

Organisme d'accueil : Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples (SIVOM) d'Ambert
Tuteur universitaire : ANDRIAMAHEFA Heriniaina
Tuteur professionnel : GESELL Aurélien

Etude biologique préalable aux travaux du contrat territorial Dore amont

-

*Définition et mise en œuvre
d'indicateurs de suivi de travaux de recul de résineux*



BERENGER Mélanie

Mots clés

Rivière - Qualité - indicateurs - suivi - morphologie - enrésinement - épicéas - Contrat territorial - Dore amont - Saint Pardoux - Puy de Dôme.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Jean-Claude DAURAT, président du SIVOM d'Ambert, pour m'avoir accueillie au sein de la structure pendant ces 3 mois de stage.

Cette étude a été menée sous la direction d'Aurélien GESELL, animateur du Contrat territorial Dore Amont et maître de stage, que je remercie pour m'avoir accompagnée tout au long de mon travail et m'avoir accordé sa confiance dans la mission qu'il m'a proposée.

Je remercie également Benjamin FAYE, technicien de rivière au SIVOM d'Ambert, pour toute l'aide qu'il m'a apporté sur le terrain, ses précieux conseils et ses encouragements.

J'adresse ma reconnaissance également à Luc BORTOLI, chargé d'étude à la Fédération de Pêche du Puy-de-Dôme, pour son accueil au sein de la structure, son aide et sa bonne humeur.

Un énorme merci à Lilian BONNAFOUX, hydrobiologiste à la Fédération de pêche du Puy-de-Dôme, pour avoir vérifié mes déterminations de macro-invertébrés, pour m'avoir accordé son temps et pour m'avoir appris les clés du métier. Je n'aurais jamais avancé si vite sans son aide précieuse, et j'ai acquis grâce à lui des connaissances solides.

Je remercie chaleureusement mes camarades de classe, Romane PERREAUD et Kévin COLLIN, pour leurs conseils techniques et leur aide dans l'aboutissement de mon projet. Stagiaires, tout comme moi, ils ont su trouver du temps dans leur agenda bien rempli pour me guider dans mon travail.

Je tiens à remercier sincèrement ma famille pour leur soutien et ma sœur pour sa correction. Je n'oublie pas mes amis et mon compagnon, qui ont été présents dans mes moments de doutes et m'ont soutenue. Merci à toutes les personnes qui m'ont aidée dans mon rapport et pour leur relecture.

Enfin, je remercie toutes les personnes que j'ai rencontrées et qui m'ont si bien accueillie dans les différentes structures que j'ai fréquentées. Un grand merci pour leurs encouragements et surtout pour leur bonne humeur.

Résumé : Après la Seconde Guerre mondiale, l'introduction en masse des espèces résineuses en bord de cours d'eau s'est faite au détriment des ripisylves (végétation riveraine) naturelles. Sur le territoire de la Dore amont (Puy-de-Dôme, 63), plusieurs cours d'eau sont impactés par les plantations de résineux, dont le Saint-Pardoux. Cette étude consiste à définir et mettre en place des indicateurs de suivi sur ce cours d'eau, afin de mettre en évidence l'impact des conifères sur la rivière. Deux stations sont donc étudiées : l'une, en amont, dominée par des feuillus ; la seconde, en aval, dominée par des Épicéas. Les indicateurs mis en place permettent d'apprécier aussi bien l'état morphologique que biologique du cours d'eau sur les deux stations. Ainsi, les indices SYRAH, CARHYCE, IAM, IBG-DCE et l'étude du transport sédimentaire sont les méthodes choisies pour l'analyse du Saint-Pardoux. Il est ressorti des résultats une morphologie nettement différente entre la station enrésinée et la station de feuillus (largeur importante, ensablement...). Les analyses biologiques ont confirmé ces précédents résultats, mettant en évidence une altération de la station aval par rapport à la station amont. L'impact des résineux semble donc réel sur le Saint-Pardoux.

Mots clefs : Rivière - Qualité - indicateurs - suivi - morphologie - enrésinement - épicéas - Contrat territorial - Dore amont - Saint-Pardoux - Puy de Dôme.

Summary: After the second World War, the massive introduction of conifer on the edge of rivers has come at the detriment of natural riparian areas (streamside). On the Dore upstream territory (Puy-de-dôme, France), numerous rivers are affected by conifer plantations, including the Saint-Pardoux river. This report aimed at defining and implements monitoring indicators on the river in order to highlight the impact of evergreens on the river. Two stations were investigated: one upstream, dominated by hardwood; a second, downstream, dominated by spruces. The indicators established allowed us to appreciate both the morphological and the biological state of the river at both stations. Thus, the indicators SYRAH, CARHYCE, IAM, IBG-DCE and the study of sediment transport are the chosen methods for the analysis of Saint-Pardoux. The results show a clear morphology difference between both stations (extra width, silting...). The biological tests confirmed those previous results, highlighting an alteration of the downstream station relative to the upstream station. In conclusion, the impact of softwood seems evident on the Saint-Pardoux river.

Key words: Rivers - Quality - indicators - monitoring - morphology - conifer plantation - spruce - Territorial Contract - Dore upstream - Saint-Pardoux - Puy de dôme (France).

Préambule à destination des élus et du public

Le Saint-Pardoux, un cours d'eau à protéger

Le Saint-Pardoux, petit cours d'eau en tête de bassin versant de la Dore, est une rivière remarquable puisque sa qualité de réservoir biologique et son très bon état écologique ont conduit à son classement en liste 1 de l'article L. 214-17 du Code de l'Environnement qui recense les cours d'eau nécessitant une protection complète des poissons migrateurs. Le Saint-Pardoux fait également partie du périmètre Natura2000 "Dore et affluents", qui regroupe les cours d'eau d'intérêt patrimonial de par leur faune ou leur flore particulière. En effet, il a été observé dans le cours d'eau la présence d'une espèce native protégée : l'écrevisse à pattes blanches.



L'écrevisse à pattes blanches, espèce native protégée en France.

Mais le Saint-Pardoux est aujourd'hui concerné par des problèmes qui touchent à sa qualité : d'une part, le piétinement du cours d'eau par les bovins, qui engendre la dégradation du lit et un apport de matières organiques dans la rivière ; d'autre part, les plantations de conifères au bord du cours d'eau, qui modifient sensiblement la morphologie du Saint-Pardoux et la qualité de l'eau.

Ainsi, mettre en place des actions de protection et de restauration du Saint-Pardoux semble primordial, c'est donc l'un des objectifs du Contrat territorial Dore Amont.



Les conséquences des plantations de résineux sur le Saint-Pardoux.



Les conséquences du piétinement des bovins sur le Saint-Pardoux.

Qu'est ce que le Contrat territorial Dore amont ?

Le Contrat territorial est né d'une prise de conscience par les acteurs locaux des problématiques liées à l'eau sur le territoire de la Dore amont et de la volonté des élus du bassin versant. Élaboré sur 5 ans, ce projet permet la préservation, la restauration et l'entretien des cours d'eau du territoire. Il permet de répondre aux objectifs européens, qui préconisent l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau en 2021 et aux besoins locaux

Les actions programmées

Pour remédier à ces problématiques, le Contrat territorial a donc élaboré et programmé des actions de restauration du Saint-Pardoux et les autres affluents de la Dore. Ainsi, dans le courant de l'année 2016 et 2017, des travaux de mise en défens des berges et de recul des résineux devront voir le jour.

L'objectif de l'étude

Cette étude se développe dans un objectif d'analyses préalables aux travaux du Contrat territorial Dore Amont. Se concentrant sur la problématique des plantations d'Épicéas au bord de berges, ce projet a pour but de mettre en place différents indicateurs de suivi sur le cours d'eau. Ces indicateurs permettront de mettre en évidence les impacts néfastes des résineux sur le Saint-Pardoux ainsi que les conséquences bénéfiques des travaux programmés au Contrat territorial.

Quels sont les impacts des conifères ?

Certaines espèces de résineux (épicéas, douglas...) associées à un mode de gestion inadapté ne permettent pas à la ripisylve (la végétation de berge) d'assurer correctement ses fonctions pour plusieurs raisons :

- Leur système racinaire, se développant en surface, ne permet pas la stabilité des berges et favorise son érosion (chutes d'arbres dans le lit mineur, création d'embâcles, etc.).
- Ces arbres, implantés en quantité, engendrent de l'ombre sur le cours d'eau, limitant le développement de la faune et de la flore.
- La litière se dégrade difficilement et s'accumule dans le lit de la rivière,
- Les plantations mono spécifiques en futaie régulière et les coupes à blancs limitent la capacité du milieu à résister à des perturbations (crues, tempêtes, incendies, espèces invasives) et le développement des autres strates de végétation (herbacée, arbustive, arborée).

