Fonds nus organiques, vases, limons	10	3
BLS	Blocs sans anfractuosité	5	30
FIN	Éléments fins non organiques, limons	5	4
DAL	Dalle, marne ou autres surfaces lisses	1	1

Tableau 6. Adaptation des cotes d'attractivité associées aux substrats supports pour le calcul de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique Potentiel

Aussi, la cotation de l'attractivité associée aux différents substrats-supports a été modifiée pour pouvoir calculer un « Indice d'Attractivité Morphodynamique « potentiel » pour le benthos (IAMPb, tab. 6). Suivant cette approche, les déficits des capacités habitationnelles des 4 stations étudiées sont réduits, respectivement à 76, 62, 27 et 20 %, toujours en admettant que l'hydropériode soit suffisamment longue pour permettre aux espèces adaptées à ces habitats de se développer complètement.

II-3-2. Qualité physique stationnelle de la Tanche

La qualité physique de la Tanche a été analysée en avril 2018, sur les 2 stations d'étude, à l'aide du protocole IAM (Teleos 2001-2003). Ces mesures ont été réalisées durant l'hydropériode, avant l'assèchement, alors que cette méthode préconise de cartographier les mosaïques d'habitat en étiage estival.

Station Tanche amont : code sandre 6464650

Sur la station située sur la partie amont de la Tanche, les fonds sont dominés par des surfaces argileuses lisses très peu biogènes résultant d'anciennes opérations de curage et de recalibrage (fig. 13-14). A la faveur des assèchs, une partie de ces dalles argileuses sont toutefois couvert de bryophytes amphibies.



Figure 13. Vues de la station en amont de la Tanche (code SANDRE 6464650) en avril 2018.

Le surélargissement du lit mineur provoqué par ces travaux a amplifié l'énergie maintenue dans le chenal avant débordement. L'érosion induite a empêché le réajustement spontané du chenal et limité la végétalisation tout en perchardant la ripisylve.

Corollairement, les écoulements d'étiage, à la fin des hydropériodes sont très uniformes. Les profondeurs sont réduites et la vitesse d'écoulement ne dépasse pas 50cm/s (tab. 7).

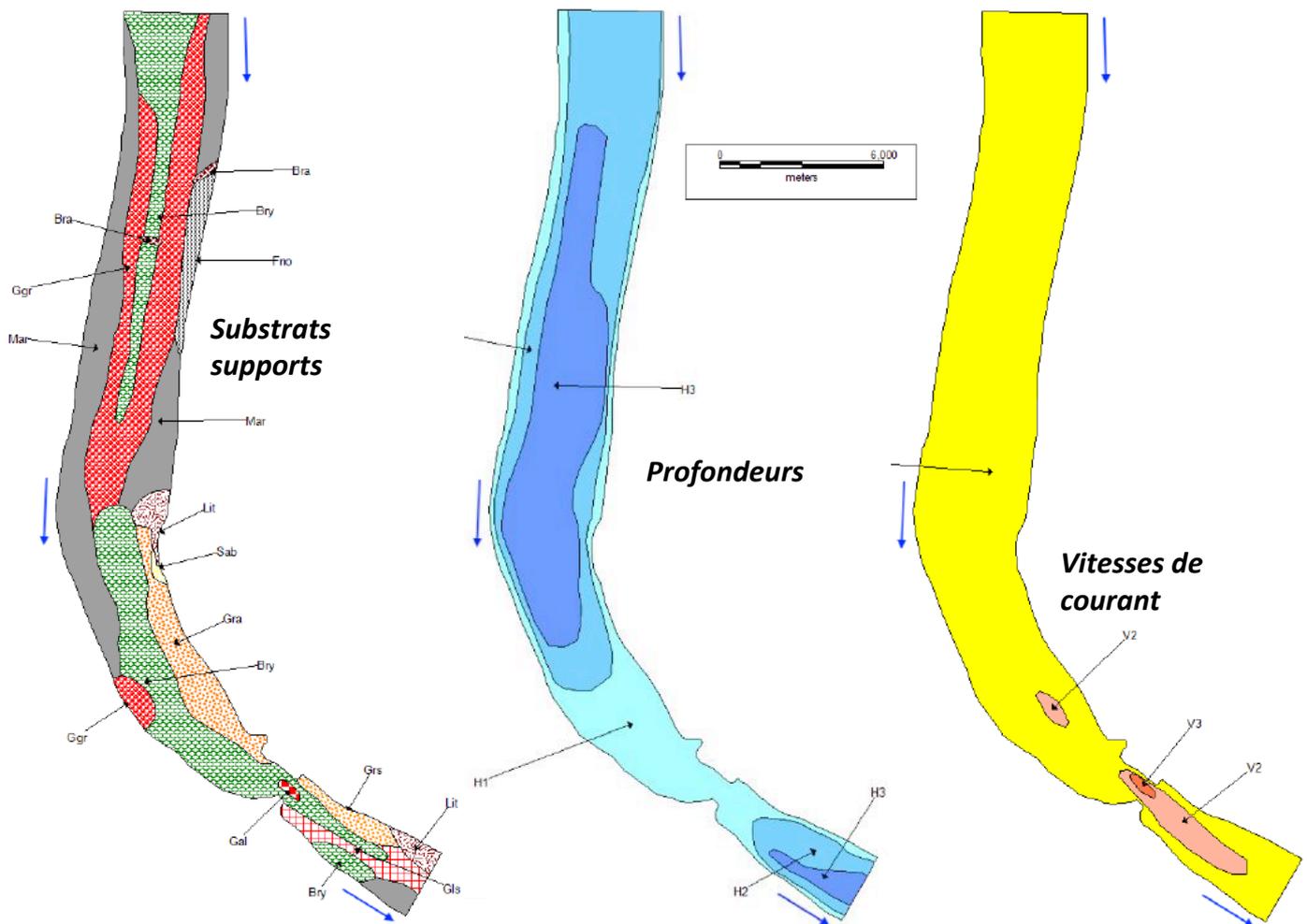


Figure 14. Cartes des composantes de l'habitat aquatique pour la Tanche amont (code 6464650)

Descripteurs synthétiques	Avril 2018
Indice d'Attractivité Morphodynamique	1 502 points
Rapport à la référence	26%
Indice de diversité	1,16
Indicateurs au niveau des substrats-supports :	
Attractivité des substrats	21 /100
Proposition des substrats très biogènes	0,4% (Branchages immergés)
Substrat dominant	Marnes (28,0%)
Variété de la substrats-supports	8
Indicateurs au niveau des profondeurs :	
Variété des hauteurs d'eau	3 classes
Profondeur maximale	41 cm
Profondeur modale	16 cm
Indicateurs au niveau des vitesses :	
Variété des vitesses d'écoulement	3 classes
Vitesse maximale mesurée	47 cm/s
Vitesse modale	6 cm/s

Tableau 7. Caractéristiques des mosaïques habitationnelles sur la station « Tanche amont » en 2018.

Station Tanche aval: code sandre 06001168

La station Tanche aval est elle aussi très homogène vis-à-vis des trois composantes de l'habitat aquatique (fig. 15-16, tab.8).

Le substrat-support ultra-dominant est composé d'un mélange de gravier-galets partiellement colmatés. Comme dans la station amont, les branchages et racines immergés sont anecdotiques.



Figure 15. Vues de la station en aval de la Tanche (code SANDRE 06001168) en avril 2018.

Descripteurs synthétique	Avril 2018
Indice d'Attractivité Morphodynamique	1 089 points
Rapport à la référence	18%
Indice de diversité	1,09
Indicateurs au niveau des substrats-supports :	
Attractivité des substrats	17,0 /100
Proposition des substrats très biogènes	0,9% (Racines immergés-Branchages immergés)
Substrat dominant	Galets-graviers (44,2%)
Variété des substrats-supports	8
Indicateurs au niveau des profondeurs :	
Variété des hauteurs d'eau	4 classes
Profondeur maximale	75 cm
Profondeur modale	19 cm
Indicateurs au niveau des vitesses :	
Variété des vitesses d'écoulement	2 classes
Vitesse maximale mesurée	36 cm/s
Vitesse modale	6 cm/s

Tableau 8. Caractéristiques des mosaïques habitationnelles sur la station « Tanche aval » en 2018.

Les écoulements sont aussi très monotones. La station comporte une mouille de profondeur notoire, mais la vitesse d'écoulement très lente ne dépasse pas 10 cm/ s sur la quasi-totalité de la station. Cette uniformisation des écoulements est liée au surélargissement du lit induit par les travaux de curages et de recalibrage.

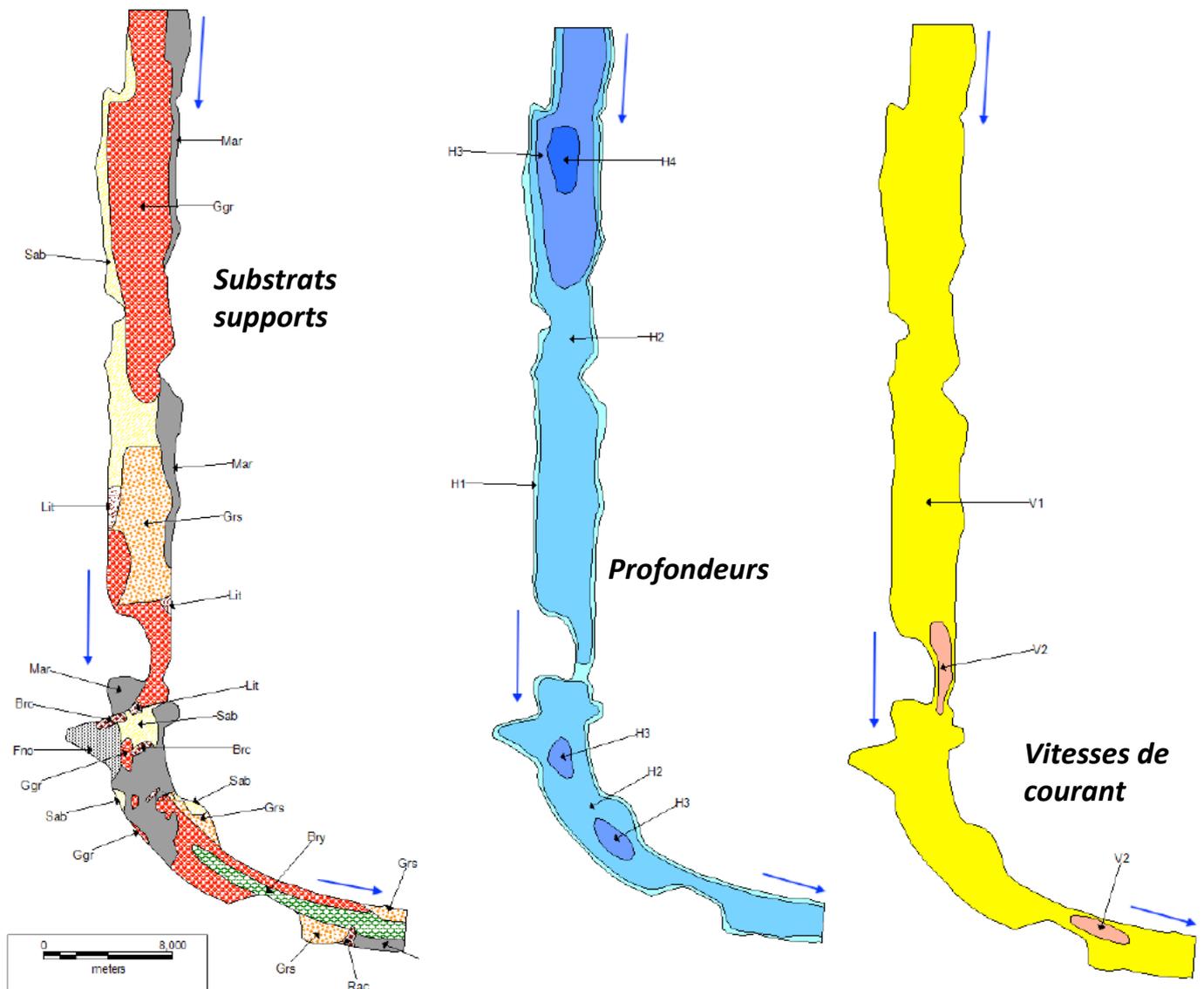


Figure 16. Cartes des composantes de l'habitat aquatique pour la Tanche aval (code 06001168)

Bilan sur la qualité des mosaïques d'habitat aquatique des 2 stations.

Comme indiqué plus haut, la méthode IAM a été ici appliquée hors protocole, alors qu'un débit printanier très supérieur au débit d'étiage baignait la station. Les indices calculés sont donc très fortement surestimés. Malgré cela, les capacités biogènes liées à la qualité physique des deux stations est réduits, respectivement de 74 et de 82% par rapport au potentiel optimum rencontré dans ce type de cours d'eau (tab. 9, fig. 17).

Si l'on calcule l'IAMpb adapté au ruisseau temporaire apiscicole, on observe que l'habitat aquatique de la station amont apparaît plus favorable à la faune benthique adapté au régime intermittent, à condition d'augmenter la durée de l'hydropériode. En revanche, une amélioration aussi limitée du débit ne suffirait pas à rehausser les capacités biogènes de l'habitat aquatique de la station aval.