De plus, la gestion de ces arbres est difficile pour le propriétaire, car ils sont inadaptés aux cours d'eau et ont une croissance faible et sont sensibles aux parasites. L'effondrement des berges entraîne également la chute des arbres et l'érosion latérale provoque des pertes de terrain.

Les plantations de résineux présentent donc tout autant des problèmes pour l'environnement que pour les exploitants.

Comment les mettre en évidence ?

Pour mettre en avant les impacts des Épicéas sur le cours d'eau, nous avons étudié deux secteurs (appelés "stations") localisés sur le Saint-Pardoux. La première station a été définie dans une zone non concernée par les résineux, possédant une végétation typique des rivières (aulne, frêne, etc.). Cette station a été dite "de référence", c'est-à-dire qu'elle correspond au milieu que l'on devrait trouver naturellement. La seconde station a été définie en aval de la première, dans une zone impactée par une plantation de résineux.



A gauche, la station de référence ; à droite, la station enrésinée.

Deux catégories de suivis ont été réalisées via des protocoles précis : un suivi géomorphologique, en étudiant la géométrie du lit de la rivière, les faciès d'écoulement, le transport des sédiments, la végétation des berges et l'état de ces dernières ; et un suivi biologique, en étudiant la faune des fonds de rivières : les macro-invertébrés benthiques.

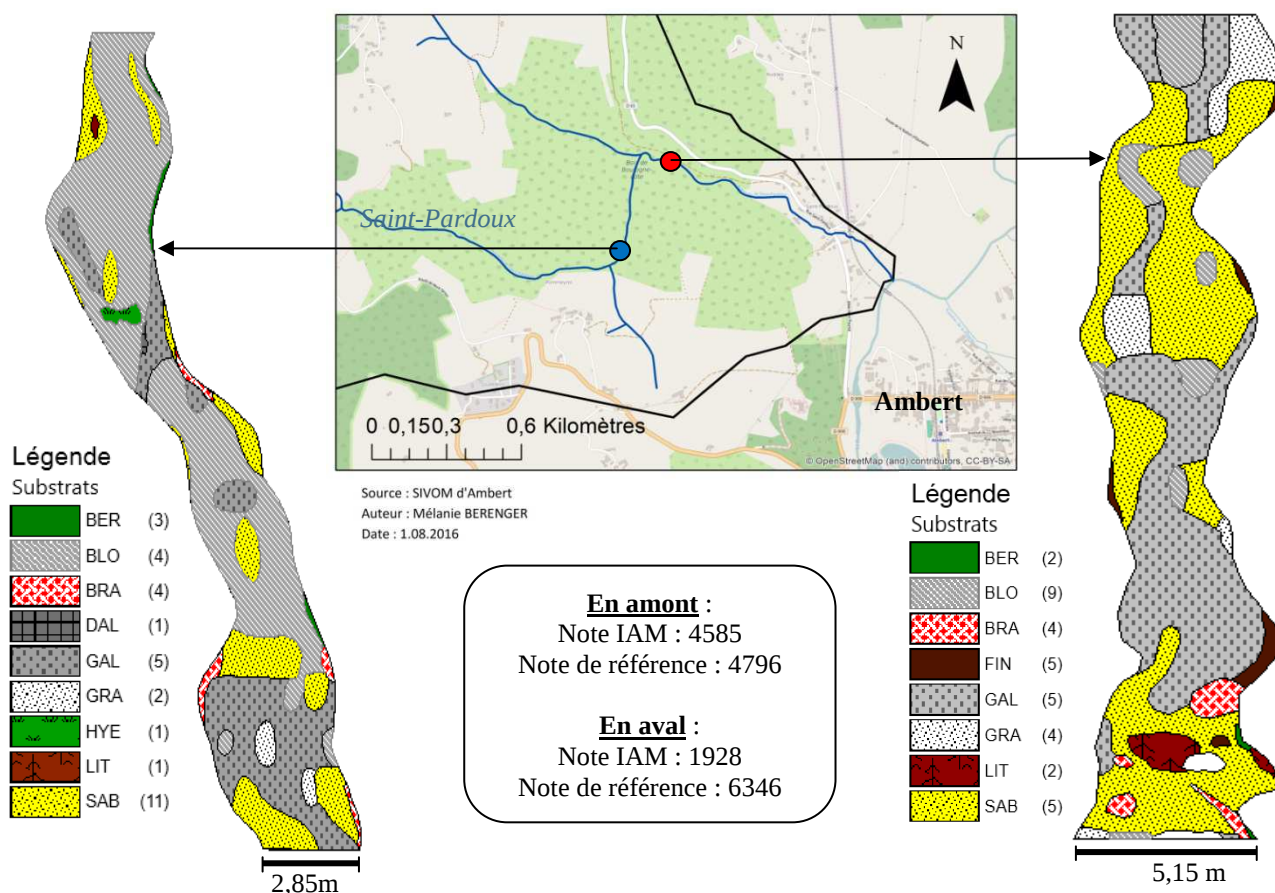
Les indicateurs utilisés sont : SYRAH, CARHYCE, IAM, IBG-DCE et les pièges à sédiments.



Quelques exemples d'indicateurs mis en place sur le Saint-Pardoux

Quels sont les résultats obtenus ?

En premier lieu, l'étude morphologique a démontré que la rivière est nettement plus large dans le secteur enrésiné (touché par les Épicéas). Le lit mesure, en effet, presque le double de celui de la station de référence, sans résineux. À l'inverse de la station de feuillus, la station de conifères présente des faciès d'écoulement peu nombreux, des substrats faiblement diversifiés et une forte quantité de sable transportée. Les berges sont creusées et hautes, menaçant de s'effondrer et de faire chuter les arbres avec elles. L'érosion du lit est donc nettement visible. L'analyse biologique vient confirmer ces observations, en montrant une dégradation des peuplements de macro-invertébrés benthiques entre les deux stations.



Exemple des résultats de l'Indice d'Attractivité Morphologique (IAM) : la station de référence (gauche) et la station enrésinée (droite).

Et après ?

Des mesures simples de gestion peuvent être mises en place pour remédier aux problèmes des conifères. Sur le Saint-Pardoux, les travaux programmés permettront de laisser un espace relativement important entre le cours d'eau et la plantation annexe (5 à 6 mètres). Cela conduira à la restauration d'une ripisylve adaptée et à la limitation de l'ombrage sur la rivière. Si on souhaite accélérer le processus de conversion, des travaux de plantations d'espèces appropriées aux cours d'eau peuvent être envisagés. La zone restaurée sera surveillée régulièrement et entretenue afin de maintenir une bonne ripisylve.

Dans un délai de 3 à 5 ans après les travaux, les dispositifs utilisés dans cette étude seront de nouveau mis en place sur les mêmes stations du Saint-Pardoux. Ainsi, les nouvelles données obtenues seront comparées à celles issues de cette étude.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I. ETAT DES LIEUX.....	2
II. MATERIELS ET METHODES	11
III. RESULTATS	18
IV. DISCUSSIONS	26
CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE	32
TABLE DES FIGURES	35
TABLE DES TABLEAUX.....	36
TABLE DES MATIERES.....	37

INTRODUCTION

Les politiques publiques de gestion de l'eau actuelles sont guidées par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) qui induit, pour l'ensemble des activités liées à l'eau, la mise en place de plans d'action permettant l'atteinte du bon état écologique des milieux aquatiques. C'est dans ce cadre que le Contrat Territorial du bassin de la Dore Amont a été mis en place, outil permettant de répondre aux objectifs de la DCE. La démarche repose sur la réalisation d'une étude préalable au Contrat qui a permis de dégager les différents enjeux prioritaires sur le bassin versant afin de constituer par la suite un programme d'actions ciblées.

Parmi les problématiques mises en évidence par le diagnostic sur le territoire du Contrat, l'une d'elle est particulièrement prépondérante : l'enrésinement inadapté des cours d'eau. En effet, après la Seconde Guerre mondiale, l'introduction massive d'essences à croissance rapide (notamment de l'épicéa) sous l'impulsion des aides au reboisement du Fonds Forestier National et de la déprise agricole, s'est faite au détriment des ripisylves naturelles (LIFE, 2009). Pourtant, la ripisylve des cours d'eau, essentiellement composée de feuillus, joue un rôle écologique majeur pour le bon fonctionnement des rivières. À l'inverse, les peuplements de résineux en bordure de rivières ont des conséquences négatives importantes sur les milieux aquatiques, aussi bien sur le plan écologique qu'économique (destruction des berges, colmatage du lit mineur, chute des arbres...) (LIFE, 2009).

C'est dans ce contexte particulier que s'inscrit cette étude dont l'objectif est de mettre en évidence l'impact des espèces de résineux sur la rivière. Sur le territoire du Contrat Territorial de la Dore amont, le Saint Pardoux représente le cours d'eau le plus impacté par l'enrésinement et constituera l'objet de cette étude. L'objectif est de définir le(s) meilleur(s) indicateur(s) de l'impact de l'enrésinement en bord de berge et de quantifier cet impact sur l'altération de la qualité du milieu. Ces indicateurs seront de nouveau utilisés après les travaux afin de quantifier des bénéfices et éventuellement de justifier ou de prioriser des secteurs d'intervention sur le Saint Pardoux.

Dans un premier temps, un état des lieux des caractéristiques du territoire et de la masse d'eau sera présenté. Les indicateurs choisis pour l'étude du Saint Pardoux seront détaillés dans une seconde partie ainsi que les raisons pour lesquelles on a choisi de mettre en place ces indicateurs. Deux stations différentes seront étudiées sur le cours d'eau. Les résultats seront analysés et interprétés avant de conclure quant à l'impact des résineux sur les milieux aquatiques.

I. Etat des lieux

1. Présentation de la structure d'accueil

a. Le Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples (SIVOM) d'Ambert

Le SIVOM d'Ambert, situé dans le Puy-de-Dôme, est un service public administratif créé en 1978 qui met en œuvre des projets et actions d'intérêt commun pour l'ensemble des communes du territoire de la structure. Les missions de l'établissement consistent en plusieurs domaines :

- _ La collecte et le traitement des déchets
- _ Contrat territorial Dore Amont,
- _ Aide à la scolarité,
- _ Accompagnement à la scolarité et à la parentalité dans les collèges du territoire du SIVOM,
- _ Services aux communes,
- _ Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC),
- _ Petit patrimoine.

Aujourd'hui, la structure regroupe 58 communes (8 cantons de l'arrondissement d'Ambert, 3 communes adhérentes, Ceilloux, Tour-sur-Meymont, et Domaize) réparties en 7 communautés de communes (cf. figure 1 p.2).

Territoire du SIVOM d'Ambert, regroupant 58 communes en 7 communautés de communes

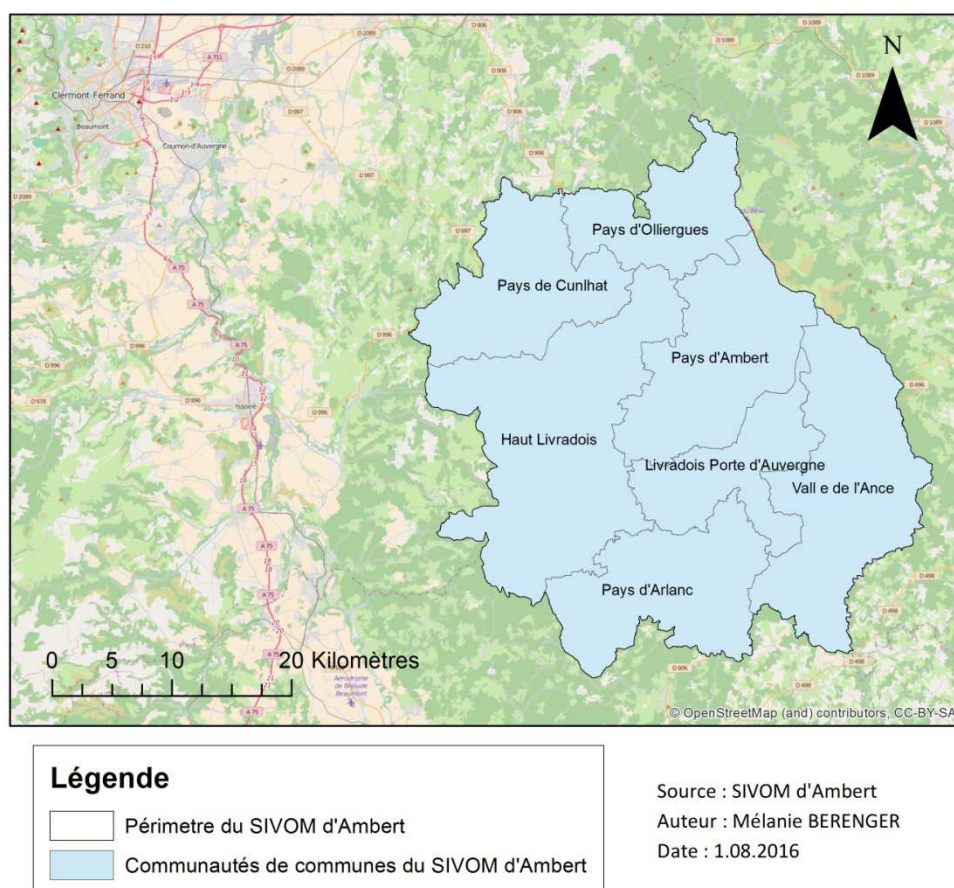


Figure 1 : Localisation du territoire du SIVOM d'Ambert

b. Le Contrat territorial du bassin versant de la Dore Amont (CTDA)

Le Contrat territorial est un outil opérationnel de gestion de l'eau établi à l'échelle de tout ou partie d'un bassin versant. Contractualisé pour 5 ans, le programme du Contrat territorial regroupe un ensemble d'actions coordonnées pluri-thématiques dont les objectifs visent à améliorer la qualité de l'eau, à valoriser les milieux aquatiques et à gérer de manière équilibrée et durable la ressource en eau. Localement, le Contrat territorial de la Dore Amont, situé dans le Puy de Dôme, concerne 44 communes regroupées en 9 communautés de communes (cf. figure 2 p.4).

Le Contrat territorial représente le dispositif le mieux adapté pour répondre aux objectifs de la DCE : malgré des milieux relativement préservés, les différentes études menées dans le cadre de l'élaboration du Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau de la Dore (SAGE Dore) traduisent l'existence de pressions et d'altérations non négligeables sur l'ensemble du bassin versant.

Ainsi, la mise en œuvre du Contrat territorial permet à la fois de répondre à des obligations réglementaires (rétablissement de la continuité écologique, mise aux normes de réseaux d'épuration, entretien de la ripisylve etc.), d'apporter un conseil et un appui aux collectivités et propriétaires privés et de répondre à des besoins de terrain. Le Contrat Territorial s'accompagne d'une démarche de communication et de sensibilisation des habitants sur les thématiques qui le concernent.

C'est donc l'aboutissement d'un travail de concertation entre les différents acteurs (élus locaux, services administratifs, usagers, pêcheurs, associations de protection de la nature etc.). Le programme d'actions est décomposé en 3 volets (restauration des milieux aquatiques ; qualité de l'eau ; gouvernance, animation, communication, sensibilisation et suivi) correspondant aux principaux enjeux dégagés en phase préalable.

.