Descripteurs synthétique	Tanche amont	Tanche aval
Variété des substrats	8	8
Variété des profondeurs	3	4
Variétés des vitesses	3	2
Attractivité des fonds	20,9	16,8
Attractivité temporaire des fonds	43,0	16,2
IAM	1502	1078
Potentiels par rapport à l'optimum	26%	18%
IAMpb "écoulement temporaire"	3094	1037

Tableau 9. Descripteurs synthétiques de la qualité des mosaïques d'habitat aquatique des deux stations étudiées sur la Tanche en avril 2018

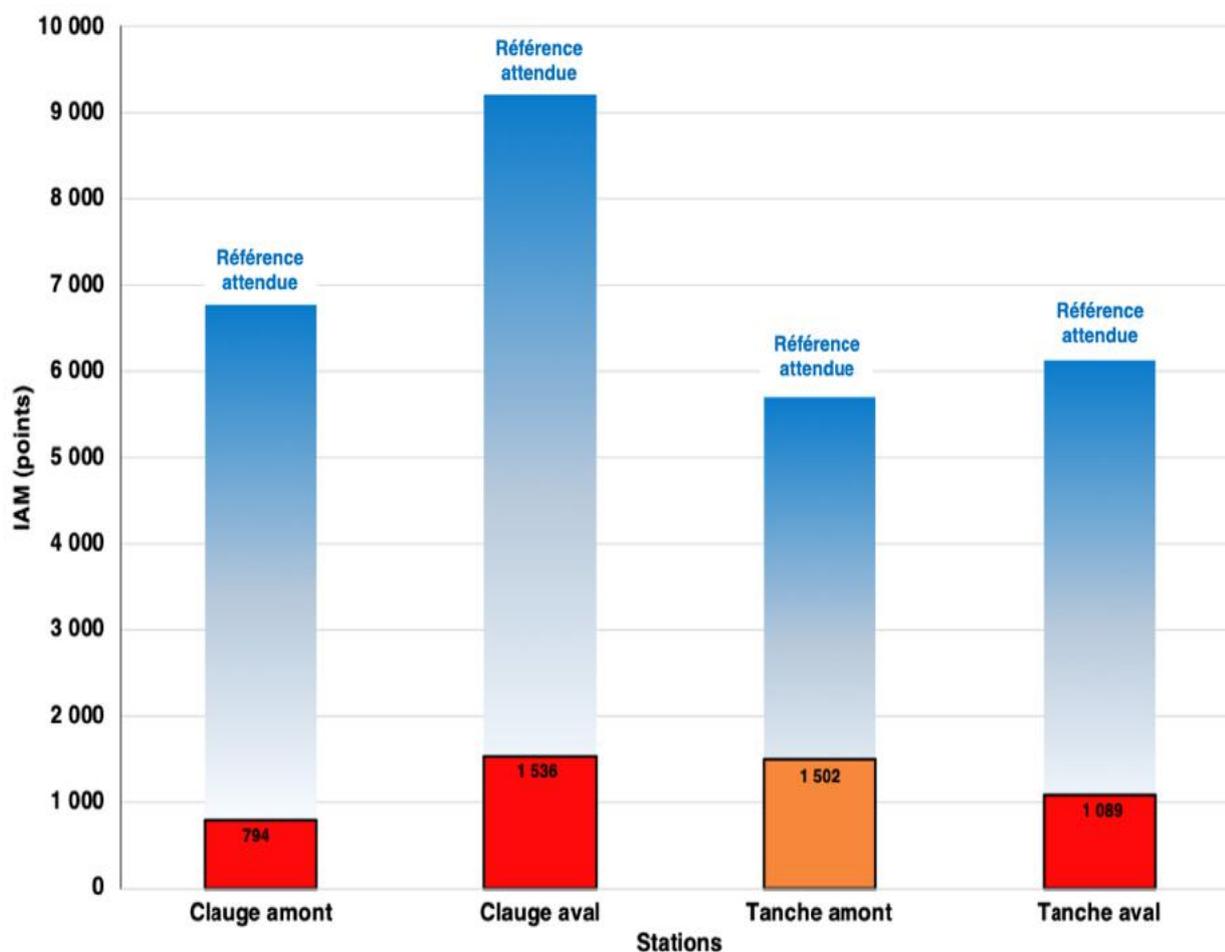


Figure 17. Comparaison de la qualité physique stationnelle appréciée à l'aide de l'IAM déterminés sur deux stations de la Haute-Clauge et deux stations de la Tanche

II-3-3. Qualité physique globale de la Tanche

Délimitation des tronçons

La qualité physique globale de l'ensemble du linéaire de la Tanche, soit environ 15,2 km, a été analysée. Quatorze tronçons morphodynamiquement homogènes y ont été définis (fig. 18) puis décrits et caractérisés suivant le protocole dit de la méthode tronçon.

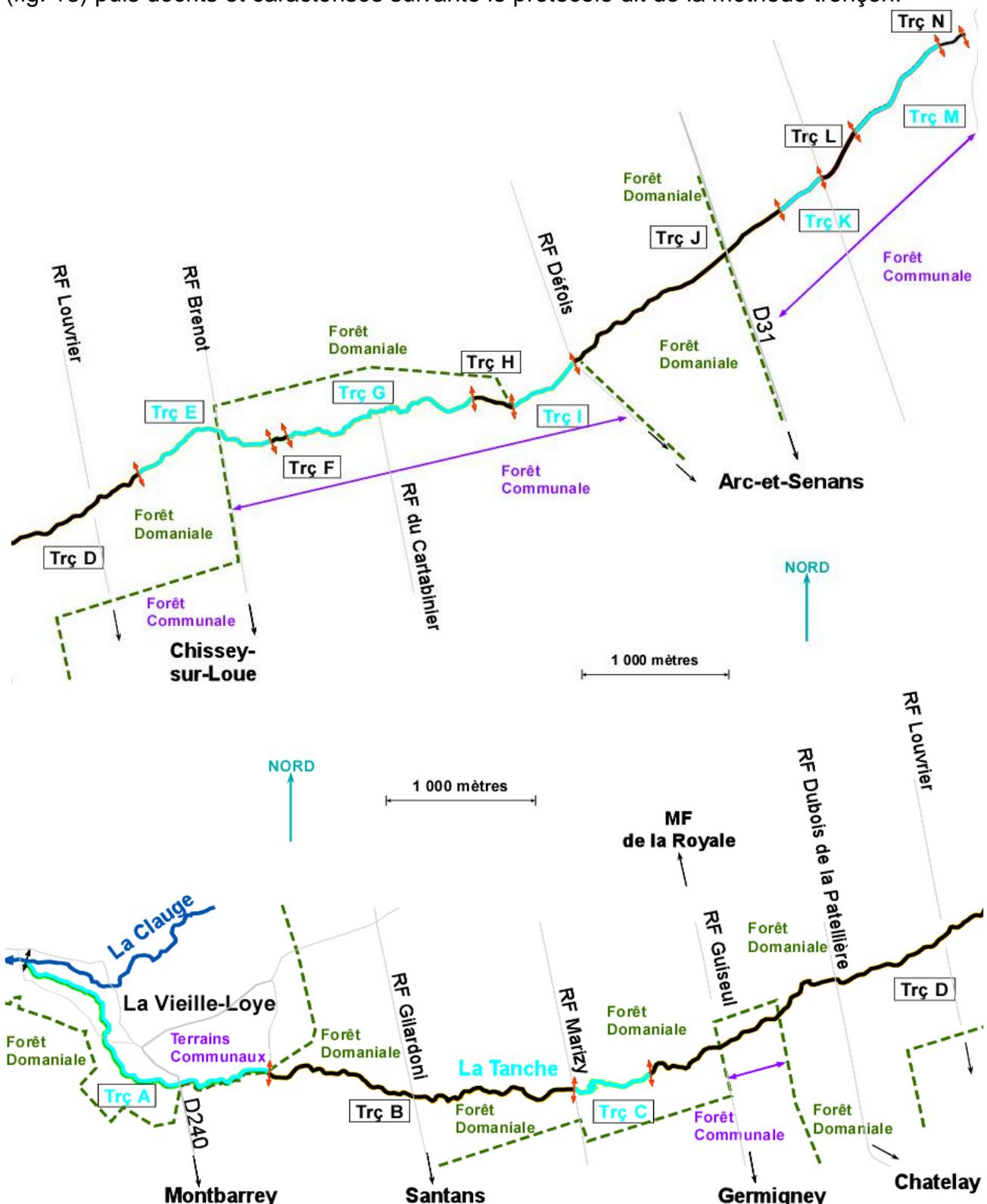


Figure 18. Délimitations et localisation des tronçons morphodynamiquement homogènes jalonnant la Tanche de ses sources à sa confluence

Descriptions de tronçons, de l'aval vers l'amont

Le tronçon A, de la confluence avec la Clauge au lieu dit les Vétillards, n'est pas entièrement forestier. Il s'écoule majoritairement au milieu des prairies communales. Pour le débit printanier, très supérieur à l'étiage, cette portion apparaît relativement hétérogène. Elle bénéficie des caches de berge ménagées par la ripisylve partiellement connective pour ce niveau d'eau (fig. 19).

Cependant, ce tronçon, plusieurs secteurs ont été rectifiés. En outre les merlons de curage et les multiples remblais qui la flanquent limite fortement sa connectivité latérale.

Surtout, les débits estivaux y sont réduits à un filet d'eau. Même en eau, les fonds du centre du chenal y sont moins hétérogènes que les berges, et on n'y observe que peu d'embâcles.



Fig. 19. Vues du tronçon A de la Tanche.

Les tronçons B et C, du lieu dit les Venteillards à la RF de Marizy et à la limite des parcelles 1089-1115, sont entièrement forestiers, comme tous le reste du linéaire. Ils sont plus nettement méandriformes même si plusieurs méandres ont été rescindés.

Dans les secteurs demeurés sinueux, le lit a été uniformément surélargis et enfoncé (fig. 20). Les berges décapées par l'érosion induite sont lisses et argileuses. Le lit incisé en résulte homogène et inattraktif.



Figure 20. Vues des tronçons B (4 photos supérieures) et C (4 photos inférieures) de la Tanche

Les tronçons D et E sont plus altérés encore (fig. 21). De nombreux méandres y ont été rescindés, et le chenal y est partout très fortement surélargis et enfoncés. Même les méandres résiduels sont bordés de merlons de curage qui limitent encore la connectivité du cours d'eau avec sa frange humides ainsi qu'avec la ripisylves.



Figure 21. Vues des tronçons D (2 photos supérieures) et E (2 photos inférieures) de la Tanche

En revanche le petit tronçon F qui s'étend sur 530 m de part et d'autre de la RF Brenot est à la fois méandriforme et connectif (fig. 22). La diversité des écoulements en soutient l'hétérogénéité. Cependant, la très faible proportion de bois morts en limite l'attractivité.



Figure 22. Vues du tronçon F de la Tanche

A contrario le chenal des tronçons G et H est à nouveau surélargis et enfoncés (fig. 23). De très nombreuses dalles argileuses limite fortement l'hétérogénéité et l'attractivité, en particulier au sein du tronçon G.



Figure 23. Vues des tronçons G (2 photos supérieures) et H (2 photos inférieures) de la Tanche

Le tronçon I, rectifié sur un plus grand linéaire, en résulte homogène et inattentif. Il est le siège d'érosion de berges notoires (fig. 24).



Figure 24. Vues du tronçon I de la Tanche

Le tronçon J a conservé sa sinuosité mais a été surélargi (fig. 25). Le manque de cache de berge, combiné avec un fort déficit en bois mort, imite drastiquement son attractivité.



Figure 25. Vues du tronçon J de la Tanche

Les tronçons K et dans une moindre mesure L ont été sévèrement rectifié en plusieurs endroits (fig. 26). Les lits y sont plus étroits mais plus incisés et très homogènes.



Figure 26. Vues des tronçons K (à gauche) et L (à droite) de la Tanche

Dans les tronçons M et N ont eux aussi été partiellement rectifiés et presque entièrement creusés ou enfoncés (fig. 27). Malgré l'humidité de la période d'observation, les débits étaient étiques dans le premier tronçon et nul dans le second.



Figure 27. Vues des tronçons M (à gauche) et N (à droite) de la Tanche

Bilan sur la qualité physique globale de la Tanche

L'application du protocole tronçon sur les 15 km de la Tanche n'a pas permis de définir des secteurs réellement référentiels sur le plan de la qualité morphodynamique. En effet, même lorsqu'ils sont considérés durant l'hydropériode, hors protocole, et donc avec un débit favorable, tous les secteurs présente des altérations marquées (tab. 10 et fig. 28).

Trç	Limite aval	Limite amont	Linéaire (m)	Score Hétérogénéité /111	Classe	Score Attractivité /90	Classe	Score Connectivité /130	Classe	Score Stabilité -60 / 40	Tendance dynamiqu ^e	Coef stab* 0,75 - 1,25	Qualité physique /30600	Classe
Trç A	Confluence Clauge	Les Vanteillards	2 262	43	B	43	B	55	B	-8	équilibre	0,85	4 021	B
Trç B	Les Vanteillards	Route Forestière Marizy	2 348	49	B	18	D	59	B	-7	équilibre	0,85	3 360	C
Trç C	Route Forestière Marizy	Limite parcelles 1089-1115	658	45	B	30	C	57	B	-14	érosion	1	4 275	B
Trç D	Limite parcelles 1089-1115	Limite parcelles 976-977	2 835	46	B	14	D	55	B	-10	équilibre	0,85	2 805	C
Trç E	Limite parcelles 976-977	400 m amont Route Forestière Brenot	1 068	31	C	18	D	53	B	-10	équilibre	0,85	2 207	C
Trç F	400 m amont Route Forestière Brenot	530 m amont Route Forestière Brenot	128	40	B	18	D	86	A	-5	équilibre	0,85	4 240	B
Trç G	530 m amont Route Forestière Brenot	750 m amont Route Forestière Carabinier	1 503	33	C	9	E	59	B	-11	érosion	1	2 478	C
Trç H	750 m amont Route Forestière Carabinier	530 m aval Route Forestière du Défois	283	40	B	15	D	60	B	-10	équilibre	0,85	2 805	C
Trç I	530 m aval Route Forestière du Défois	Route Forestière du Défois	529	24	D	12	D	50	B	-15	érosion	1	1 800	C
Trç J	Route Forestière du Défois	470 m amont D 31	1 808	42	B	7	E	58	B	-10	équilibre	0,85	2 416	C
Trç K	470 m amont D 31	Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	360	8	E	7	E	45	C	-8	équilibre	0,85	574	D
Trç L	Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	400 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	400	23	D	8	E	55	B	-8	équilibre	0,85	1 449	D
Trç M	400 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	1250 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	856	23	D	4	E	59	B	-9	équilibre	0,85	1 354	D
Trç N	1250 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	"Sources"	196	À SEC		À SEC		À SEC		À SEC		À SEC		À SEC
			A	>50		> 45		> 65		>10 Sédimentation		> 6500		
			B	40 - 50		34 - 45		49 - 65		-10 / 10 Equilibre		3500 - 6500		
			C	28 - 40		23 - 34		33 - 49		-25 / -10 Erosion		1500 - 3500		
			D	14 - 28		11 - 23		16 - 33		-60 / -25 Forte érosion		400 - 1500		
			E	< 14		< 11		< 16				< 400		

Tableau 10. Bilan de l'état des composantes de la qualité physique globale de la Tanche

Les différentes composantes de la qualité physiques sont limitées en particulier par l'étalement des débits dû à un élargissement et à un enfoncement notoire du gabarit du cours d'eau, parfois amplifiés par des rectifications locales drastiques. Cependant, même sur les tronçons où des méandres subsistent encore (tronçons B, C, F, H, J) les curages et recalibrage dont a souffert le lit ont entraîné une incision généralisée et grevé de façon non naturellement réversible les capacités biogènes de la Tanche.

Ce processus se traduit par affaiblissement de l'hétérogénéité et surtout de l'attractivité. Le lit de la Tanche n'offre en effet que très peu de caches, la fréquence des bois mort étant anecdotique et les systèmes racinaires de la ripisylve généralement non connectif.