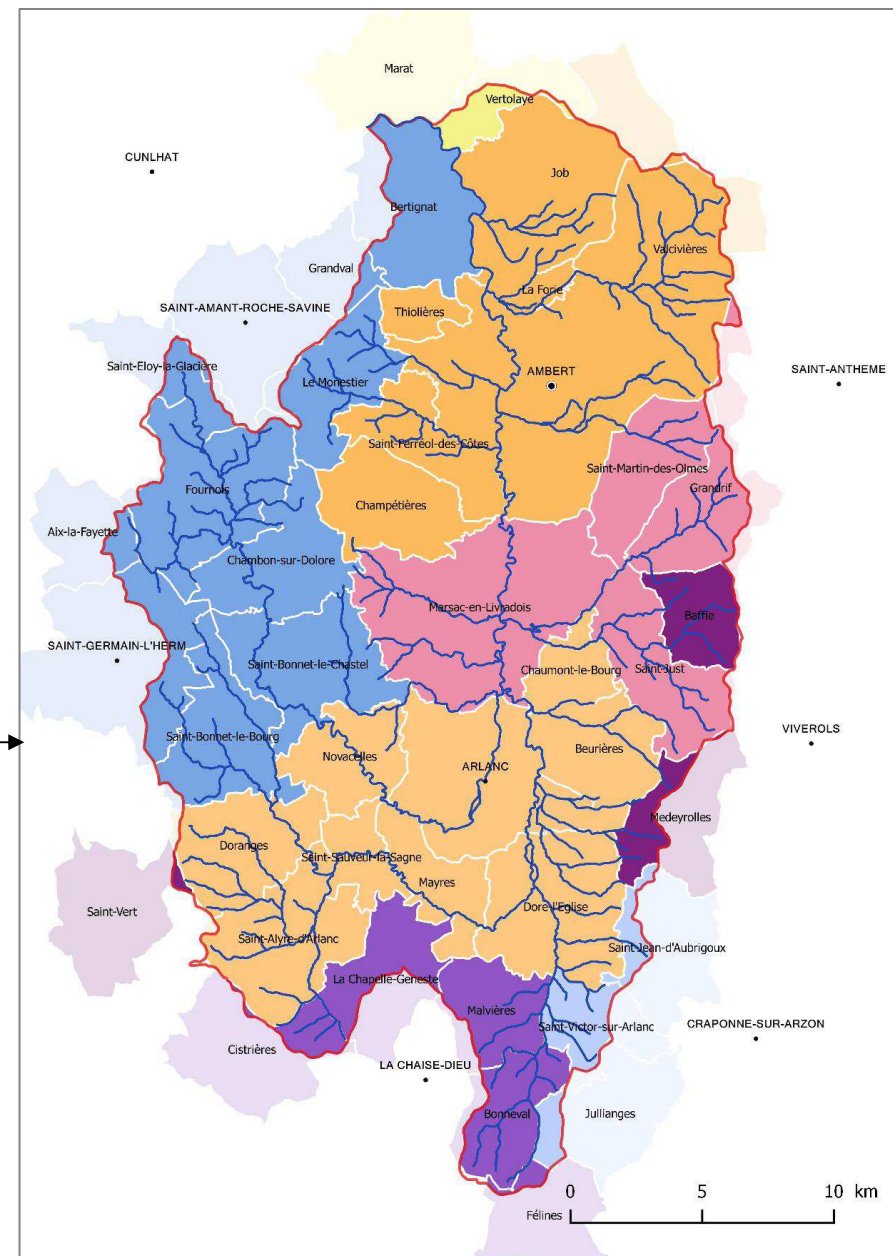
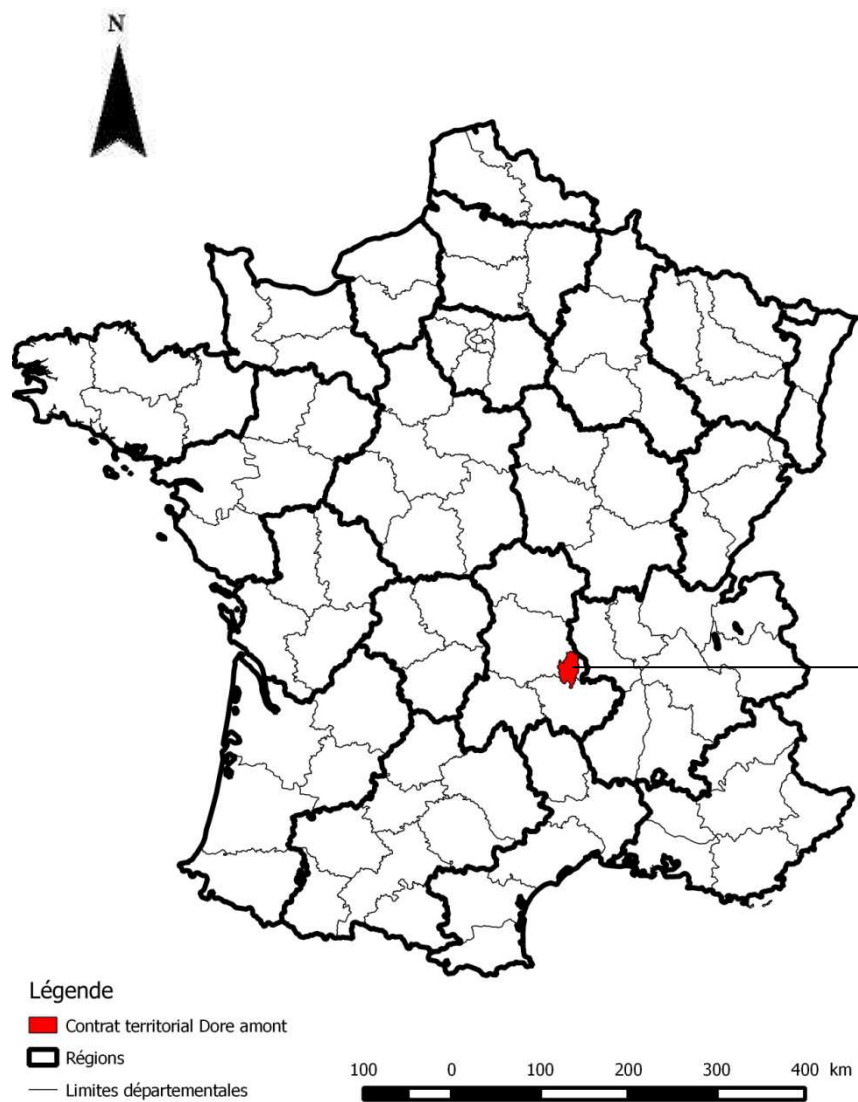


Figure 2 : Territoire du Contrat Territorial Dore Amont. Source : SIVOM d'Ambert.

2. Contexte de l'étude

a. Caractéristiques du bassin versant de la Dore

Le bassin versant de la Dore, d'une superficie de 1707 km², s'étend sur la région Auvergne-Rhône-Alpes, sur les départements du Puy-de-Dôme (63), de la Haute-Loire (43) et de la Loire (42). Le bassin versant de la Dore Amont représente plus d'un tiers de celui de la Dore, avec une superficie de 646 km².

Le territoire est composé d'une mosaïque d'habitats diversifiés avec la présence d'espèces végétales et animales rares ou menacées (moule perlière, loutre, écrevisse à pattes blanches, truite fario, chabot, ...). On recense un nombre important de procédures environnementales d'inventaire (30 sites ZNIEFF de type 1, et 3 sites ZNIEFF de type 2) ainsi que les sites Natura 2000 « Dore et affluents » et « Rivières à moules perlières » illustrant la richesse écologique du territoire. Plus de 3114 Ha sont actuellement couverts par le réseau Natura 2000 sur le sous bassin versant (SIVOM d'Ambert, 2015).

L'occupation du bassin versant, peu peuplé et majoritairement forestier, traduit une nette domination des résineux, notamment en bord de rivière, ayant profité de la déprise agricole. L'exploitation forestière est donc la principale activité du territoire.

Les précipitations sur le territoire de la Dore varient selon les reliefs et l'altitude. Elles sont moyennes en plaine et dans les vallées (875 mm à Ambert - 520 m d'altitude) et augmentent dans les zones plus hautes (1200mm à Valcivières - 1200 m d'altitude). Les fortes pluviométries sont enregistrées aux mois de mai/juin et novembre. En août, les précipitations sont dues aux forts épisodes orageux. Les températures sont caractéristiques d'un climat de moyenne montagne et sont relativement fraîches. Les jours de gels représentent une part importante de l'année (150j/an).

b. Aspects réglementaires

Depuis 2000, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) établit, à l'échelle de l'Union Européenne, une politique de gestion de l'eau et fixe pour objectif l'atteinte du bon état écologique des eaux d'ici 2015 à 2027. À l'échelle du bassin versant, c'est le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) qui fixe le cadre réglementaire conciliant les différents usages de l'eau et la protection de la ressource. Le SAGE Dore couvre la quasi-totalité du bassin versant de la Dore et définit les objectifs de gestion de l'eau sur le territoire. Le Contrat territorial est en adéquation avec les objectifs du SAGE Dore et des enjeux locaux.

c. La problématique de l'enrésinement

Naturellement, la ripisylve des cours d'eau est dominée par les feuillus tels que l'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) ou encore le chêne (*Quercus robur*) (SCHNEIDER, 2007). Ces peuplements adaptés au cours d'eau sont reconnus pour leur valeur patrimoniale et leur rôle écologique : une ripisylve fonctionnelle participe à la régulation de la température de l'eau, contribue gratuitement à l'épuration des eaux et à la régulation des écoulements permettant d'atténuer les crues et les sécheresses, stabilise les berges des rivières etc. (CPIE Val de Gartempe, 2014; DUFOUR *et al*, 2004). De nombreuses espèces faunistiques y trouvent refuge, lors d'au moins une phase de leur cycle biologique (FDPPMA 63, 2014).

Cependant, sous l'impulsion des aides au reboisement du Fonds Forestier National, la ripisylve des cours d'eau a été remplacée par l'introduction massive des plantations à croissance rapide (ONF Besançon, 2009), c'est ce qu'on appelle l'enrésinement des berges des cours d'eau. Seulement, ces essences ne permettent pas à la ripisylve d'assurer ses rôles écologiques, car les résineux ont des conséquences néfastes sur le cours d'eau (cf. figure 3 p.7) (BOYER, 2003; MORET, 1993; ONF, 2009; PNRLM, 2012; SCHNEIDER, 2007) :

- _ L'enracinement superficiel de ces essences entraîne une déstabilisation importante des berges et favorise donc leur érosion. Les berges s'effondrent, ce qui peut entraîner la déstabilisation du peuplement rivulaire et provoque des embâcles importants.
- _ Les peuplements denses provoquent la réduction de l'éclairement du cours d'eau, ce qui empêche la faune et la flore aquatique de se développer correctement. De même, l'absence de lumière empêche la pousse de plantes herbacées qui participent à la stabilité du sol dans le lit majeur,
- _ Le cours d'eau s'élargit et s'incise, le courant ralenti, les sédiments s'accumulent et colmatent le lit,
- _ L'homogénéisation des substrats et le colmatage des gravières provoquent une baisse des supports de ponte et des biotopes.
- _ L'homogénéisation des espèces de la ripisylve limite la biodiversité ainsi que la capacité du milieu à résister à des perturbations (crues, tempêtes, incendies...).

En plus des impacts sur le cours d'eau, les plantations de résineux peuvent être problématiques pour le propriétaire. En effet, ces arbres, adaptés au milieu hygrophile, ont une croissance et une stabilité faible. Ils sont soumis à une situation de stress qui les rendent plus sensibles aux maladies et aux attaques parasitaires. Aussi, l'effondrement des berges peut entraîner une perte importante de terrain et d'arbres. De plus, l'exploitation de ces espèces est plus difficile près des cours d'eau (PNRLM, 2012 ; ONF, 2009).

À l'heure actuelle, il existe des lois pour éviter une mauvaise gestion des berges :

_ Code rural (art. L. 126-1) : cet article préconise, lorsqu'une réglementation est mise en place localement, une distance minimale de plantation en bordure de cours d'eau. Elle peut varier entre 5 et 7 mètres suivant l'espèce employée feuillue/résineuse et le secteur géographique (fonction du département, voire de la commune).

_ Code de l'environnement (art. 215-14) : Le propriétaire est tenu à un entretien régulier du cours d'eau afin de le maintenir dans son profil d'équilibre et de permettre l'écoulement naturel des eaux. Il doit notamment enlever les embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2015).

Cependant, ces lois ne sont pas toujours bien respectées par les propriétaires et les rivières sont aujourd'hui très impactées par les résineux.



Figure 3 : Impacts des résineux en bord de berge : exemple du ruisseau de Jailloux (Puy-de-dôme). Source : SIVOM d'Ambert

3. Présentation du site d'étude : le bassin versant du Saint Pardoux

a. Le Saint Pardoux au sein du CTDA

Le bassin versant du Saint Pardoux, faisant partie du périmètre du Contrat Territorial Dore Amont (cf. figure 4 p.9), est une masse d'eau à fort intérêt écologique car elle fait partie du périmètre Natura2000. De ce fait, le Saint-Pardoux est un site prioritaire pour une intervention, qui abrite des espèces remarquables à préserver (l'écrevisse à pattes blanches notamment).

Cependant, ce cours d'eau est très impacté par la plantation de résineux en bord de berge. Depuis 50 ans, ces plantations ont petit à petit remplacé la prairie existante aux abords du Saint-Pardoux. En plus des conséquences sur la morphologie du lit et la qualité de l'eau, les résineux déposent une importante quantité d'aiguilles dans le Saint-Pardoux. Elles se retrouvent par la suite à l'intérieur des pompes de prélèvements de l'eau servant à alimenter le plan d'eau d'Ambert.

Le cours d'eau est aussi impacté, dans une moindre mesure, par le piétinement des bovins dans la partie amont du bassin versant (cf. annexe 1).

Ainsi, ce bassin fait partie des enjeux prioritaires du Contrat territorial. Des travaux de recul des résineux ont été programmés dans la partie aval, tandis que des travaux de mise en défens sont prévus dans la partie amont (cf. annexe 2).

b. Hydromorphologie

De forme allongée, ce bassin versant s'étend sur les communes d'Ambert, du Monestier et de Saint-Ferreol-des-Cotes (Puy-de-Dôme) et possède une superficie de 11,6 km². Le cours d'eau du Saint Pardoux, affluent de la Dore, possède lui un linéaire d'environ 12,9 km. Il s'agit d'un petit bassin versant présentant différents faciès morphologiques sur l'ensemble de son linéaire. En effet, on peut observer d'autres secteurs plutôt préservés de l'activité humaine ainsi que des linéaires dominés par les plantations d'Épicéas.

c. Occupation du sol

Le bassin versant du Saint Pardoux est occupé majoritairement par les forêts de conifères (57 %), que l'on retrouve surtout dans les reliefs accidentés, peu productifs pour l'agriculture et difficiles d'accès. Les prairies dominent secondairement le territoire (32 %). Concernant la végétation, on retrouve également des forêts mélangées (2 %) et des forêts et végétation arbustive en mutation (3 %). Les surfaces agricoles concernent 6 % du bassin versant (cf. annexe 3). Le bassin versant est donc fortement rural, avec une urbanisation quasi inexistante.

D'autre part, la moitié aval du bassin versant du Saint-Pardoux est soumise à de fortes pentes (cf. annexe 4) favorisant un fort écoulement des eaux et un transport des sédiments plus important. Cela rend aussi l'accès au cours d'eau difficile.

d. Géologie

D'un point de vue géologique (cf. annexe 5), le bassin versant du Saint Pardoux est majoritairement formé par des granitoïdes hétérogènes (roches plutoniques similaires au granite, avec plus de 20 % de quartz) constitués de biotites (mica noir) (MOYEN, 2011). Sur le massif du Monestier, ce sont des granites à deux micas qui dominent. Ces formations géologiques anciennes sont des roches massives et de porosité nulle donc imperméables, favorisant un écoulement latéral de l'eau (CHALLET, 2013). En aval du bassin, on observe des migmatites, roches présentant un mélange de granite, de gneiss, de micas et de différents silicates (THOMAS, 2010). À l'Est du Monestier, une formation de tonalites, variété de diorites quartzifères, prédomine dans le massif forestier du Bois du Lac. Enfin, les formations de colluvions et d'alluvions sont observables dans le fond de vallée du Saint Pardoux, roches déposées par le cours d'eau.

Avec l'érosion, la décomposition de ces roches aboutie à une forte quantité de sables dans le cours d'eau. Les berges sont alors facilement érodables et deviennent instables.

Carte localisation du bassin versant du St-Pardoux au sein du Contrat Territorial Dore Amont

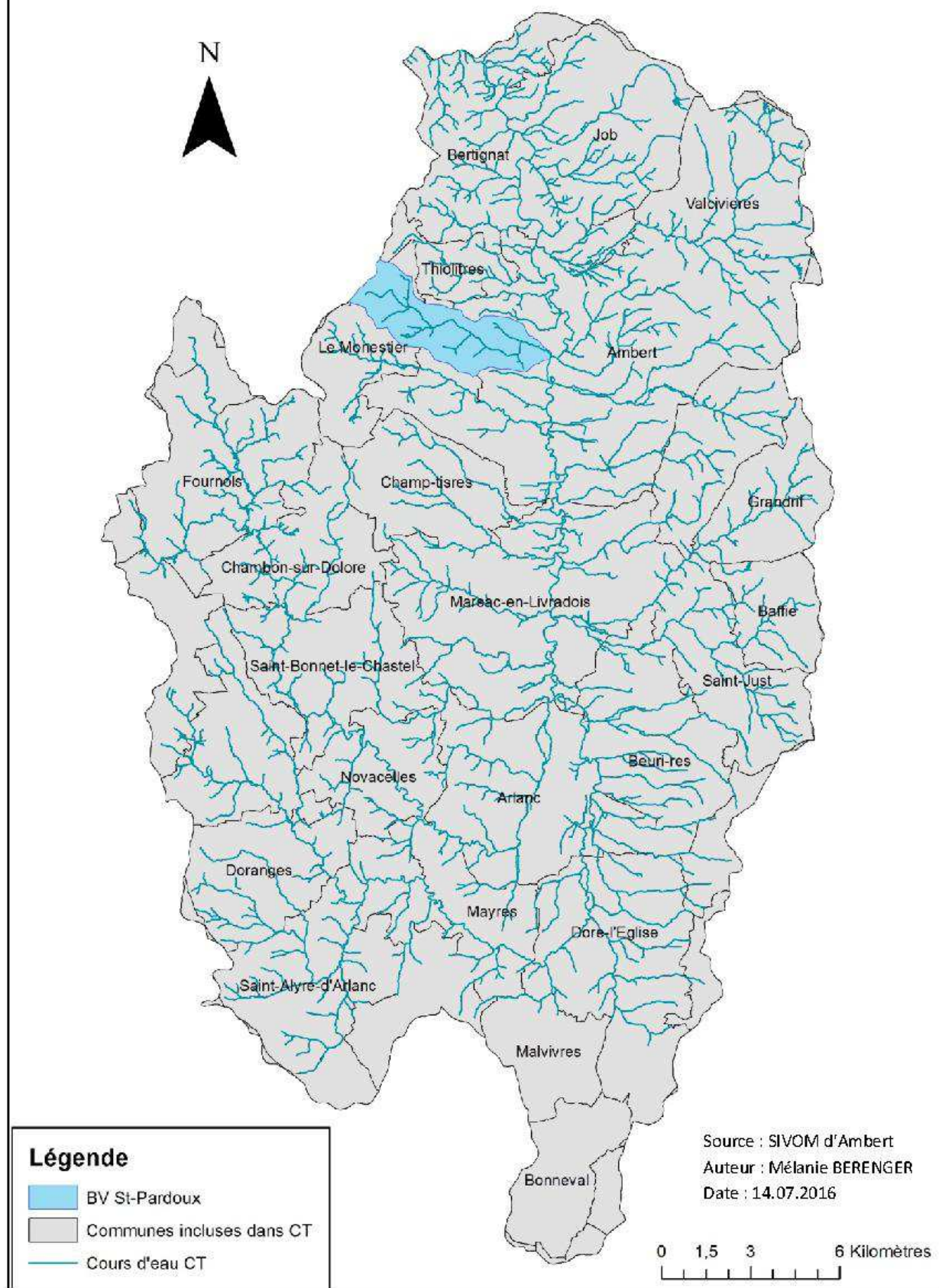


Figure 4 : Localisation du bassin versant du Saint-Pardoux au sein du CTDA

e. Qualité de l'eau

Le Saint Pardoux est suivi dans le cadre d'une station RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel), positionnée proche de l'exutoire du bassin versant. Ce réseau permet d'obtenir une connaissance de l'état général des cours d'eau dans le bassin Loire-Bretagne.