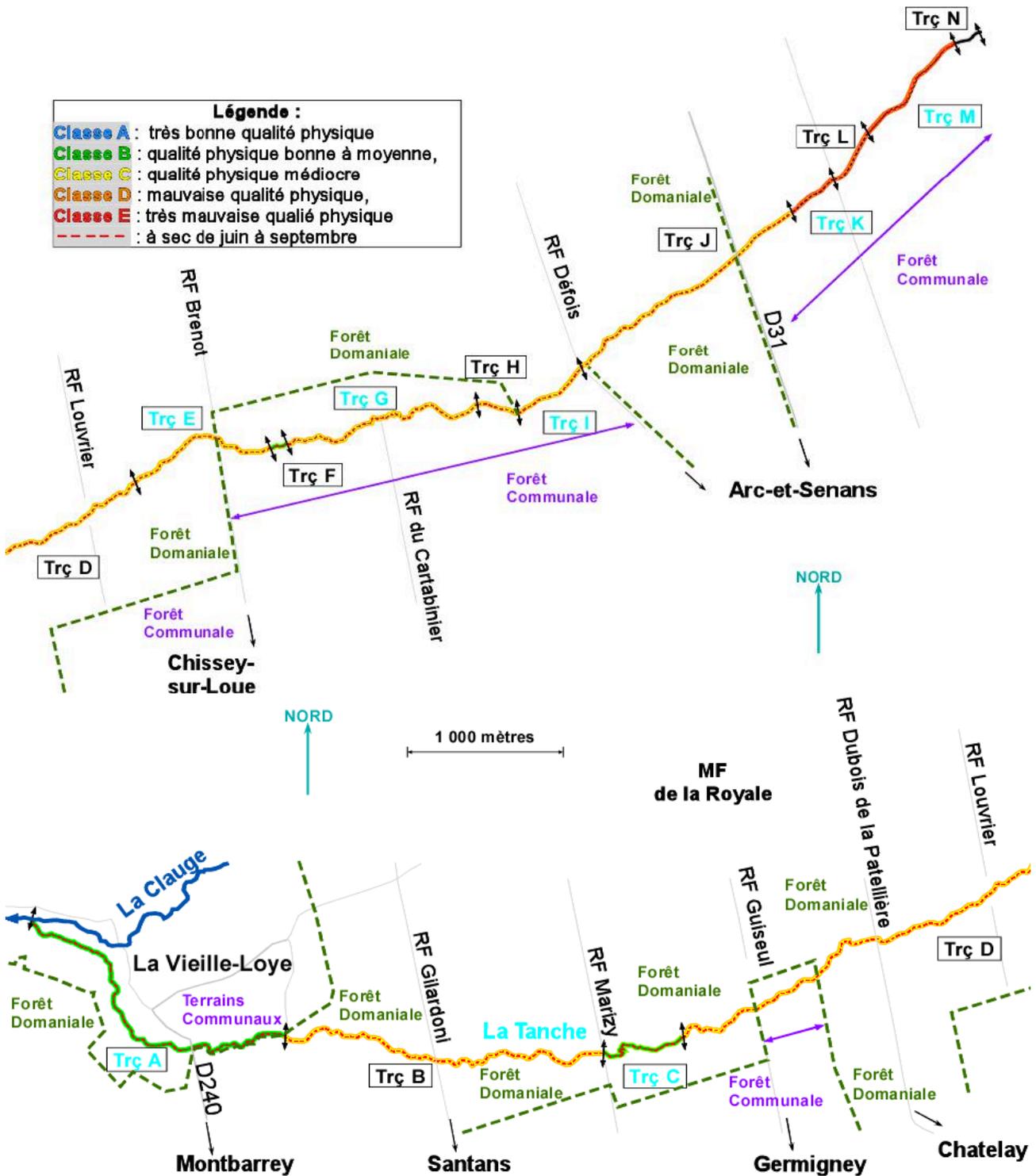


Figure 28. Variation spatiale de la qualité physique globale de la Tanche

Sur l'ensemble du linéaire, la plupart des méandres rectifiés sont encore visibles mais non connectifs. Parallèlement, la qualité physique du réseau d'affluents de la Tanche est également très altérée, en particulier au niveau des confluences. Cette configuration traduit un appauvrissement généralisé des potentiels écologiques de l'ensemble du bassin hydrographique.

III. Etat d'altération du chevelu et stratégie de restauration

III-1. Inventaire spatialisé des altérations

III-1-1. Inventaire des altérations et des possibilités de restauration des affluents

Méthodologie

Le tableau de description « fonctionnelle » simplifiée mis au point pour décrire synthétiquement la morphologie et la dynamique des affluents de la Clauge a été utilisé pour caractériser ceux de la Tanche (Degiorgi et al., 2010, tab. 11). Cette grille s'attache à décrire, :

- la largeur du vallon, et les propriétés des sols en rapport avec leur hydromorphie ;
- les interfaces entre le chenal et le vallon et ses versants ;
- la morphologie et la dynamique du chenal ;
- les possibilités spatiales et matérielles de restauration les plus efficaces.

Repères				Sol				Corridor/annexes					Fossé/chenal					Matériaux / Tn			Remarques	
N° ru	N° parc	sit	foto	Larg. Vall	Pier.	Pier. lit	MO	Mndr tot.	Mndr hum.	Affl.	Fossé	Gué	Buse	Larg méd.	Prof. max	Pente	Form	Embcl	Merlon	Bois dispo	Tn	Diagnostic ou/et préconisation
				m	0 à 3	0 à 3	1 à 3	nb	nb	N°	nb	nb	nb	m	m	‰	II ou S	nb	0 à 3	nb	A à E	

- Sit[e] : division éventuelle de la parcelle
 - Pier[osité] : densité de cailloux de 1 à 3, au fon du vallon et dans le lit mineur
 - MO : teneur en matière organique en fonction de la couleur (1 à 3)
 - M[éa]n[d]r[e] : nb total de fantome (tot) DONT en eau ou très humides au moment de la prospection (hum)
 - Affluents : distinguer ceux cartographié (n° attribué) et ceux non cartographié (lettre)
 - Fossés : indiquer les fossés accentués dont il convient d'oblitérer la zone de confluence ou et la partie basale
 - Embcl : nb d'embâcles en place
 - Ripisylve penchée ou vieillissante (1 à 3)
 - Merlon selon quantité de matériaux dispo : 3 # bouchage total, 2 # bouchage partiel mais sensible, 1 simple amorce ou compléments, 0 aucun
 - Bois coupés : houpriers, chablis, tronc couché susceptible de constituer 3# plusieurs bouchons 2# un bouchon au moins 1# amorce de bouchon
 - Tn : appréciation synthétique de la stratégie de restauration optimale
- A Complément total : merlon ou autre source de matériaux disponible à proximité
 B Bouchons à noyau (fossé très enfoncé et pente forte ou/et terrain friable ...)
 D Embâcles artificielles à fixer avec D+ ou sans D recharge
- C Bouchons terreux (simple) : pente faible et fossé peu profond
 E Autre : par exemple recharge en granulat

Tableau 11. Grille de description morpho-hydrodynamique des ruisseaux forestiers temporaires

Application aux affluents de la Tanche

Cette grille de description a été renseignée de janvier à février 2018 puis durant l'hiver et le début des printemps 2020 et 2021, au cours de la prospection d'une partie seulement des affluents de la Tanche. En effet, si une première approche cartographique appliquée par l'ONF avait permis d'identifier 47 affluents principaux, les reconnaissances de terrain et surtout l'analyse du Lidar a montré que le chevelu se composait de 169 affluents et contre-affluents (fig. 29). Le linéaire cumulé total identifié dépasse 58 km

L'analyse a donc été appliquée à un sous-échantillon représentatif de 50 ruisseaux affluent ou contre-affluents majeurs de la Tanche totalisant une trentaine de kilomètre de linéaire cumulé. Elle a permis de distinguer les différentes composantes déterminant leur taux d'altération, les principales causes de perturbation, leurs tendances dynamiques et les possibilités de restauration qui leur sont associées.

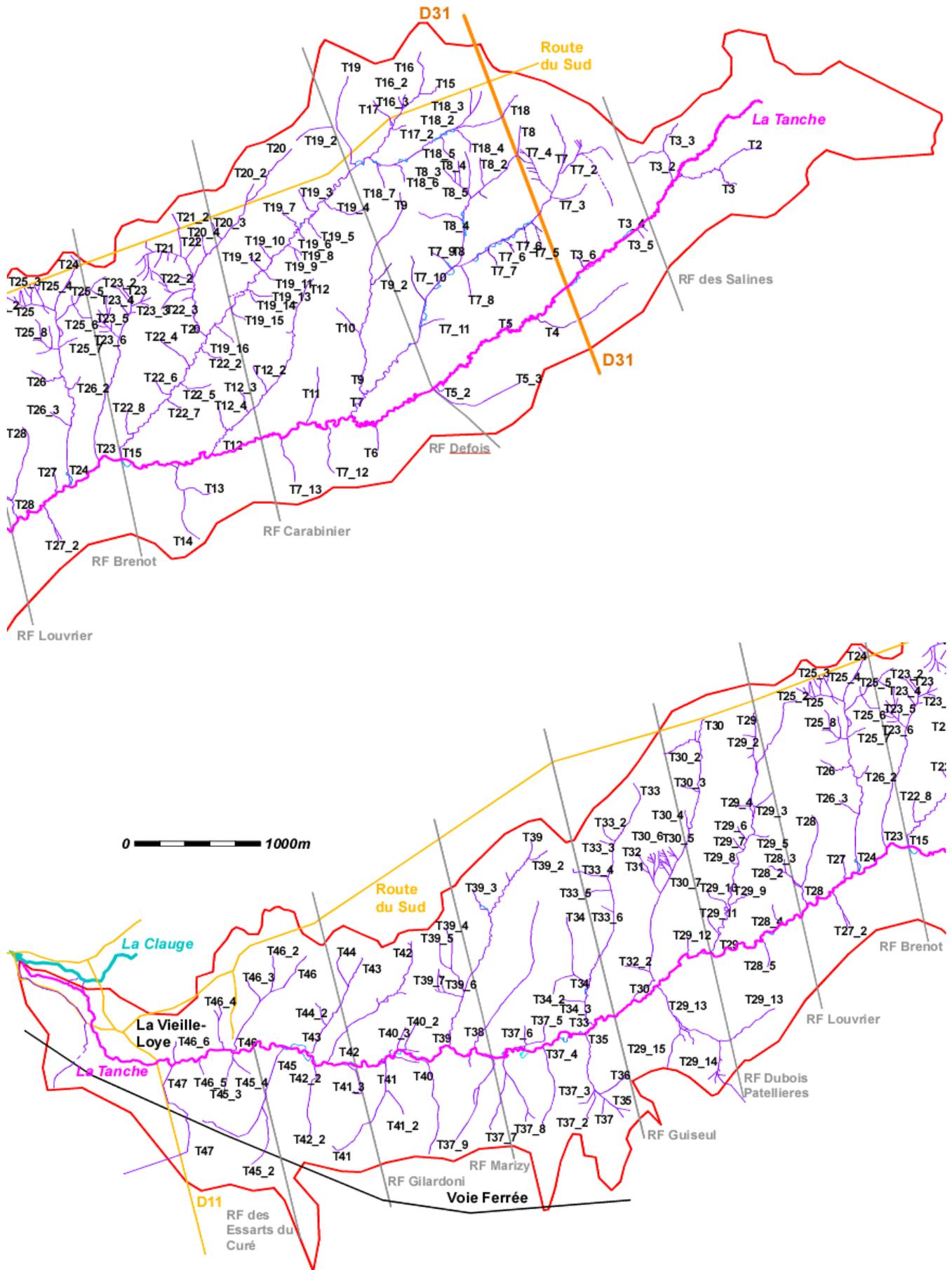


Figure 29 Chevelu hydrographique et bassin versant de la Tanche

1. Le taux d'altération des ruisseaux a été évalué en mesurant la diminution de sinuosité du lit et en caractérisant le surdimensionnement du lit induit par les travaux des années 1940 à 1980 puis aggravés par l'érosion. La sur-largeur et l'enfoncement du lit augmentent en effet la vitesse de tarissement en étiage ainsi que le niveau de l'énergie maintenue dans le chenal en crue. Ces processus limitent eux-mêmes les capacités biogènes du ruisseau.
2. Les tendances dynamiques sont inférées à partir de l'observation du signe d'érosion ainsi qu'à partir de la pente et de la cohérence des terrains riverains.
3. Les principales causes d'altération sont recherchées par enquête auprès des agents de terrain, mais aussi par observation des usages et pratiques et des types de travaux d'aménagement mis en œuvre sur le tronçon considéré ainsi qu'à l'amont et à l'aval.
4. Les possibilités et l'orientation des modalités de restauration sont déduites des tendances dynamiques et de présence ainsi que de la nature des matériaux disponibles sur places.

Suivant cette optique, plusieurs tendances et phénomènes récurrents ont pu être identifiés sur les 32 kilomètres de linéaires prospectés. Puis, le degré d'artificialisation du chevelu a été évalué en distinguant la forme et l'encaissement du lit ainsi que la fréquence des embâcles et l'importance relative des merlons (tab. 12).

Forme du lit	Proportion %	Profondeur du chenal (cm)			Embâcles nb/100m
		moyenne	minimale	maximale	
Peu marquée dont	2	20	5	30	0,5
Peu marquée + embâcles	1	15	5	25	1,5
Méandriformes dont :	22	32	10	80	0,3
Méandriforme non creusé	4	19	10	30	0,8
Méandriforme incisé (1)	11	47	30	80	0,2
Partiellement sinueux (2)	7	36	10	70	0,4
Rectifié (3)	76	56	20	140	0,2
Artificialisé ou érodé (1+2+3)	93	48			0,2

Tableau 12. Typologie de l'artificialisation des affluents de la Tanche.

III-1-2. Inventaire des altérations et des potentiels de restauration pour la Tanche

Un inventaire des altérations et des potentiels de restauration a aussi été dressé pour la Tanche elle-même (tab.13-14). Cette approche a permis de déterminer que la proportion de linéaire rectifié drastiquement était d'environ 25 % contre 73 % linéaire curé ou recalibré.

Repères	Tronçon	Linéaire (m)		Altitude (m NGF)		Pente ‰	Largeur modale m	Hauteur de berge max (m)
		IGN	Lidar	amont	aval			
Source / fossé	N	196	239	276	273	16	2,0	40
Foret de Champagne	M	856	1 044	273	263	11	3,0	50
Amont RF Arc-et-S.	L	400	488	263	261	5	7,0	60
Aval RF Arc-et-S.	K	360	439	261	258	8	5,0	70
Amont D31 - RF Défois	J	1 808	2 206	258	250	5	5,0	75
Amont aval proches Défois	I	529	645	250	248	2	5,0	80
RF Défois - RF Carbinier	H	283	345	248	246	7	6,0	90
Amont/aval RF Carabinier	G	1 503	1 834	246	242	3	8,0	90
RF Carbinier - RF Brenot	F	128	156	242	242	2	8,0	75
Amont/aval RF Brenot	E	1 068	1 303	242	239	3	9,0	120
Am. Louvrier - av. Guiseul	D	2 835	3 459	239	233	2	8,0	126
Amont RF Marizy	C	658	803	233	231	3	9,0	180
Aval RF Marizy -Essart	B	2 348	2 865	231	225	2	9,0	155
Essart - Confluence	A	2 262	2 760	225	220	2	10,0	168
Total		15 234	18 585	276	220	4		

Tableau 13. Caractéristique morphologique des tronçons de la Tanche

Repères	Tronçon	Bois mort lin. (m)	Taux de ripisylve (% berge)		Altérations par linéaire (m)		
			tot.	conn.	Rectifié	Curé	Merlon
Source / fossé	N	20	40	4	40	120	119
Foret de Champagne	M	0	7	7	120	680	60
Amont RF Arc-et-S.	L	0	10	10	112	376	40
Aval RF Arc-et-S.	K	0	20	5	259	180	200
Amont D31 - RF Défois	J	2	24	11	335	1 871	654
Amont aval proches Défois	I	0	15	5	140	505	120
RF Défois - RF Carbinier	H	0	50	10	0	345	148
Amont/aval RF Carabinier	G	3	18	10	0	1 834	80
RF Carbinier - RF Brenot	F	0	25	25	0	156	40
Amont/aval RF Brenot	E	2	33	15	500	803	650
Am. Louvrier - av. Guiseul	D	8	38	22	980	2 479	118
Amont RF Marizy	C	6	60	15	148	655	40
Aval RF Marizy -Essart	B	13	40	16	100	2 765	800
Essart - Confluence	A	86	66	47	1 560	1 200	1 200
Total			32	14	4 294	13 968	4 269

Tableau 14. Spatialisation des altérations et des possibilités de restauration par tronçon

III-2. Modalité de restauration adaptées

Pour reconstituer les réserves en eau du sol, allonger leur hydropériode ou les rendre à nouveau pérenne, une stratégie de restauration intégrée a été conçue et mise en pratique sur la Clauge et ses affluents. Elle vise à rehausser l'altitude et à resserrer la largeur des écoulements de surface, en s'adaptant à la morphologie des lits artificialisés et de leur berge, aux types d'altérations subies, à l'intensité de l'érosion induite ainsi qu'aux contraintes de la gestion forestière.