D'après les données recueillies, la qualité physico-chimique apparaît bonne à très bonne selon les paramètres analysés sur l'ensemble des données étudiées, à l'exception du bilan 2013 à cause de 3 valeurs d'orthophosphate déclassantes (cf. annexe 6). Ces deux années pourraient donc présenter une légère altération de la qualité des eaux liée à une surcharge nutritive, notamment vis-à-vis des éléments phosphorés. Cette situation semble cependant disparaître en 2014.

Sur cette même station RCO, des études biologiques sont réalisées tous les ans par des bureaux d'études prestataires de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Indices biologiques mesurés de 2010 à 2015 sur le Saint-Pardoux (source : OSUR, 2016).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
IBG-DCE	16	19	19	17	17	18
IBD	15,8	16	14,3	13,4	16,2	14,9
IPR			9,31	10,87		

La qualité biologique du Saint-Pardoux est toujours déclassée par l'indice IBD (Indice Biologique Diatomées), à l'exception de 2011 et 2014 où cet indice est en limite du bon état. Malgré tout, on note une diminution significative de l'IBD en 2015, qui déclassé cette station en qualité moyenne alors que l'indice IBG-DCE classe le cours d'eau en qualité très bonne.

L'IBD étant plus spécifiquement sensible à la qualité physico-chimique des eaux, il semble donc que l'on observe une dégradation de la qualité de l'eau en 2012, 2013 et 2015. Cela confirme donc les observations des données physico-chimiques. La qualité de l'eau s'améliore en 2014 et cela se confirme grâce aux résultats physico-chimiques. Cependant, elle semble se dégrader de nouveau en 2015 selon la note IBD. Ceci peut être dû à la forte sécheresse qu'il y a eu en France cette année là. Cela devrait se confirmer avec les résultats des analyses physico-chimiques.

Tableau 2 : Etat écologique de la masse d'eau du Saint-Pardoux.

	Physico-chimie Générale	Hydrobiologie		Qualité écologique
2010	Bon	Moyen	→	Moyen
2011	Bon	Bon	→	Bon
2012	Bon	Moyen	→	Moyen
2013	Moyen	Moyen	→	Moyen
2014	Bon	Bon	→	Bon
2015	Indisponible	Moyen	→	Indéterminée

L'important jeu de données utilisé permet d'attribuer un bon niveau de confiance à l'évaluation de l'état, bien que les données physico-chimiques de 2015 ne soient pas encore connues. Le Saint-Pardoux présente donc une qualité écologique moyenne en 2010, 2012 et 2013, mais présente une bonne qualité en 2011 et 2014 (cf. Tableau 2 p.10). En 2015, l'hydrobiologie classant le cours d'eau en qualité moyenne, la qualité écologique globale ne sera pas classée supérieure à "moyen". Une dégradation est donc observable en 2015.

II. Matériels et méthodes

1. Choix et localisation des stations

Pour choisir des stations représentatives du cours d'eau, une analyse cartographique ainsi qu'une prospection à pied sur la totalité du linéaire ont été réalisées. Il a pu être identifié ainsi deux grands types de faciès :

- _ Des secteurs avec une faible largeur du lit du cours d'eau et une ripisylve adaptée (saule, frêne...), mais présentant les impacts du piétinement par les bovins,
- _ Des secteurs avec une largeur de lit importante et une ripisylve constituée uniquement de résineux.

Choisir des stations de référence hors d'influence humaine est difficile, puisque ce cours d'eau est concerné dans sa totalité soit par le piétinement des bêtes, soit par l'implantation de résineux.

Il a donc été choisi une station dite "de référence", qui ne présente pas de plantations de résineux. Cette station, nommée "Saint-Pardoux amont", correspond la station du RCO. La seconde station, nommée "Saint-Pardoux aval" se situe en aval de la station de référence (à 550m de distance), dans un secteur situé au sein d'une plantation d'épicéas (cf. figures 5 et 6 p.12). Les caractéristiques des stations sont données dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Principales caractéristiques des stations d'étude du Saint-Pardoux

	Saint-Pardoux amont	Saint-Pardoux aval
Commune	AMBERT (63), LIEU-DIT POMEYROLLES	AMBERT (63), LIEU-DIT SAINT PARDOUX
Coordonnées en Lambert 93	756065 ; 6495410	756300 ; 6495765
Numéro station	04037010	/
Largeur lit plein bord (m)	2,6	5,6
Largeur lit mouillé (m)	2,4	3,9
Profondeur moyenne (cm)	15	8
Altitude (m)	560	542
Distance à la source (km)	5,82	6,43
Végétation rivulaire	Feuillus dominants	Conifères dominants
Sylviculture	/	Ancienne (50 à 60ans)

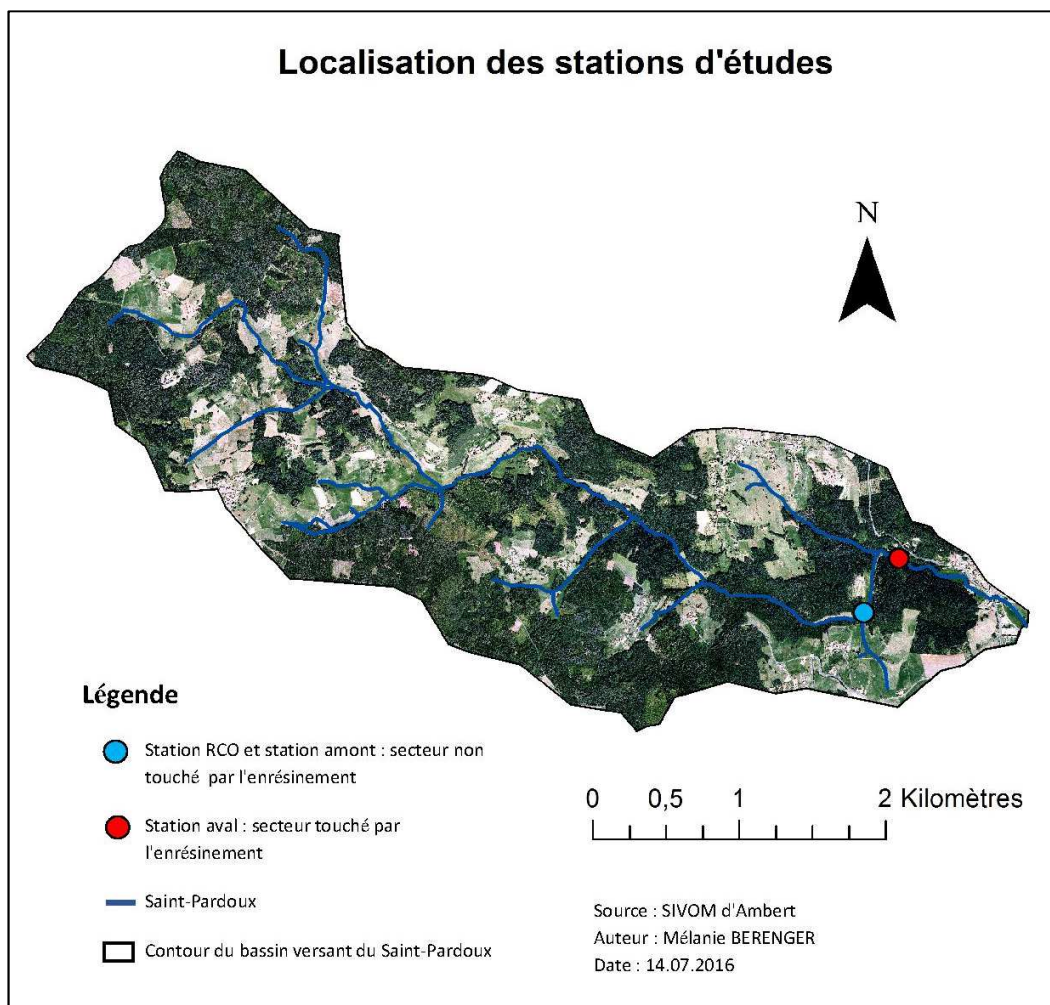


Figure 5 : Positionnement des sites d'étude sur le Saint-Pardoux



Figure 6 : Le Saint-Pardoux aval (gauche) et le Saint-Pardoux amont (droite). Source : SIVOM d'Ambert.

2. Choix des indicateurs de suivi

Plusieurs paramètres ont été jugés déterminants lors de cette étude : la morphologie du cours d'eau, la ripisylve et la qualité biologique. Les indicateurs choisis permettent de traiter ces trois volets et sont adaptés aux petits cours d'eau tel que le Saint-Pardoux (SOUCHON, 2012; MALAVOI *et al*, 2010).

a. SYRAH-CE

Le SYstème Rapide d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (SYRAH-CE) permet d'évaluer les altérations de la masse d'eau pouvant conduire à une dégradation de l'état écologique. Il permet de sectoriser le bassin à grande échelle (CHANDESRIS *et al*, 2008).

L'étude cartographique préliminaire du bassin versant du Saint-Pardoux a été réalisée en reprenant les paramètres du protocole SYRAH-CE, afin de déterminer les stations pour l'étude. Un ensemble de données SIG (référentiel Lambert 93) a été analysé sous le logiciel de cartographie ArcGis afin d'évaluer si la masse d'eau a subi des altérations. Les données utilisées (BD Topo, BD Carthage, Scan25, Corine Land Cover...), disponibles au SIVOM d'Ambert, ont permis d'étudier à grande échelle la végétation du bassin, l'occupation du sol, la géologie, les pentes, etc. Des tronçons homogènes ont été dégagés de cette analyse.

b. CARHYCE

Le protocole de CARactérisation de l'HYdromorphologie des Cours d'Eau (CARHYCE), complémentaire au SYRAH-CE, permet de décrire les caractéristiques hydromorphologiques du cours d'eau à l'échelle de la station. Les paramètres pris en compte dans le protocole sont multiples : géométrie et largeur du lit, profondeur et débit, pente de la ligne d'eau, faciès d'écoulement, granulométrie, substrats organiques, colmatage, nature des matériaux constitutifs des berges et présence d'habitats caractéristiques, stratification, type et épaisseur de ripisylve, continuités longitudinale et latérale. (ONEMA, 2015).

Les stations ayant été délimitées par le protocole SYRAH-CE et la prospection de terrain, des mesures physiques du cours d'eau ont été réalisées sur chacune d'elles, selon le protocole CARHYCE détaillé plus précisément en annexe 7. La fiche terrain est disponible en annexe 8 et la typologie des faciès d'écoulement est disponible en annexe 9.

c. IAM

L'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM) est une méthode d'analyse cartographique de la qualité des mosaïques d'habitats, complémentaire au protocole CARHYCE. Elle permet de fournir des images comparables de l'hétérogénéité et de l'attractivité d'un cours d'eau à l'échelle de la station (DEGIORGI *et al*, 2002).

Sur le terrain, des transects supplémentaires sont réalisés afin d'obtenir des données plus précises sur les caractéristiques du cours d'eau. Ces transects additionnels sont placés à chaque changement de

faciès du cours d'eau. Les substrats/supports sont évalués à l'œil, les hauteurs sont mesurées à l'aide d'une mire graduée et la vitesse de courant est estimée. Trois cartes ont été réalisées (carte des substrats, des classes de vitesses et des classes de hauteurs d'eau) sous le logiciel MapInfo. Ces cartes ont été ensuite superposées afin d'obtenir une carte des pôles d'attractivité morphodynamique. Enfin, des indices ainsi que la note IAM ont été calculés sur Excel à partir des résultats cartographiques (cf. annexes 10 à 14).

d. IBG-DCE

L'Indice Biologique Global adapté à la Directive Cadre sur l'Eau (IBG-DCE), indicateur pour les cours d'eau prospectables à pied, consiste à mesurer les perturbations du milieu aquatique grâce à l'étude du peuplement de macro-invertébrés benthiques. C'est derniers sont d'excellents bioindicateurs de par leur capacité à intégrer les effets des polluants et des perturbations de l'environnement sur des périodes relativement longues (TACHET *et al.*, 1994).

Sur chaque station, 12 prélèvements des macro-invertébrés ont été réalisés selon la norme XP T90-333 (AFNOR, 2009). La cartographie des pôles d'attraction réalisée au préalable a servi de point de départ de la cartographie des "habitats macrobenthos" pour la détermination des 12 placettes de prélèvement. Toutefois, les habitats ont dû être précisés sur le terrain, leur désignation étant différente entre les protocoles IAM et IBG-DCE (codes substrats, vitesses et hauteurs). Le tri des échantillons et la détermination des individus ont été effectués en laboratoire selon la norme XP T90-388 (AFNOR, 2010). Chaque détermination a été vérifiée par un agent qualifié dans la détermination des macro-invertébrés. La fiche terrain utilisée et les listes faunistiques de cette étude sont disponibles en annexes 15 à 21.

Les notes IBGN ont été calculées d'après les listes faunistiques. D'autres indices ont également été calculés :

- L'indice de **Shannon-Weaver (H')** permettant d'intégrer la richesse spécifique et la fréquence :

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2(p_i)$$

$p_i = n_i/N$, où n_i est le nombre d'individus pour un taxon donné et N l'effectif total du relevé.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, et est maximal quand tous les individus sont répartis de façon égale sur toutes les espèces. Cet indice sera également calculé pour l'indice IAM.

- L'équitabilité (E) :

$$E = H'/H'_{\max}$$

$H'_{\max} = \log_2(S)$, valeur maximale de l'indice de Shannon-Weaver

L'équitabilité est comprise entre 0 et 1 : l'indice tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une même espèce et tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

- L'indice de dominance (d) :
$$d = \sum p_i^2$$

Si un ou plusieurs taxons dominant le peuplement, d tend vers 1.

- Le Coefficient d'aptitude biogène (Cb2) : il résulte de la somme de la variété du peuplement et de la nature de celui-ci (VERNEAUX, 1982).

$$Cb2 = In + Iv$$

$$\text{avec } Iv = 0,22 \times N \text{ et } In = 1,21 \times \frac{\sum_{i=1}^k i_{\max}}{k}$$

où N est le nombre total de taxons rencontrés sur la station, $i_{\max}$ l'indice de sensibilité des taxons les plus sensibles présents dans la liste faunistique et $k = n/4$ avec n le nombre de taxons indicateurs présents dans la liste faunistique avec une densité supérieure ou égale à 3 individus.

- L'indice d'habitabilité (m) :
$$m = \sqrt{N} + \sqrt{P} + \sqrt{P'}$$

avec N correspondant à l'hospitalité globale de la station, $N = n \times n'$ (de 0 à 40),

n: nombre de supports relevés sur la station,

n': nombre de classes de vitesses inventoriées.

avec P correspondant au couple Sustrat-Vitesse dominant sur la station,

$P = S \times V$ (de 0 à 45),

S : représentant la catégorie de support (0 = S = 9),

V : représentant la catégorie de vitesse (0 = V = 5).

avec P' correspondant au couple Substrat-Vitesse le plus élevé sur la station,

$P' = S' \times V'$,

S : représentant la catégorie de support (0 = S = 9),

V : représentant la catégorie de vitesse (1 = V = 5).

La gamme d'hospitalité proposée par VERNEAUX (1982) est la suivante :

$m = 16$: hospitalité très bonne,

$14 \leq m < 16$: hospitalité bonne,

$12 \leq m < 14$: hospitalité médiocre,

$10 \leq m < 12$: hospitalité mauvaise,

$m < 10$: hospitalité très mauvaise.

- Les **guildes trophiques** : des renseignements sur les qualités trophiques du milieu peuvent être obtenus en identifiant le mode d'alimentation prédominant de chaque taxon. Ainsi, les individus sont classés selon les groupes d'alimentation suivants : prédateurs, brouteurs, racleur, broyeur, filtreur, mangeur de substrat (TACHET *et al.*, 1994).

e. Pièges à sédiments

D'après la bibliographie, les résineux entraînent une importante quantité de sable dans les cours d'eau. Il semble utile de mettre en évidence cet impact sur le Saint-Pardoux en mesurant le transport sédimentaire. Les pièges à sédiments permettent de connaître les apports solides en un point, leur volume et leur granulométrie pour obtenir une idée de la mobilisation des sédiments.