Dans cette optique, 4 modalités ont été mises au point, en les choisissant et en les articulant en fonction des configurations suivantes. Elles ont démontré leur efficacité (Degiorgi et al. 2022).

III-1. Stratégie optimale : comblement total des lits rectifiés

1. Le chenal a été rectifié, les merlons de curage sont encore présents sans être colonisés par de gros arbres, les anciens méandres sont ou non encore visibles.

=> **Comblement du lit rectiligne et réactivation des méandres sans recreusement ou creusement ménagé d'un lit guide méandrique sous-dimensionné (fig. 30)**

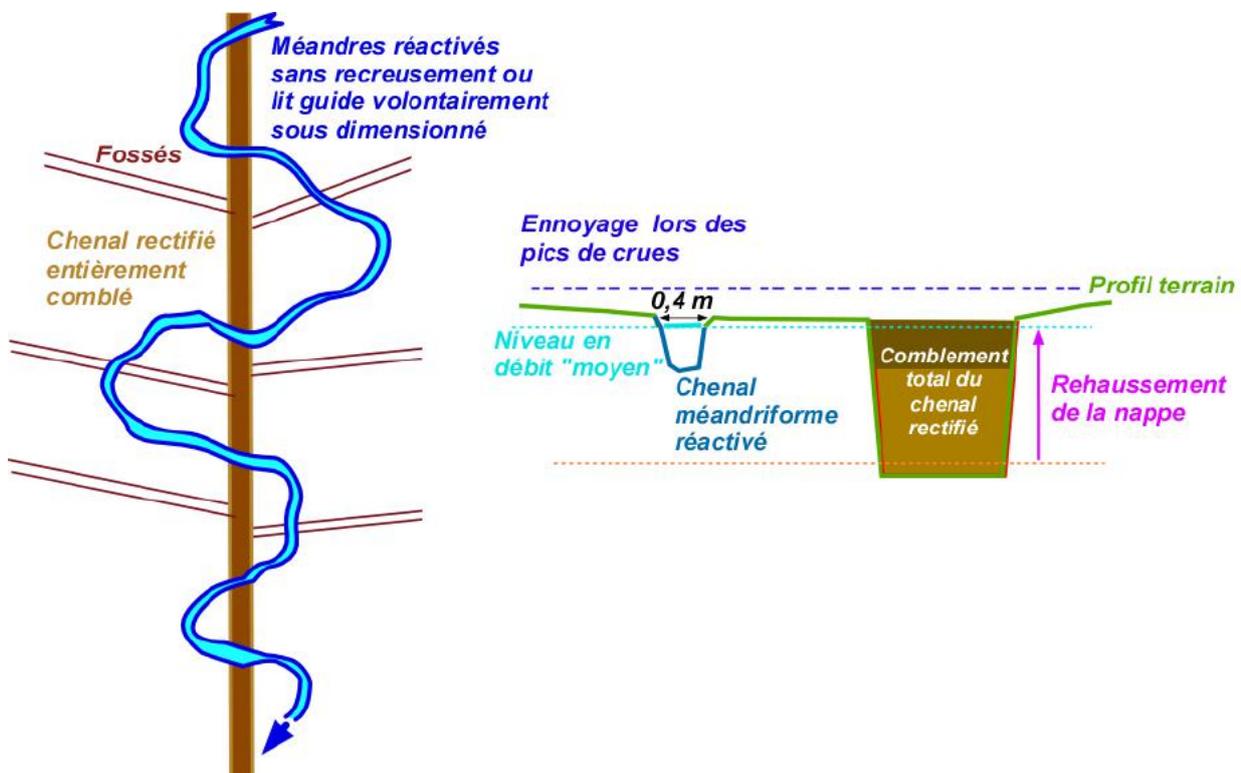


Figure 30. Vue schématique en plan (à gauche) et en profil (à droite) des ruisseaux restaurés par comblement total du lit rectiligne

III-2. Stratégie compromis : comblement partiel des lits rectifiés

2. Le chenal a été rectifié, les anciens méandres sont ou non encore visibles mais les merlons ont été exportés ou érodés ou et colonisés par des arbres à conserver.

=> **Oblitération partielle du lit rectiligne à l'aide de bouchons en escalier et réactivation des méandres comme ci-dessus (fig. 31-32).**

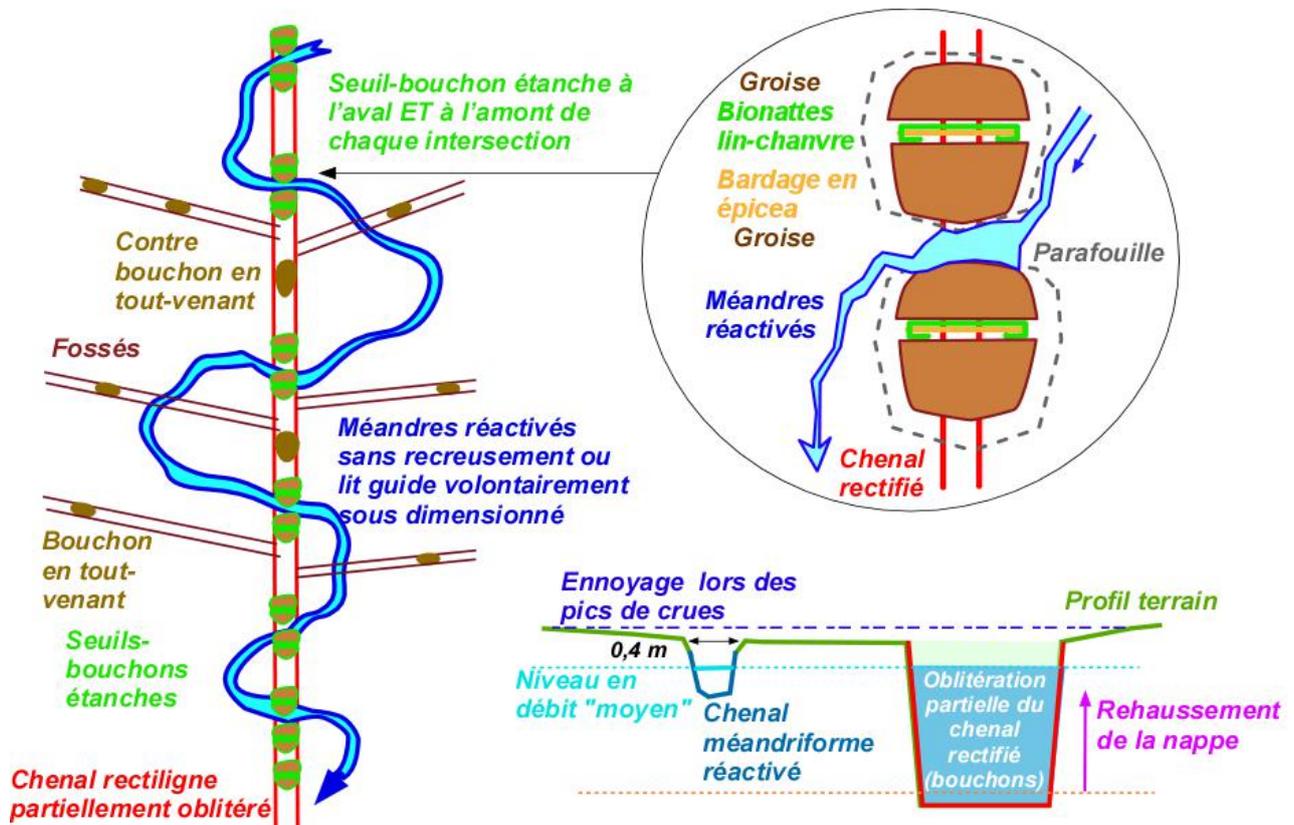


Figure 31. Vue schématique en plan (et en profil (en bas à droite) des ruisseaux temporaires restaurés par oblitération du lit rectifié à l'aide d'une série de bouchons étanches

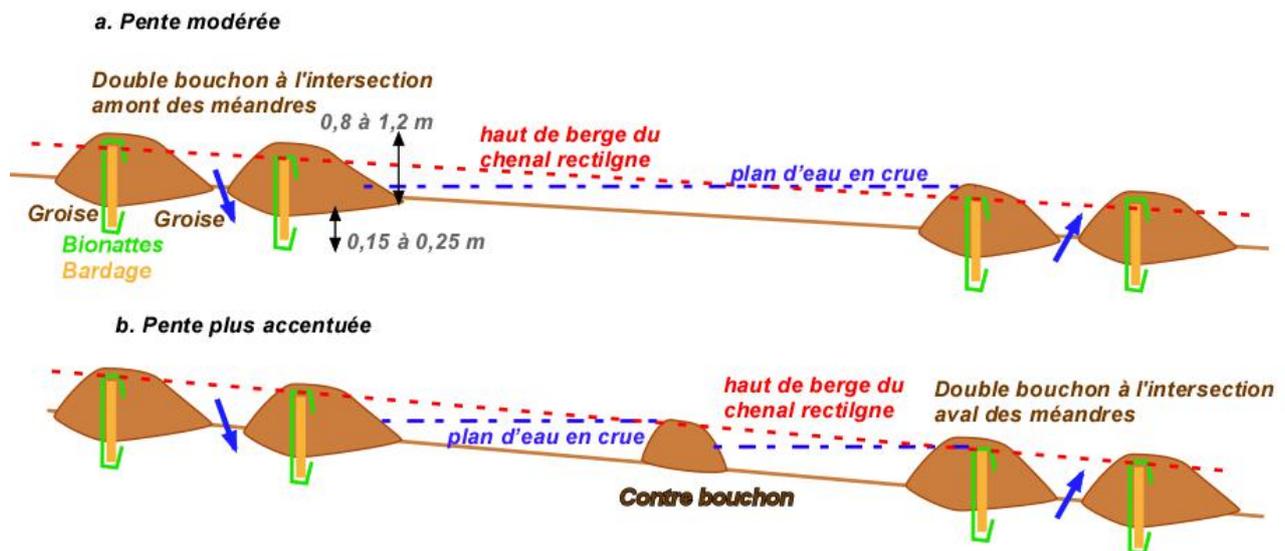


Figure 32. Profil en long d'une succession de double bouchons en escalier oblitérant partiellement le chenal rectiligne quand il n'est pas possible de le combler complètement

III-3. Rehaussement, resserrement et diversification des lits enfoncés surélargis

3. Le chenal a été seulement curé et enfoncé mais pas rectifié, les merlons de curage ont été exportés ou érodés ou et colonisés par des arbres exploitables.

=> Rehaussement et resserrement de la lame d'eau et diversification des mosaïques d'habitats aquatiques à l'aide de recharges en gravier ou galet ainsi que d'embâcles fixés et semi-enterrés (fig.33).

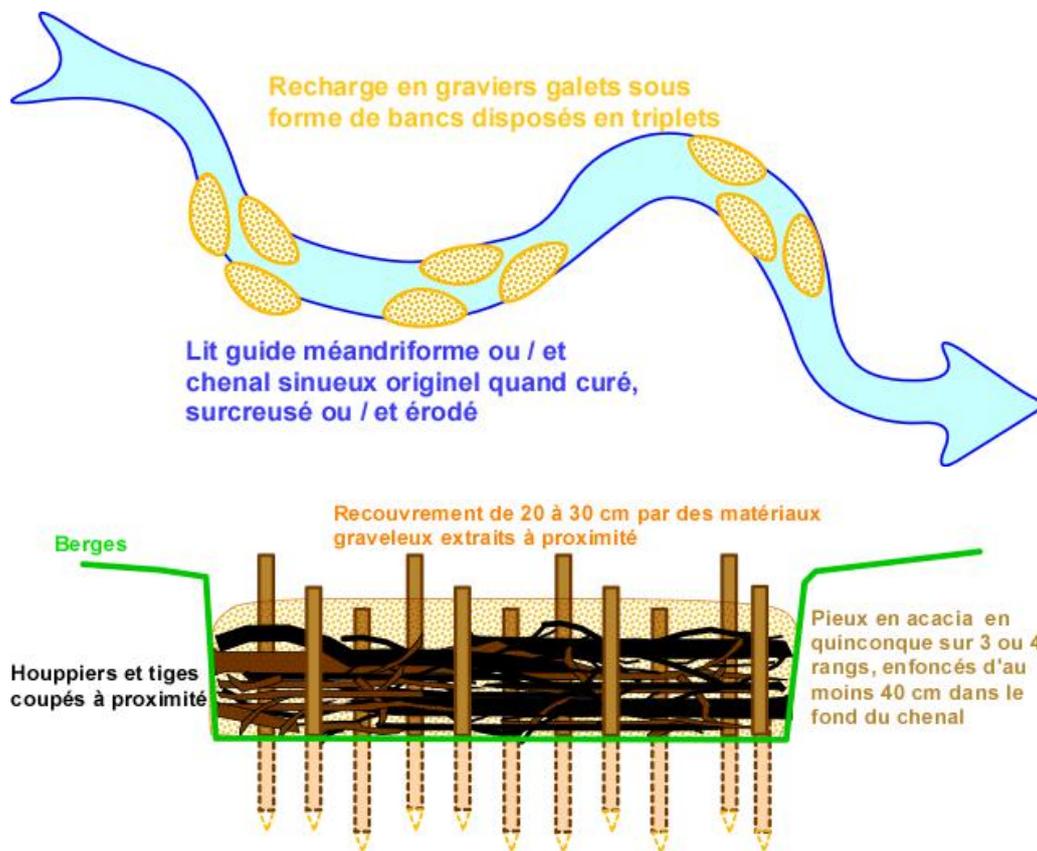


Figure 33. Schéma de principe du rehaussement et du resserrement de la lame d'eau des ruisseaux temporaire curés et incisés mais non rectifiés ; en haut recharge en galets ou et graviers sous forme de triplets de bancs ; en bas embâcle artificiel ancré et semi enfoui.

4. Le chenal a été rectifié ou curé, les anciens méandres ne sont plus visibles, les merlons ont été exportés ou érodés ou et colonisés par des arbres importants et le chenal artificialisé est très large

=> Rehaussement et resserrement de la lame d'eau et diversification des mosaïques d'habitats aquatiques à l'aide de l'implantation de banquette double ou simple assortie d'un embâcle fixé et enfoui à l'aval immédiat (fig. 34).

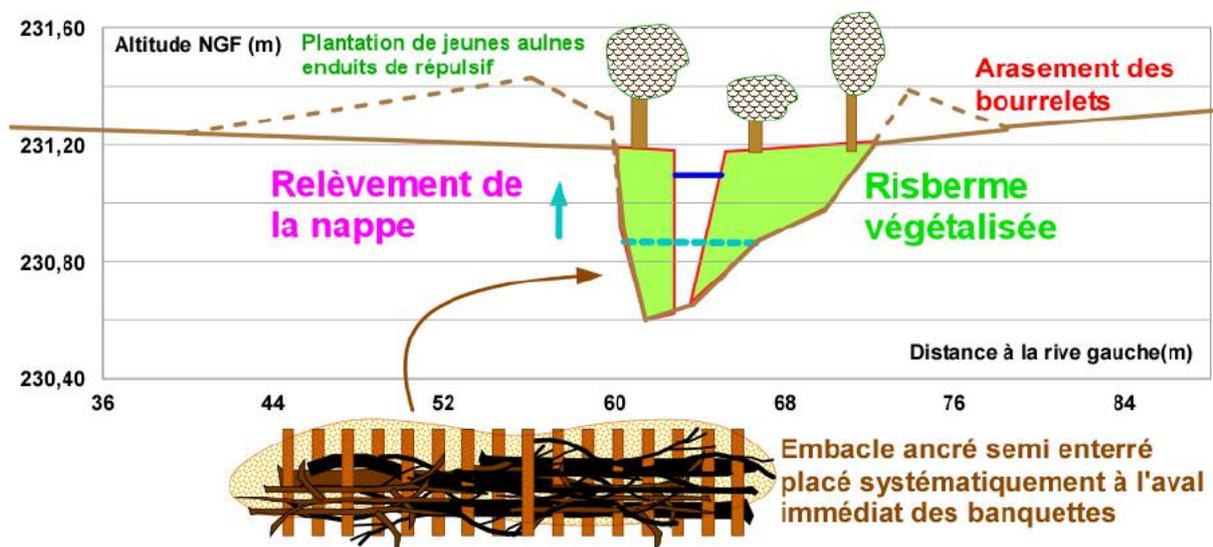


Figure 34. Principe du resserrement du lit à l'aide d'un couple de banquette végétalisée en vis à vis ; un embâcle artificiel semi-enterré sera systématiquement ancré à l'aval immédiat des banquettes

III-3. Orientation et stratégie de restaurations du chevelus hydrographique

Les déficits mis en évidence pour les capacités biogène de la Tanche et de deux de ses affluents en relation avec les altérations de leur qualité physique inclinent à engager des actions de restauration sur l'ensemble du chevelu hydrographique. En effet, les suivis des effets des travaux menés sur le bassin de la Clauge forestière on montré que l'intérêt et la nécessité de réaménager à la fois les affluents et le cours principal (Degiorgi et al. 2022).

III-3-1. Stratégie de restauration de la Tanche

En fonction des caractéristiques morphologiques globale de chacun des tronçons de la Tanche une prévision des différents types de travaux à y mener peut être proposée et pré-chiffrée. Suivant cette optique, le volume des aménagements nécessaires pour reconstituer des écoulements d'étiage et pérenniser le débit à partir de l'aval de la route forestière du Défois se décline de la façon suivante :

- + Entre 900 et 1000 m linéaire de comblement total ;
- + 130 et 140 banquettes doubles ou simples ;
- + entre 190 et 200 triplets de bancs de recharge en galets et graviers ;
- + 210 et 220 embâcles ancrés et enfouis.

Trç	Comblement				Doubles banquettes				Recharge triplets bancs			Embâcles ancrés enfouis		
	lin.	nb	vol.	cout	nb	lin.	vol.	cout	nb	vol.	cout	nb	vol.	cout
N	20	1	16	320	4	6	14	1320	8	20	358	2	6	462
M	40	2	60	1800	17	8	67	5524	20	133	2345	40	213	11268
L	60	2	252	5640	4	9	50	3520	6	120	2109	12	258	7670
K	80	3	280	6500	4	10	42	3161	7	84	1475	12	146	5226
J	120	4	450	10200	24	11	330	21120	24	298	5249	36	436	15598
I	60	2	240	5400	6	12	94	5151	8	105	1843	16	195	6961
H					4	13	94	3520	8	170	2995	8	124	3966
G					16	14	538	35200	20	786	13828	24	654	18383
F					2	14	56	4400	4	125	2199	4	99	2796
E	120	4	1296	27120	7	14	331	14458	13	852	14990	12	403	10850
D	240	6	2419	50184	28	15	1411	61600	32	1730	30455	24	646	18160
C	60	2	972	20040	4	16	357	9078	8	802	14118	8	269	7254
B	60	2	837	17340	16	17	1232	34278	32	2692	47378	20	661	17822
Tôt.	960		6822	144544	134		4615	202331	191	7917	139342	218	4110	126417

Tableau 15. Principe du resserrement du lit à l'aide d'un couple de banquette végétalisée en vis à vis ; un embâcle artificiel semi-enterré sera systématiquement ancré à l'aval immédiat de chacune des banquettes

III-3-2. Stratégie de restauration des affluents de la Tanche

Les sols du bassin versant de la tanche sont à dominante argileuses et argilo-limoneux. En outre la densité de drainage des affluents est assez faible et ne dépasse pas 2 km/km². Par conséquent, le temps d'évacuation des eaux à l'exutoire est assez long.

On en déduit l'intérêt de restaurer la morphologie d'une partie au moins des affluents de la Tanche. Toutefois, pour atteindre un seuil d'augmentation critique des apports phréatique et de débits avant tarissement au cours d'eau principal, la restauration d'au moins 25 affluents dont les 9 principaux pour un total d'au moins 45 km apparaît nécessaire.

Les affluents à restaurer par ordre de priorité sont les suivants :

+ majeurs : 15, 9, 20, 23, 24, 30, 29, 33, 39 ;

+ mineurs : 3 , 4, 5, 12, 28, 29-13, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 44, 45, 46, 47.

III-3-3. Propositions de phasages et pré-chiffrage

Que ce soit dans le cas des affluents comme pour la Tanche elle-même, cette stratégie et ses modalités techniques doivent être précisées et modulées spatialement au cours d'étude de phase APD et PRO ultérieures. Cependant, un chiffrage global peut être proposé ainsi qu'un phasage opérationnel (tab. 36).

Années	Phases	Fourchette € HT /an	
2023	Etude APD /PRO/DLE dont état initial pour les affluents	24 000	28 000
2023 à 2025	8 affluents /an soit 15 km /an =>	280 000	360 000
2024	Etude APD /PRO/DLE dont état initial pour la Tanche	28 000	32 000
2025 à 2027	Tanche 5 à 6 km/an=> 18 km	220 000	300 000

Tableau 16. Principe du resserrement du lit à l'aide d'un couple de banquette végétalisée en vis à vis ; un embâcle artificiel semi-enterré sera systématiquement ancré à l'aval immédiat de chacune des banquettes.

Ainsi, comme dans le cas du chevelu hydrographique de la Clauge, dans un premier temps, la restauration des affluents permettra de reconstituer les réserves en eau des sols en tête de bassin ainsi que les écoulement hyporhéiques parvenant jusqu'à la Tanche. Dans un deuxième temps, la restauration de la Tanche elle même permettra d'espérer le retour à la pérennisation des débits d'étiage au moins dans sa moitié forestière aval.

III-3-4. Perspectives de finalisation des restaurations de la Clauge et de la Tanche

A plus long terme, lorsque les restaurations des parties apicales forestières des chevelus hydrographiques de la Tanche et de la Clauge auront été mise en œuvre, la restauration de la partie prairiales des deux cours d'eau pourra utilement être envisagée. En effet pour l'instant, cette zone a été notoirement artificialisée.

Juste avant leur confluence, les deux cours ont été rectifié set fortement surélargis (fig. 35). Cependant, des reliques ou des fantômes des anciens méandres ainsi que de l'ancienne confluence sont encore visibles. Aussi, la restauration de cette zone permettrait une reconstitution très efficace des débits d'étéage de la Moyenne Clauge (fig. 36).

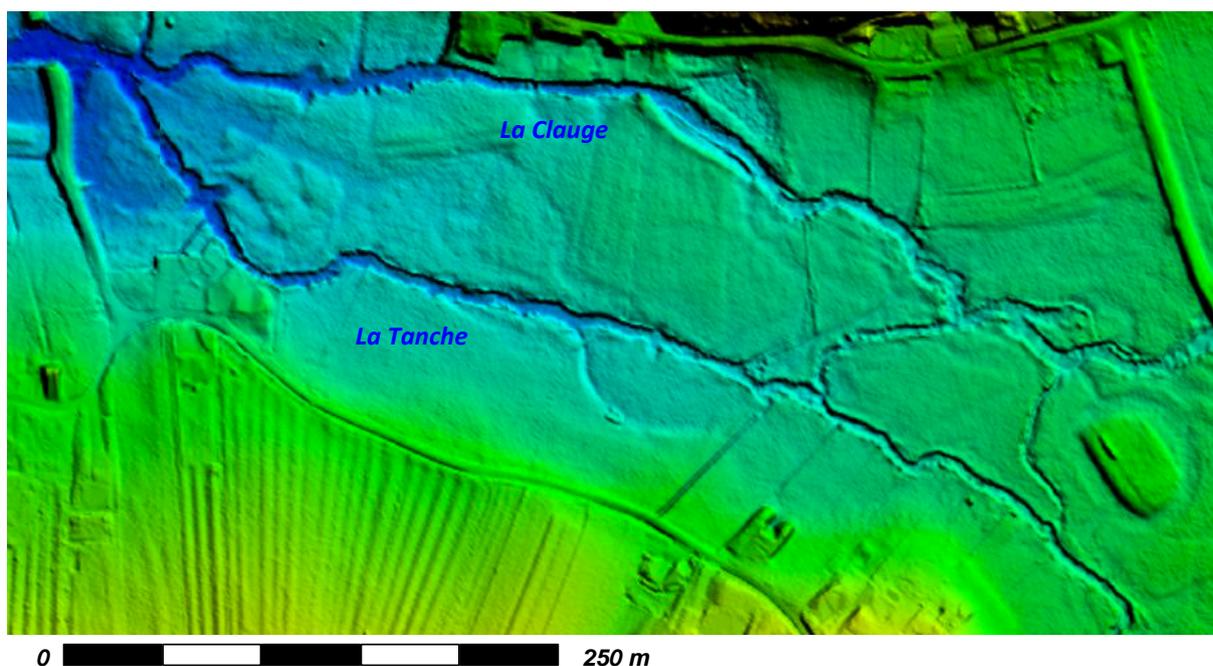


Figure 35. Carte LIDAR de la zone de confluence de la Clauge et de la Tanche à la Vieille Loye

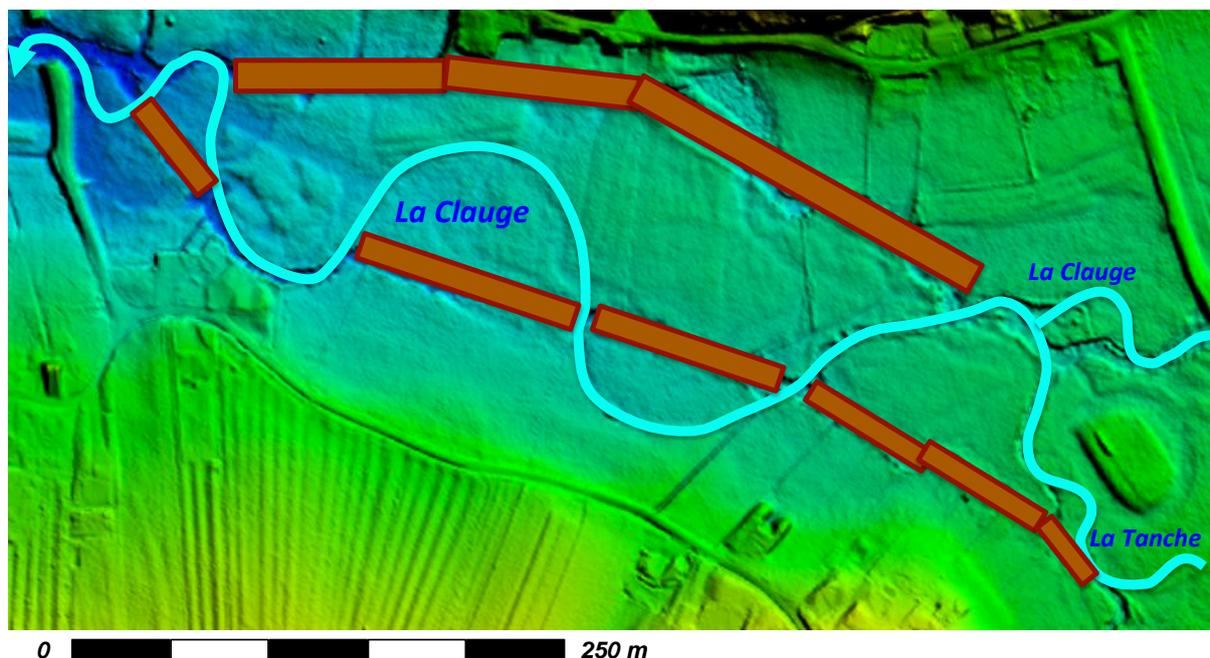


Figure 35. Proposition pour la restauration de la confluence de la Clauge et de la Tanche

Corollairement, la fonctionnalité et l'intérêt écologiques des prairies humides adjacentes seraient renforcés. Ce réaménagement nécessiterait certes une adaptation des pratiques agricoles, mais il permettrait aussi un gain notable de la surface en herbe. Surtout, il garantirait, à moyens termes, le maintien, voire l'augmentation de la production de fourrage sur cette zone, en dépit des sécheresses aiguës et récurrentes qui sont à craindre dans un avenir proche, compte tenu du dérèglement climatique.

Bibliographie

- AFNOR, 1992.- Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Association Française de Normalisation. 64 p.
- AFNOR. 2004.- Indice Biologique Global Normalisé IBGN NF T 90-350. Guide technique 2° édition. Agences de l'Eau. 37 p.
- AFNOR. 2009.- Prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes. XP T 90-333. 22p.
- AFNOR. 2010. Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro- invertébrés de cours d'eau. XP T 90-388. 21p.
- AFNOR. 2016. Qualité de l'eau. Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes. NF T 90-333. 41p.
- Aubert J. 1959. *Plecoptera*. Imprimerie de la Concorde, Lausanne. *Insecta helvetica* 1: 139 p.
- Berthélémy C., 1964. La zonation des Plécoptères et des Coléoptères dans les cours d'eau des Pyrénées. *Gewäss. Abwäss.* 34/35:77-79.
- Berthélémy C., 1967. Sur l'écologie comparée des Plécoptères, des *Hydraena* et des Elminthidae des Pyrénées. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 16:1727-1730.
- Berthélémy C., Laur C. , 1976. Plécoptères et Coléoptères aquatiques du Lot (Massif Central Français). *Annales de Limnologie* 11: 263-285.
- Bailly G., 1989. Catalogue des types de stations forestières du Massif de Chaux. Université de Franche-comté, 233p.
- Basset F., 2012. Rapport d'inventaire des chiroptères - Forêt domaniale de Chaux (39). ONF, 25 pages + annexes.
- Beketov M.A., Foit K., Schäfer R.B., Schriever C.A., Sacchi A., Capri E., Biggs J., Wells C., Liess M., 2006. SPEAR indicates pesticide effects in streams – comparative use of species- and family-level biomonitoring data. *Environ. Pollut.* 157, 1841–1848.
- Bessard S. 2008. Docob du site "Forêt de Chaux". 2 fascicules (rapport + annexes). ONF et DIREN Franche-Comté.
- Boillot F., 1978.- *Contribution à l'étude des déplacements de trichoptères. Principalement des espèces vivant en milieu aquatique temporaire*. Thèse de biologie animale, Université Claude Bernard. Lyon, 160 p.
- Bouchard J., 2009. Réseau de contrôle et surveillance - Réseau de contrôle opérationnel - Résultats campagne 2007-2008 - Jura. ONEMA.
- Boulton A.J., 2003. Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshw. Biol.* 48: 1173-1185.
- Bouvet Y., 1976. Ecologie et reproduction chez les Trichoptères cavernicoles du groupe de *Stenophylax* (*Limnephilidae*, *Stenophylacini*). In: Malicky, H. (eds) *Proceedings of the First International Symposium on Trichoptera*. Springer, Dordrecht.
- Bouwes N., Weber N., Jordan C., Saunders W. C., Tattam I. A., Volk C., Pollock M., 2016. Ecosystem experiment reveals benefits of natural and simulated beaver dams to a threatened population of steelhead (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientific Reports*, 6: 28-81.
- Bravard J.P., Gilvear D.J., 1993. Structures hydro-géomorphologiques des hydrosystèmes. In: *Hydrosystèmes fluviaux*, Amoros C. & Petts R. ed. : 83-103.
- Bravard, J. P., & Petit, F. (1997). Les cours d'eau - Dynamique du système fluvial. 222.
- Bruder A. et al., 2011. Litter diversity, fungal decomposers and litter decomposition under simulated stream intermittency. *Funct. Ecol.* 25: 1269-1277.

- Buffagni A., Cazzola M., Lopez-Rodriguez M.J., 2009. *Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Volume 3: Ephemeroptera*. A. Schmidt-Kloiber & D. Hering (Eds), Pensoft, Sofia, 254 p.
- Cemagref Grenoble 1982. *Etude d'impact des aménagements des cours d'eau*. Etude n° 182. CEMAGREF éd. 130 p.
- Conseil Supérieur de la Pêche 1994. *Ressources piscicoles en Franche-Comté - Données 1993 - 1994*. Région Franche-Comté/ Fédérations de pêche et de protection du milieu aquatique Doubs, Jura, Haute-Saône et Territoire de Belfort. 10 p + 1 carte
- Copeland R. R., McComas D. N., Thorne C. R., Soar P. J., Jonas M. M., Fripp J. B., 2001. Hydraulic design of stream restoration projects (ERDC/CHL TR-01-28): US Army Corps of Engineers, Coastal and Hydraulics Laboratory, Vicksburg, MS. 109 p., appendices.
- Corti R., Datry T., 2016. Terrestrial and aquatic invertebrates in the riverbed of an intermittent river: Parallels and contrasts in community organisation. *Freshw. Biol.* 61: 1308-1320.
- Datry, T., N. Bonada, and A. J. Boulton. 2017. *Intermittent rivers and ephemeral streams: Ecology and management*. Academic Press, San Diego, California.
- Décourcière H. & Degiorgi F., 2000. *Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques : le MAG20*. Note technique interne TELEOS Suisse. 4 p.
- Décourcière, H., & Degiorgi, F. (2009). *Analyse biocénotique et habitationnelle d'une station du Ruisseau des Vurpillières en 2009*. Suivi scientifique 12 années après sa restauration pour la RNN du lac de Remoray : p22 p.
- Degiorgi F., Lucot E., 2007. *Restauration de 2 chevelus hydrographiques apicaux affluents temporaires de la Clauge (forêt de Chaux, 39) - Appui technique pour les travaux de restauration. Compte rendu des travaux réalisés en 2007*. Programme LIFE NAT 04/FRI000082 « ruisseaux de têtes de bassin et faune patrimoniale associée » Site Natura 2000 FR4301317 - Action C9
- Dodelin B., 2020. *Inventaire des coléoptères du massif forestier de Chaux (25, 39). Campagnes d'inventaires de 2016 à 2018*. Rapport d'étude pour la Communauté d'Agglomération du Grand Dole, Lyon, 67 pp.
- Doyle M. W., Miller D. E., Harbor J. M., 1999. *Should river restoration be based on classification schemes or process models? Insights from the history of Geomorphology*: ASCE International Conference on Water Resources Engineering, Seattle, Washington.
- DREAL Franche-Comté, 1995-2014. Fiche Natura 2000 FR4301317 - Vallons forestiers, rivières, ruisseaux, milieux humides et temporaires de la forêt de Chaux INPN, SPN-MNHN Paris, 12 p.
- DREAL Franche-Comté, 2009. Fiche Natura 2000 FR430002172, Forêt de Chaux. INPN, SPN-MNHN Paris, 81 p. <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/430002172.pdf>.
- Durand G., Morillas M. et al. 2001. *Situation actuelle de l'écrevisse à pieds blancs (Austropotamobius pallipes) dans le Jura. Inventaire départemental des populations - Année 2001*. Fédération du Jura APPMA, CSP brigade 39, Agence Eau RMC, DIREN F-C, 23p. + annexes
- Ferrez Y., Guyonneau J., 2005. *Connaissance de la flore rare ou menacée de Franche-Comté, Carex cespitosa L.*. Conservatoire Botanique de Franche-Comté, DIREN de Franche-Comté et Conseil Régional de Franche-Comté, 16p.
- Faessel B., 1985. Les trichopteres. Données biologiques, ethologiques et ecologiques. Cles de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 299: 1-41.
- Geffroy S., Resch J.-N., Décourcière H., Degiorgi F., 2016. *Synthèse des suivis techniques et scientifiques des effets des travaux de restauration du Dugeon*. Syndicat Mixte des Milieux Aquatiques du Haut-Doubs, 120 p.
- Gilvear D.J. & Bravard J.P. 1993. Dynamique fluviale in hydrosystèmes fluviaux. In: *Hydrosystèmes fluviaux*, Amoros C. & Petts R. ed. :61-82.
- Graf W., Lorenz A.W., Tierno De Fiueroa J.M., Lucke S., Lopez-Rodriguez M.J., Davies C., 2009. *Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Volume 2: Plecoptera*. A. Schmidt-Kloiber & D. Hering (Eds), Pensoft, Sofia, 262 p.

- Graf W., Murphy J., Dahl J., Zamora-Muñoz C., López Rodríguez M. J., 2008. *Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Volume 1: Trichoptera*. A. Schmidt-Kloiber & D. Hering (Eds), Pensoft, Sofia, 388 p.
- Grandmottet J. P., 1983. Principales exigences des téléostéens dulcicoles vis-à-vis de l'habitat aquatique. *Annls Univ. Fr. Comté Biol An 4* (4) 3-32.
- Hoppeler F., Winkelmann C., Becker J., Pauls S. U., 2018. Larval growth and metabolic energy storage of *Micropterna lateralis* (Trichoptera: Limnephilidae) in an intermittent stream: glycogen dominates in final instars. *Hydrobiologia* 806: 175–185
- Hynes H B N., 1976. [Biology of Plecoptera](#). *Annual Review of Entomology* 21(1): 35-153 .
- Jarrett R. D., Tomlinson E. M., 2000, Regional interdisciplinary paleoflood approach to assess extreme flood potential: *Water Resources Research*, 36 (10): 2957-2984.
- Joveniaux A., Chevillard S., 2006. Inventaires ornithologiques. Site Natura 2000 Forêt de Chaux. Zone de Protection Spéciale. EPA, ONF, DIREN Franche-Comté, 88 p.
- Julienne L., M. Brulin 2007. Additions à la faune des Éphémères de France (11): *Arthroplea congener* Bengtsson, 1908 (Ephemeroptera, Arthropleidae). *Ephemera* 7(2): 89–94.
- Jussyk F., 2010. *Etude des amphibiens sur le site Natura 2000 de la forêt de Chaux dans le cadre de l'animation du document d'objectifs*. Communauté d'agglomération du grand Dole, DREAL Franche-Comté.
- Kite J. S., 2003. Fluvial geomorphology train is leaving the station; shouldn't we be on board?: *Stream Notes*: 6-7.
- Kuusela, K. 1984. Emergence of *Plecoptera* in two lotie habitats in the Oulanka National Park, north-eastern Finland. *Annls Limnol.* 20(1-2): 63-68.
- Lucot E., Degiorgi F., 2009. *Étude du fonctionnement des nappes d'eau et de la faune benthique associées aux cours d'eau temporaires en forêt de Chaux (39) après restauration - Evaluation des premiers effets biologiques et mésologiques*. In R. p. L. 04NAT/FR/000082 (Ed.), (pp. 28).
- Lucot E., Degiorgi F., Augé V., Pereira V., P.-M. Badot, 2008. Le reméandrement des ruisseaux forestiers : un outil pour atténuer les excès du drainage en forêt de Chaux.. *Rendez-vous techniques de l'ONF* 2008: 56-60.
- Malavoi, J.-R., & Bravard, J. P. (2010). *Elements d'hydromorphologie fluviale*. ONEMA Ed. 135 p.
- Malicky, H., 2014. Fauna Europaea: Trichoptera. Fauna Europaea version 2.6.1, <http://www.faunaeur.org>
- Malmqvist B., Sjöström P., 1989. The life cycle and growth of *Isoperla grammatica* and *I. difformis* (Plecoptera) in southernmost Sweden: intra- and interspecific considerations. *Hydrobiologia* 175(2): 97-108.
- Malzacher P., Jacob U., Haybach A., Reusch, H., 1998. Rote Liste der Eintagsfliegen (Ephemeroptera). In: Naturschutz, B. f. (Ed.) Rote Liste gefährdeter Tiere in Deutschland, Bonn: 264–267.
- Masselot G., Brulin M., 2000. Les Ephémères d'intérêt patrimonial pour la France. 1. Première liste: espèces éteintes et espèces en situation critique (Ephemeroptera). *Ephemera* 2: 59–65.
- Messinger T., Wiley, J. B., 2004. Regional relations in bankfull channel characteristics determined from flow measurements at selected stream-gaging stations in West Virginia, 1911-2002: *U.S. Geological Survey Investigations Report 03-4276: 1-43*.
- Miller J. R., Ritter, J. B., 1996. An examination of the Rosgen classification of natural rivers. *Catena* 27: 295-299.
- Milner N.J., Hemswurth R.J., Jones B.E., 1985. Habitat Evaluations as a Fisheries Management Tool. *J. Fish Biol.* 27: 85-108.
- Mitsch W.J., Grosselink J.G., 1993. *Wet Lands, 2nd edition*. Van Nostrand Reinhold éd., New York, London. 722 p

- Mondy C. P., Villeneuve B., Archaimbault V., Usseglio-Polatera P., 2012. A new macroinvertebrate-based multimetric index (I2M2) to evaluate ecological quality of French wadeable streams fulfilling the WFD demands: A taxonomical and trait approach. *Ecological Indicators*, 18, 452-467.
- Montgomery D. R., Buffington J. M., 1998, Channel processes, classification, and response, in Naiman, R. and Bilby, R., eds., *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*, New York, Springer-Verlag, p. 13-42.
- Niemi G.J. et coll. 1990. Overview of Case Studies of aquatic Systems from Disturbance. *Environn. Managem.*, 14: 571-587.
- ONF-LPO, & 2012. *Connaissance et protection des oiseaux, précautions de gestion : la Cigogne noire*. Plaquette n°9200-12-EMAI-TEC-001, Fontainebleau, 12 pages.
- ONF 39, 2008. *Vallons forestiers, rivières, ruisseaux, milieux humides et temporaires de la forêt de Chaux* Document d'objectifs de la ZPS n° FR4312005 "Forêt de Chaux" et du SIC n°FR4301317.
- Orr M. R., Weber N. P., Noone W. N., Mooney M. G., Oakes T.M, Broughton H. M., 2020. Short-Term Stream and Riparian Responses to Beaver Dam Analogs on a Low-Gradient Channel Lacking Woody Riparian Vegetation, *Northwest Science* 93(3-4): 171-184.
- Pereira V., 2008 - Réseau de mares de Liesle/Arc et Senans/Champagne sur Loue - Plan de gestion 2009-2013 - Programme régional d'actions en faveur des mares de Franche-Comté.
- Petts G.E., Bravard J.P., 1993. Le réseau hydrographique dans le bassin versant. In: *Hydrosystèmes fluviaux*. Amoros C et Petts G.E. éd. Collections écologie n°24, Masson Paris, p 21-41.
- Pollock M. M., Weber N. Lewallen G., 2017. Beaver Dam Analogues (BDAs), in *The Beaver Restoration Guidebook: Working with Beaver to Restore Streams, Wetlands, and Floodplains* US Fish and Wildlife Service, Portland, Oregon, p. 82-96.
- Pollock, M., T.J. Beechie, J. Wheaton, C. Jordan, N. Bouwes, N. Weber, C. Volk. 2014. Using Beaver Dams to Restore Incised Stream Ecosystems. *BioScience* 64:279-290
- Prodon R., 1976. *Le substrat, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique*. Thèse de spécialité. Université de Lyon. 171p.
- Rabeni C. F., Jacobson R. B., 1993. The importance of fluvial hydraulics to fish-habitat restoration in low-gradient alluvial streams. *Freshwater Biology*, v. 29, p. 211-220.
- Ravizza C., Fochetti R., 1999. I Plecotteri *Taeniopterygidae* della regione italica (*Plecoptera*). *Memorie della Società Entomologica Italiana*, 77: 123-159.
- Reding, J.-P., 2006. Notes faunistiques sur *Metreletus balcanicus* (*Insecta: Ephemeroptera*) et *Ironoquia dubia* (*Insecta: Trichoptera*), deux espèces d'insectes aquatiques du Jura nouvelles pour la Suisse. *Bulletin de la Société neuchâteloise des sciences naturelles* 129: 73-86.
- Reding J.-P., 2009. La renaturation du ruisseau des Vurpillières (RNN du Lac de Remoray, Doubs): problèmes, méthodes et résultats d'un suivi macrobenthique (Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) à long terme (1993–2007). *Bourgogne nature* 9: 225–241.
- Reding J.-P. G., Launay B., Ruffoni A., Vinçon G., Boumans L. 2016. A new species of *Zwicknia* Murányi (*Plecoptera*, *Capniidae*) from the French and Swiss Jura Mountains, the French Massif Central, and the French Middle Rhône Region. *Zootaxa* 4121(2): 133-146.
- Reding J.-P. G., 2018. Stoneflies of the genus *Zwicknia* Murányi, 2014 (*Plecoptera: Capniidae*) from western Switzerland. *Zootaxa* 4382(2):201-241.
- Reding J.-P., 2020. *Les Plécoptères du Massif du Jura : Guide d'identification des larves au genre et à l'espèce*. Neuchâtel (Switzerland), independently published. 4 volumes 522 p.
- Rice, S. P., Greenwood, M. T., Joyce C. B., 2001, Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58 : 824-840.
- Rosgen D. L., 1994, A classification of natural rivers: *Catena* 22: 169-199.
- Schumm S. A., 1977. *The Fluvial Systems*. Wiley éd., New York. 409 p.

- Shields F. D., Copeland R. R., Klingema, P. C., Doyle M. W., Simon A., 2003, Design for stream restoration. *Journal of Hydraulic Engineering* 129: 575-584.
- Simonson T.D. 1993. Correspondance and relative precision of stream Habitat Features Estimated at Two Spatial Scales *Journ. Fresh. Ecology* 8: 363-373.
- Skidmore P. B., Shields, F. D., Doyle, M. W., Miller, D. E., 2001. A Categorization of Approaches to Natural Channel Design: ASCE River *Restoration Conference, Reno, NV*.
- Souchaud, L., Parmentier, E., 2017. Nouvelle donnée sur l'espèce rare *Arthroplea congener* (Ephemeroptera, Arthropleidae) en Forêt de Chaux (Jura). *Ephemera* 18(1): 61-64.
- Steward, A. L. et al. 2011. Terrestrial invertebrates of dry river beds are not simply subsets of riparian assemblages. *Aquat. Sci.* 73: 551-566.
- Stonedahl, S.H., Harvey, J.W., Wörman, A., Salehin, M. and Packman, A.I., 2010. A multiscale model for integrating hyporheic exchange from ripples to meanders. *Water Resources Research* 46(12)&.
- Stubbington R, Greenwood A M, Wood P J, Armitage P D, Gunn J, Robertson A L., 2009. [The response of perennial and temporary headwater stream invertebrate communities to hydrological extremes](#). *Hydrobiologia* 630: 299-312.
- Stubbington R, Barthès A, Bouchez A, England J, Paillex A, Sánchez-Montoya M, Verdonschot R C M, Westwood C G, Datry, T. 2019. [Biotic groups as indicators of dry-phase ecological quality assessments in intermittent rivers and ephemeral streams](#). *Ecological Indicators* 97: 165-174
- Stubbington R. et al., 2021. Disentangling community responses to natural stressor and human impact gradients in river ecosystems across Europe. *Journal of Applied Ecology* 59(2) : 537-548.
- Stubbington R., 2012. The hyporheic zone as an invertebrate refuge; a review of variability in space, time, taxa and behaviour. *Marine and Freshwater Research* 63: 294-311.
- Thomas A., Bonnefous O., Khatori M., Soubaya T. 2006. Évolution des communautés de Plécoptères dans la Garonne près de Toulouse depuis 1930 : l'agonie des insectes bioindicateurs les plus sensibles (Plecoptera). *Ephemera* 7(1): 45-57.
- Tierno De Figueroa J. M., López-Rodríguez J. M., Lorenz W. A., Graf W., Schmidt-Kloiber A., D. Hering 2010. Vulnerable taxa of European *Plecoptera* (Insecta) in the context of climate change. –*Biodiversity and Conservation* 19: 1269-1277.
- Usseglio-Polatera P., Coulaud R., Larras F. , 2015. Bioévaluation des cours d'eau peu profonds basée sur le compartiment des macroinvertébrés benthiques : I2M2 et outil diagnostique. Livret-guide, 59 p.
- Verneaux J., 1973. *Cours d'eaux de Franche-Comté. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs- Essai de biotypologie*. Mém. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Besançon, 260 p.
- Verneaux J., Vergon J. P., Larinier M., 1975. Aspects écologiques des travaux d'aménagement de cours d'eau. Orientations et principes généraux. *Houille blanche*, 2-3 :127-132.
- Verneaux J., Verneaux V., Schmitt A. Prouteau C., 2004. Assessing Biological Orders of river sites and biological structures of watercourses using ecological traits of aquatic insects. *Hydrobiologia* 519: 39-47.
- Verneaux, J., Schmitt A., Verneaux V., Prouteau C., 2003. Benthic insects and fish of the Doubs River system: typological traits and the development of a species continuum in a theoretically extrapolated watercourse. *Hydrobiologia* 490:63–74.
- Wagner, A., Stucki, P., Sartori, M. 2014. *Arthroplea congener* (Ephemeroptera: Heptageniidae) un genre et une espèce nouveaux pour la faune de Suisse. *Bulletin de la Société entomologique suisse* 87 (1/2) : 61-69.
- Wallace I. D., 1991. *A review of the Trichoptera of Great Britain*. Research & survey in nature conservation **No. 32**. Nature Conservancy Council, Peterborough.
- Wallace I. D., 2003. The beginner's guide to caddis (Order Trichoptera). *Bulletin of the Amateur Entomologists' Society* **62**: 15-26.
- Zwick P. 1992. Stream habitat fragmentation- a threat to biodiversity. *Biodiversity & Conservation* 1: 80-97.

Annexes

Annexe 1. Listes faunistiques du benthos (protocole MAG20) sur 2 stations de la Tanche (codes SANDRE 6464650 et 6406001168)

Annexe 2. Détail des IAM réalisé en juin 2018 sur 2 stations de la Tanche (codes SANDRE 6464650 et 6406001168)

Annexe 3. Détail des scores de la qualité globale déterminés à l'aide de la méthode tronçon

Annexe 1. Listes faunistiques du benthos (protocole MAG20) sur 2 stations de la Tanche (codes SANDRE 06464650 et 06001168)

Famille	Genre (espèce)	Début juin 2018		Fin mai 2019	
		amont (aval route forestière Brenot)	aval (amont route forestière Gilardoni)	amont (aval route forestière Brenot)	aval (amont route forestière Gilardoni)
Nemouridae	<i>Amphinemura standfussi</i>	40	12	85	1
	<i>Nemoura cinerea</i>	14	12	85	12
Perlodidae	<i>Isoperla (gr. grammatica)</i>	15	79	3	
Taeniopterygidae	<i>Brachyptera (risi)</i>			11	
Ameletidae	<i>Metreletus balcanicus</i>	2		6	2
Siphonuridae	<i>Siphonurus aestivalis</i>	22	33	2	1
Limnephilidae	<i>Chaetopteryx villosa</i>				1
	<i>Glyphotaelius pellucidus</i>	4	15	2	4
	<i>Ironoquia dubia</i>	1		1	
	<i>Limnephilinae indéterminé</i>	1	1		
	<i>Limnephilus (dt L. centralis, L. rhombicus)</i>	9	7	9	4
	<i>Melampophylax mucoreus</i>			1	
	<i>Micropterna</i>		2		
	<i>Stenophylax (permistus)</i>		27	14	9
Phryganeidae	<i>Trichostegia minor</i>	1			
Curculionidae			1		
Dryopidae	<i>Dryops</i>	3	1		
Dytiscidae	<i>Colymbetinae</i>	1		1	
	<i>Hydroporinae</i>	3	1		
Ceratopogonidae		12	15	2	6
Chironomidae		324	25	136	164
Limoniidae		15	19	17	5
Simuliidae				310	2
Tabanidae				1	
Tipulidae		3	1		2
Sialidae	<i>Sialis</i>				
Niphargidae		6	2	4	15
BRANCHIOPODES				1	
Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	98	74	4	1
Ancylidae	<i>Ancylus</i>		1		
Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>			1	
OLIGOCHETES		298	424	106	122
	Abondance	872	752	802	351
	Variété	20	20	22	16

Annexe 2. Détail des IAM réalisé en juin 2018 sur 2 stations de la Tanche (codes SANDRE 06464650 et 06001168)

Annexe 2a : La Tanche - Station amont
 Surface : 118,78 m²
 Larg. moy. : 3,19 m
 Long : 37,27 m
 Périmètre : 83,50 m
 (x 11,69)
 1,12

Indice de diversité

	m ²	%	pl	log10 ² pl	pl ² /(log10 ² pl)
32 pôles	118,78	100,00%	1,0000	-1,1600	1,16
GalH3V1	17,33	14,59%	0,1459	-0,8360	-0,11220
MarH2V1	14,81	12,47%	0,1247	-0,9043	-0,11227
BryH3V1	12,29	10,35%	0,1035	-0,9851	-0,10220
GalH2V1	11,04	9,29%	0,0929	-1,0318	-0,09599
BryH2V1	10,71	9,01%	0,0901	-1,0451	-0,0942
MarH1V1	9,43	7,94%	0,0794	-1,1001	-0,0874
BryH1V1	9,10	7,66%	0,0766	-1,1157	-0,0855
MarH3V1	8,96	7,54%	0,0754	-1,1226	-0,0847
GalH1V1	6,37	5,36%	0,0536	-1,2706	-0,0681
GalH2V1	3,62	3,05%	0,0305	-1,5160	-0,0462
GalH1V1	2,12	1,78%	0,0178	-1,7484	-0,0312
FnoH2V1	2,01	1,69%	0,0169	-1,7709	-0,0300
LiH2V1	1,52	1,28%	0,0128	-1,8922	-0,0243
BryH1V2	1,48	1,25%	0,0125	-1,9043	-0,0237
FnoH1V1	1,31	1,10%	0,0110	-1,9570	-0,0216
LiH1V1	1,26	1,06%	0,0106	-1,9741	-0,0210
BryH2V2	1,18	0,99%	0,0099	-2,0041	-0,0199
GalH1V2	0,84	0,71%	0,0071	-2,1505	-0,0152
GalH2V2	0,77	0,65%	0,0065	-2,1891	-0,0142
GalH3V1	0,37	0,31%	0,0031	-2,5086	-0,0078
GalH1V2	0,35	0,29%	0,0029	-2,5307	-0,0075
LiH3V1	0,28	0,24%	0,0024	-2,6219	-0,0063
GalH3V2	0,25	0,21%	0,0021	-2,6764	-0,0056
BraH2V1	0,22	0,18%	0,0018	-2,7367	-0,0050
BryH1V3	0,19	0,16%	0,0016	-2,7907	-0,0045
BraH3V1	0,16	0,13%	0,0013	-2,8751	-0,0038
BryH3V2	0,16	0,13%	0,0013	-2,8828	-0,0038
SabH1V1	0,16	0,13%	0,0013	-2,8838	-0,0038
SabH2V1	0,15	0,13%	0,0013	-2,8974	-0,0037
GalH1V3	0,15	0,12%	0,0012	-2,9130	-0,0036
GalH2V2	0,14	0,12%	0,0012	-2,9323	-0,0034
BraH1V1	0,06	0,05%	0,0005	-3,2650	-0,0018
Somme	118,78	100,00%	1,0000	-1,1600	1,16

Ind. diversité Régularité
 Variété pôles : 32

Indice d'attractivité morphodynamique

Substrats	m ²	%	si	fractivité l/si ² attract.
Mar	33,20	27,95%	0,279	0,28
Gyr	27,93	23,52%	0,235	5,88
Bry	35,11	29,55%	0,296	11,82
Gr	8,91	7,50%	0,075	20
Gis	3,78	3,18%	0,032	10
Fno	3,32	2,80%	0,028	3
Lit	3,07	2,58%	0,026	10
Grs	2,44	2,05%	0,021	10
Bra	0,44	0,37%	0,004	100
Sab	0,31	0,26%	0,003	8
Gal	0,29	0,24%	0,002	50
Somme	118,79	100,00%	1,000	20,86

nb substrats différents : 8
 nb classes hauteurs : 3
 nb classes vitesses : 3

INDICE D'ATTRACTIVITE MORPHODYNAMIQUE : 5 701 26% 1 502 D

Hauteurs	m ²	%	ax. (cm) : ale (cm) :
Classe 1	32,83	27,64%	0,69 41
Classe 2	46,16	38,86%	4,86 16
Classe 3	39,79	33,50%	10,22 0,00
Classe 4	0,00	0,00%	0,00 0,00
Classe 5	>151 cm	0,00%	0,00 0,00
Somme	118,79	100%	

Vitesses	m ²	%	c. (cm/s) : e (cm/s) :
Classe 1	113,29	95,37%	4,77 47
Classe 2	5,16	4,34%	1,09 6
Classe 3	0,34	0,28%	0,12 0,00
Classe 4	81 à 150	0,00%	0,00 0,00
Classe 5	> 151 cm/s	0,00%	0,00 0,00
Somme	118,79	100%	

Végéix 29,55%
 Minéraux 36,75%
 Fno sab lit 5,64%
 Attractifs 0,37%

Annexe 2b : La Tancha - Station aval		Coord. X :	243,96
Surface : 243,96 m ²		Coord. Y :	E 05°39'38,9"
Long. moy. :	3,64 m	N 47°02'35,8"	
Long. :	66,96 m	(x 18,39)	
Périmètre :	157,30 m	1,17	

Indice de diversité

	26 piles	m ²	%	pi	log10'pi	pi'(log10'pi)
GaH2V1	43,06	17,66%	0,1766	-0,7531	-0,1330	
GaH3V1	42,41	17,39%	0,1739	-0,7596	-0,1321	
GaH2V1	31,22	12,80%	0,1280	-0,8927	-0,1143	
MaH2V1	26,88	11,02%	0,1102	-0,9577	-0,1056	
SubH2V1	22,79	9,34%	0,0934	-1,0295	-0,0962	
MaH1V1	11,50	4,72%	0,0472	-1,3265	-0,0626	
GaH1V1	10,04	4,12%	0,0412	-1,3853	-0,0570	
BryH2V1	9,94	4,08%	0,0408	-1,3896	-0,0567	
SubH1V1	9,24	3,79%	0,0379	-1,4216	-0,0538	
GaH4V1	6,81	2,79%	0,0279	-1,5541	-0,0434	
MaH3V1	5,76	2,36%	0,0236	-1,6269	-0,0384	
FnoH2V1	5,02	2,06%	0,0206	-1,6866	-0,0347	
GaH2V2	4,95	2,03%	0,0203	-1,6927	-0,0343	
GaH1V1	2,97	1,22%	0,0122	-1,9151	-0,0233	
LH2V1	1,98	0,81%	0,0081	-2,0907	-0,0170	
BryH2V2	1,95	0,80%	0,0080	-2,0968	-0,0168	
FnoH1V1	1,67	0,68%	0,0068	-2,1648	-0,0148	
BrcH2V1	1,46	0,60%	0,0060	-2,2237	-0,0133	
BryH3V1	0,88	0,36%	0,0036	-2,4417	-0,0088	
LH1V1	0,84	0,34%	0,0034	-2,4646	-0,0085	
GaH1V2	0,60	0,24%	0,0024	-2,6119	-0,0064	
BryH1V1	0,59	0,24%	0,0024	-2,6159	-0,0063	
SubH3V1	0,50	0,21%	0,0021	-2,6879	-0,0055	
BrcH1V1	0,38	0,16%	0,0016	-2,8044	-0,0044	
BrcH3V1	0,38	0,16%	0,0016	-2,8083	-0,0044	
GaH2V2	0,06	0,03%	0,0003	-3,5942	-0,0009	
Somme	243,96	100,00%	1,0000	-1,0924	-1,0924	

Ind. diversité **1,09**
Régularité **0,77**
Variété piles : **26**

Indice d'attractivité morphodynamique

	Substrats	m ²	%	s	Attractivité IAM	s' attract.
Ggr	Galets et graviers mélangés	107,86	44,23%	0,442	25	11,06
Mar	Marnes	44,14	18,10%	0,181	1	0,18
Grs	Graviers colorés	34,25	14,04%	0,140	10	1,40
Sab	Sables	32,52	13,34%	0,133	8	1,07
Bry	Bryophytes	13,37	5,48%	0,055	40	2,19
Fno	Fonds nus organiques	6,69	2,74%	0,027	3	0,08
Lil	Litières	2,82	1,15%	0,012	10	0,12
Brc	Branchages	1,55	0,64%	0,006	100	0,64
Rac	Systèmes racinaires	0,66	0,27%	0,003	100	0,27
Somme		243,96	100,00%	1,000		17,01

nb substrats différents : 8
nb classes hauteurs : 4
nb classes vitesses : 2

INDICE D'ATTRACTIVITE MORPHODYNAMIQUE : **6 127** **18%** **1 089**
IAM DE REFERENCE : **E**

Hauteurs	m ²	%	H. max. (cm) :
Classe 1	37,82	15,51%	75
Classe 2	149,30	61,22%	19
Classe 3	49,93	20,48%	
Classe 4	6,81	2,79%	
Classe 5	0,00	0,00%	
Somme	243,96	100%	

Vitesses	m ²	%	V. max. (cm/s) :
Classe 1	236,30	96,90%	36
Classe 2	7,56	3,10%	
Classe 3	0,00	0,00%	
Classe 4	0,00	0,00%	
Classe 5	0,00	0,00%	
Somme	243,96	100%	

Végét. 5,48%
Minéraux 71,61%
Fno sab 17,23%
Atr actifs 0,91%

Bilan des IAM sur les deux stations.

Code	Composante de l'habitat aquatique	Tanche amont	Tanche aval
Substrat			
Bra	Branchages	0,4	0,6
Gal	Galets	0,2	
Bry	Chevelus racinaire ou bryophytes	29,6	5,8
Ggr	Galets et graviers mélangés	23,5	44,2
Gra	Graviers	7,5	
Gls	Galets colmatés	3,2	
Grs	Graviers colmatés	2,1	14,0
Lit	Litières organiques grossières	2,6	1,2
Sab	Sables	0,3	13,3
Fno	Fonds nus organiques	2,8	2,7
Dal	Surfaces lisses, ici argileuses	27,9	18,1
Hauteurs d'eau			
1	<5 cm	27,64%	15,51%
2	6 à 20	38,86%	61,22%
3	21 à 70	33,50%	20,48%
4	71 à 150		2,79%
5	>151 cm		
Vitesses de courant			
1	<10 cm /s	95,37%	96,90%
2	11 à 40	4,34%	3,10%
3	41 à 80	0,28%	
4	81 à 150		
5	> 151 cm /s		

Annexe 3. Détail des scores de la qualité globale déterminés à l'aide de la méthode tronçon

Trg	Séquence de factils	Nb seq études	Un seq et m	Nb seq mt	Litry m (avec trait)	Litry m (sans trait)	Long acide	Devopt		Sroust		Nb si DM	DVF%	SCORE	L/min m	L/max m	I/min	SCORE	H. min cm	H. max cm	C H - C Hm	SCORE
								SCORE	SCORE	SCORE	SCORE											
Trg A	Mou-Rud-Pu-L-Edi	4	152	60	2 282	2 262	2 042	1,11	0	1,11	4	5	0,22	10	3,8	6,9	1,8	3	20	90	2	5
Trg B	Rud-Pu-Mou-L-Edi-Pas	4	169	56	2 348	2 348	2 118	1,11	0	1,11	7	5	0,21	10	3,0	6,2	2,1	4	10	90	2	5
Trg C	Rud-Mou-Pu-L-Edi	1	43	15	658	658	531	1,26	0	1,26	8	4	0,28	7	2,1	5,3	2,5	5	10	90	2	5
Trg D	Pu-Mou-Rud-Edi	5	286	50	2 835	2 835	2 591	1,09	0	1,09	5	4	0,27	7	3,2	6,1	1,9	4	5	70	2	5
Trg E	Pu-Rud-Mou	1	69	15	1 068	1 068	1 018	1,05	0	1,05	2	3	0,35	5	2,3	5,1	2,2	5	10	60	1	1
Trg F	Pu-Rud	1	38	3	128	128	114	1,12	0	1,12	8	2	0,50	2	1,7	3,8	2,2	5	15	25	1	1
Trg G	Pu-Rud	2	114	26	1 503	1 503	1 326	1,13	0	1,13	3	2	0,52	2	2,0	3,4	1,7	3	10	40	1	1
Trg H	Pu-Rud	1	29	10	283	283	274	1,03	0	1,03	9	2	0,50	2	1,8	3,1	1,9	4	5	40	2	5
Trg I	Pu-Rud	1	30	18	529	529	516	1,03	0	1,03	3	1	0,50	2	1,2	2,0	1,7	3	5	25	2	5
Trg J	Pu-Rud	4	150	48	1 808	1 808	1 747	1,03	0	1,03	7	2	0,52	2	1,9	2,5	1,9	4	5	30	2	5
Trg K	Pu-Rud	1	20	18	360	360	354	1,02	0	1,02	0	1	0,55	1	2,1	2,2	1,9	1	5	10	1	1
Trg L	Pu-Rud	1	20	20	400	400	377	1,06	0	1,06	5	2	0,52	2	0,7	2,2	3,4	5	5	15	1	1
Trg M	Pu-Rud	3	55,5	46	856	856	842	1,02	0	1,02	4	1	0,58	1	0,5	1,1	2,2	5	1	10	1	1

Trg	V. res m/s	V. max m/s	DIV - DIVm	SCORE	SI	S2	DQI	SCORE	Nb seq	SCORE	L. min m	L. max m	L. max L. min	SCORE	Nb seq mt	SCORE	L. min m	L. max m	I/min	SCORE	TOTAL /111	CLASSE
Trg A	0	75	2	5	Qua	Qua	1	1	2	1	3,9	6,9	1,8	7	4	0,07	1	79	7	43	B	
Trg B	0	70	2	5	Qua	Sub	1	1	3	1	3,6	6,2	1,7	7	8	0,14	3	73	7	49	B	
Trg C	0	66	2	5	Qua	Qua	1	1	2	1	3,7	6,0	1,8	7	0	0,00	0	80	5	45	B	
Trg D	0	66	2	5	Qua	Qua	1	1	4	3	3,5	6,2	1,8	7	6	0,12	3	77	7	46	B	
Trg E	0	66	2	5	Qua	Qua	1	1	2	1	4,0	5,2	1,3	3	3	0,19	4	70	7	31	C	
Trg F	10	66	2	5	Qua	Qua	1	1	2	1	1,7	3,8	2,2	10	1	0,30	5	68	7	40	B	
Trg G	0	66	2	5	MM	Qua	3	3	3	1	2,0	4,1	2,1	10	3	0,11	3	70	7	33	C	
Trg H	10	50	2	5	Qua	Bry	4	3	1	0	1,8	3,2	2,0	10	0	0,00	0	75	7	40	B	
Trg I	0	50	2	5	Qua	Qua	2	1	1	0	2,0	2,5	1,3	3	0	0,00	0	85	5	24	D	
Trg J	0	50	2	5	Qua	MM	3	3	5	3	1,3	2,9	2,2	10	1	0,02	1	80	5	42	B	
Trg K	0	40	1	1	Qua	LI	2	1	1	0	2,1	2,2	1,0	1	0	0,00	0	70	7	8	E	
Trg L	0	40	1	1	Qua	Qua	1	1	2	1	1,7	2,1	1,3	3	2	0,10	2	85	5	23	D	
Trg M	0	30	1	1	LI	Qua	3	3	3	1	0,7	1,1	1,6	5	0	0,00	0	83	5	23	D	

TELECS suisse



Trç	Lin Che	Lin Che	SCORE	Sc Che Pond	SCORE	Sc lat	Sc lat	SCORE	Typ Fra 1	SCORE	nb typ	SCORE	s1	IAM/10	s2	IAM/10	TOTAL	CLASSE
	m	%		=S(lin*sc)*100		S	sc/seq		nat		Fra		nat	nat	nat	/90		
Trç A	86	57	7	148	7	16	0,27	1	Gra	6	1	1	Gra	2	Gal	5	43	B
Trç B	13	8	1	24	1	39	0,70	3	Gra	7	1	1	Gra	2	Sab	1	18	D
Trç C	6	14	3	12	3	0	0,00	0	Gra	10	1	1	Gal	5	Gra	2	30	C
Trç D	8	3	0	20	0	25	0,50	2	Gal	4	1	1	Gra	2	Gal	5	14	D
Trç E	2	3	0	4	0	13	0,84	3	Gra	7	1	1	Gra	2	Gal	5	18	D
Trç F	0	0	0	0	0	4	1,19	5	Gal	5	1	1	Gal	5	Gra	2	18	D
Trç G	3	3	0	3	0	15	0,57	3	Gal	3	1	1	Mar	0	Gra	2	9	E
Trç H	0	0	0	0	0	0	0,00	0	Gal	5	1	1	Gal	5	Bry	4	15	D
Trç I	0	0	0	0	0	0	0,00	0	Gal	4	1	1	Gal	5	Gra	2	12	D
Trç J	2	1	0	2	0	4	0,08	1	Gis	3	1	1	Gra	2	Mar	0	7	E
Trç K	0	0	0	0	0	0	0,00	0	Gis	3	1	1	Gra	2	Lit	1	7	E
Trç L	0	0	0	0	0	10	0,50	2	Gis	2	1	1	Gis	1	Gis	2	8	E
Trç M	0	0	0	0	0	0	0,00	0	/	0	1	1	Lit	1	Gis	2	4	E
Trç N																		A SEC

La Tanche

TELEOS suisse

A	> 45	B	34 - 45	C	23 - 34	D	11 - 23	E	< 11
---	------	---	---------	---	---------	---	---------	---	------

Trç	Nb m	SCORE	Rp %/m	SCORE	Rp c %/m	SCORE	Trç H %/m	SCORE	Fra H c %/m	SCORE	Ataile c/ave	SCORE	Fond Limoy	SCORE	Nb S/ys lat / Trç	Nb S/ys lat / S/eq	SCORE	Sec lat / S/eq	SCORE	Nb obstacle / Trç	SCORE	Nb infranc / Trç	SCORE	Sec ban all	SCORE	Sec ban AV	SCORE	TOTAL /30	CLASSE
Trç A	0,78	5	68	7	47	7	28	5	5	2	0	0	Semikon Fond	2	4	0,07	1	18	0,27	1	0	10	0	10	10	10	10	55	B
Trç B	0,65	6	40	7	16	4	27	5	2	1	0	0	Semikon Fond	2	8	0,14	3	39	0,70	3	0	10	0	10	10	10	10	59	B
Trç C	0,80	5	60	7	75	10	40	5	0	0	0	0	Semikon Fond	5	0	0,00	0	0	0,00	0	0	10	0	10	10	10	10	57	B
Trç D	0,56	6	38	7	22	5	8	3	0	0	0	0	Non Fond	1	6	0,12	3	25	0,50	2	0	10	0	10	10	10	10	55	B
Trç E	0,60	6	33	7	15	4	0	0	0	0	0	0	Non Fond	1	3	0,19	4	13	0,84	3	0	10	0	10	10	10	10	53	B
Trç F	0,40	8	25	7	25	5	100	10	66	7	0	0	Sem Fond	5	1	0,30	5	4	1,19	5	0	10	0	10	10	10	10	86	A
Trç G	0,46	7	18	5	10	3	42	5	5	2	0	0	Non Fond	0	3	0,11	3	15	0,57	3	0	10	0	10	10	10	10	59	B
Trç H	0,50	7	50	10	10	3	25	6	0	0	0	0	Semikon Fond	3	0	0,00	0	0	0,00	0	0	10	0	10	10	10	10	60	B
Trç I	0,50	7	15	5	5	2	20	5	0	0	0	0	Non Fond	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	10	0	10	10	10	10	50	B
Trç J	0,42	7	24	7	11	3	43	5	0	0	0	0	Semikon Fond	3	1	0,02	1	4	0,08	1	0	10	0	10	10	10	10	58	B
Trç K	0,60	6	20	5	5	2	40	5	0	0	0	0	Non Fond	0	0	0,00	0	0	0,00	0	1	7	0	10	7	10	45	C	
Trç L	0,45	7	10	3	10	3	40	5	0	0	0	0	Semikon Fond	2	2	0,10	2	10	0,50	2	0	10	0	10	10	10	10	55	B
Trç M	0,30	7	7	3	7	3	0	0	0	0	0	0	Non Fond	0	0	0,00	0	0	0,00	0	1	7	1	10	10	7	59	A SEC	

TELEOS suisse

A >65 B 49-65 C 33-49 D 16-33 E <16

Trç	Limite aval	Limite amont	Linéaire (m)	Score Hétérogénéité /111	C i	Score Attractivité /90	C i	Score Connectivité /130	C i	Score Stabilité -60 /40	C i	Coef stab* 0,75 / 1,25	Qualité physique /30600	Classes
-----	-------------	--------------	--------------	--------------------------	-----	------------------------	-----	-------------------------	-----	-------------------------	-----	------------------------	-------------------------	---------

=(Hét+Attr)*Conn*Coef.stab

La Tanché	Trç A	Confluence Clauge	Les Vanteillards	2 262	43	B	43	B	55	B	-8	équilibré	0,85	4 021	B
	Trç B	Les Vanteillards	Route Forestière Marizy	2 348	49	B	18	D	59	B	-7	équilibré	0,85	3 360	C
	Trç C	Route Forestière Marizy	Limite parcelles 1089-1115	658	45	B	30	C	57	B	-14	érosion	1	4 275	B
	Trç D	Limite parcelles 1089-1115	Limite parcelles 976-977	2 835	46	B	14	D	55	B	-10	équilibré	0,85	2 805	C
	Trç E	Limite parcelles 976-977	400 m amont Route Forestière Brenot	1 068	31	C	18	D	53	B	-10	équilibré	0,85	2 207	C
	Trç F	400 m amont Route Forestière Brenot	530 m amont Route Forestière Brenot	128	40	B	18	D	86	A	-5	équilibré	0,85	4 240	B
	Trç G	530 m amont Route Forestière Brenot	750 m amont Route Forestière Carabinier	1 503	33	C	9	E	59	B	-11	érosion	1	2 478	C
	Trç H	750 m amont Route Forestière Carabinier	530 m aval Route Forestière du Défois	283	40	B	15	D	60	B	-10	équilibré	0,85	2 805	C
	Trç I	530 m aval Route Forestière du Défois	Route Forestière du Défois	529	24	D	12	D	50	B	-15	érosion	1	1 800	C
	Trç J	Route Forestière du Défois	470 m amont D 31	1 808	42	B	7	E	58	B	-10	équilibré	0,85	2 416	C
	Trç K	470 m amont D 31	Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	360	8	E	7	E	45	C	-8	équilibré	0,85	574	D
	Trç L	Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	400 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	400	23	D	8	E	55	B	-8	équilibré	0,85	1 449	D
	Trç M	400 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	1250 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	856	23	D	4	E	59	B	-9	équilibré	0,85	1 354	D
	Trç N	1250 m amont Route Forestière Communale d'Arc-et-Senans	"source"	196	À SEC		À SEC		À SEC		À SEC			À SEC	

	A	>50	> 45	> 65	>10	Sédimentation	> 6500	
	B	40 - 50	34 - 45	49 - 65	-10 / 10	Equilibre	3500 - 6500	
	C	28 - 40	23 - 34	33 - 49	-25 / -10	Erosion	1500 - 3500	
	D	14 - 28	11 - 23	16 - 33	-60 / -25	Forté érosion	400 - 1500	
	E	< 14	< 11	< 16			< 400	

*Coefficient de stabilité :

STABILITE	10 / 40	10 / -10	-10 / -25	-25 / -60
Si Hétérogène (>50)	X 0,75	X 1,25	X 1	X 0,85
Si Homogène (<50)	X 0,75	X 0,85	X 1	X 0,85

TELEOS suisse