Ainsi, des regards d'eaux usées servant de trappe (de dimension 15x15cm) ont été placés dans le Saint-Pardoux, sur chaque station (cf. figure 7 p.16). Installés à la fin du mois de juin, les pièges ont été récoltés une première fois à la suite d'une forte averse, 4 jours après leur installation, puis remis dans le cours d'eau. Ils ont été relevés une seconde fois après une nouvelle période de crue, début août. Au total, les pièges ont été placés 1 mois et 1 semaine dans le cours d'eau. Les sédiments récoltés ont été séchés puis chaque fraction a été séparée à l'aide de tamis de 5 mm, 2 mm, 1 mm et 0,5 mm. Les fractions sont pesées grâce à une balance de précision d=1g. Ces mesures nous indiquent clairement quels sédiments ont été transportés et s'ils sont favorables ou non au développement de la faune aquatique.



Figure 7 : Les pièges à sédiments lors de leur mise en place (gauche) puis après une crue (droite). Source : SIVOM d'Ambert.

3. Conditions d'échantillonnage

Tous ces indicateurs ont été mis en place pendant la période d'étiage, au mois de juillet, avec une turbidité faible, ce qui favorise la précision de lecture des substrats. Les débits sur la Dore, dont le

Saint-Pardoux est un affluent, ont été observés chaque jour afin de cibler une période de débit constant pour réaliser les analyses.

4. Limites de la méthode

a. Variations liées aux protocoles

Même si les indicateurs ont été mis en place selon un protocole précis, il peut exister des variations dans les résultats liés aux mesures. En effet, l'estimation de certains paramètres (tel que le pourcentage de recouvrement des substrats, par exemple) est propre à l'opérateur et peut différer avec une autre personne. Il faut également tenir compte des degrés de précision de certaines méthodes, notamment des analyses cartographiques, qui amènent de minimales erreurs dans les résultats.

Concernant la méthode de l'IBG-DCE, cet indice est actuellement en train d'évoluer et d'être ajusté. Dans un souci de méthodes de bioévaluation plus performantes, l'indice I2M2 (Indice Invertébrés Multimétrique) a été élaboré pour remplacer l'actuel indice et sera bientôt opérationnel. Les méthodes de calcul et les classes de qualité, entre autres, ont donc été révisés (Ministère de l'environnement, 2015b ; MONDY *et al*, 2011).

b. Conséquences des conditions météorologiques, matérielles et temporelles

La mise en place des différents indicateurs a nécessité du matériel spécifique (mire, tamis, alcool pour prélèvements...) et des conditions météorologiques particulières. En effet, la mise en place de ces indicateurs doit se faire nécessairement en période d'étiage qui correspond généralement aux conditions limitantes pour les paramètres pris en compte. De plus, le débit doit être stabilisé depuis au moins 10 jours afin d'éviter les pertes ou apports de faune par la dérive.

En raison des nombreuses et importantes intempéries survenues pendant le mois de juin 2016, ainsi que de la difficulté à acquérir le matériel (obtenu fin juillet), les analyses prévues sur le cours d'eau du Saint-Pardoux ont dû être repoussées de plusieurs semaines par rapport à la date initiale. Ainsi, les indices CARHYCE et IAM ont été mis en place début juillet et les prélèvements IBG-DCE ont été effectués milieu et fin juillet.

D'autre part, l'étude initialement prévue, plus ambitieuse, prévoyait une analyse des macro-invertébrés plus poussée à 20 prélèvements, appelée MAG20. Ce type d'échantillonnage permet une prospection plus complète de l'espace fluvial, en balayant systématiquement les trois composantes majeures de l'habitat aquatiques : nature du substrat, vitesse de courant et hauteur d'eau. Le protocole de l'IBG-DCE, lui, ne tient pas compte du dernier paramètre. Ainsi, cette méthode permet de recueillir la quasi-totalité des populations des macro-invertébrés benthiques et donc d'analyser de façon plus certaine le peuplement du milieu (TELEOS *et al*, 2000). Lors de cette étude, 12 échantillons ont été triés compte tenu des délais.

III. Résultats

1. Hydromorphologie du Saint-Pardoux

a. CARHYCE

- *Géométrie du lit*

À l'aide du protocole CARHYCE, de nettes différences ont été observées entre les largeurs plein bord (Lpb) et mouillées (Lm) des deux stations (cf. figure 8 p.18). En effet, la Lpb moyenne en aval représente plus du double de la Lpb en amont (de 5,6 en aval contre 2,5 en amont). De même, la Lm en aval représente moins du double de la Lm en amont (3,9 en aval contre 2,3 en amont).

Concernant la profondeur du lit, on observe des résultats plus forts en amont (15 cm en moyenne) qu'en aval (8 cm en moyenne). La profondeur plein bord est cependant plus importante en aval (75cm contre 49 cm en amont).

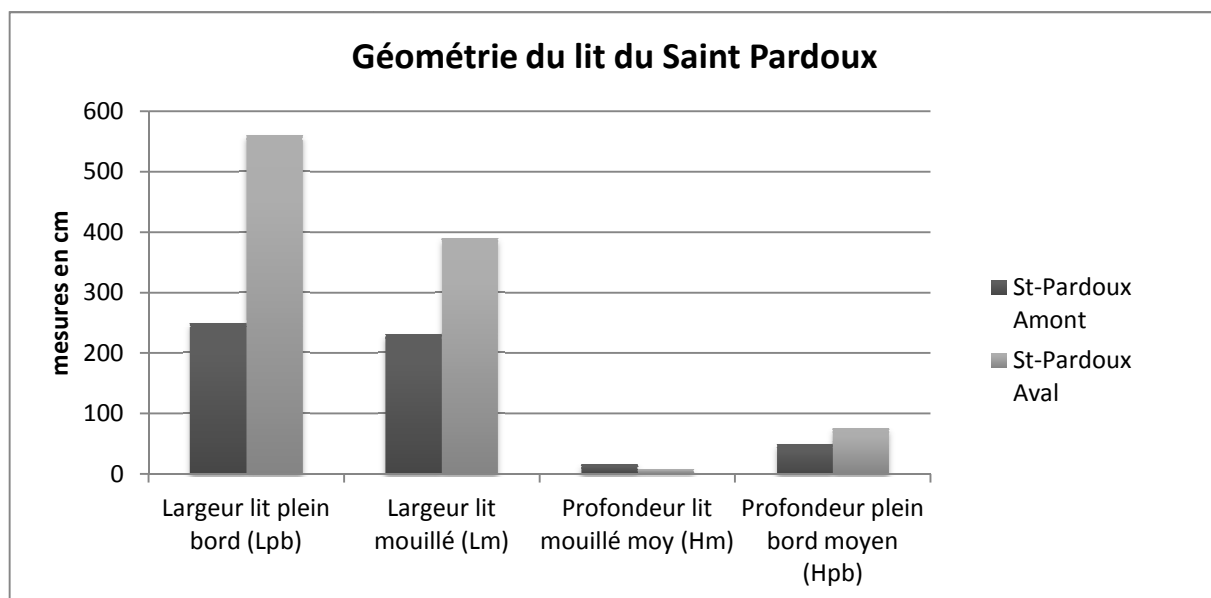


Figure 8 : Comparaison amont/aval des largeurs et profondeurs du lit du Saint-Pardoux.

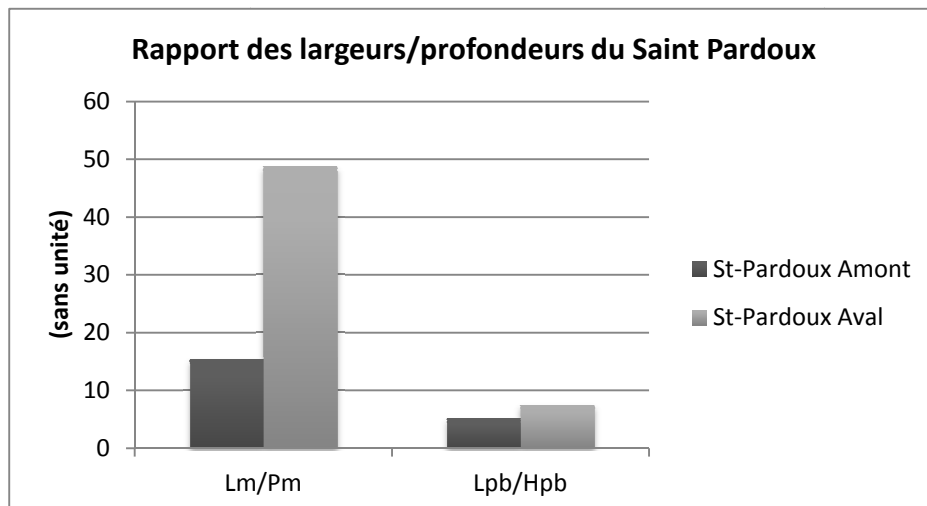


Figure 9 : Comparaison des rapports largeurs/profondeurs sur les stations amont et aval du Saint-Pardoux

Ici, le rapport largeur mouillée/profondeur mouillée (Lm/Pm) est nettement plus fort pour la station aval (48,75) que pour la station amont (15,3) (cf. figure 9 p.18). Ceci démontre que le lit du Saint-Pardoux en aval a une largeur plus importante que sa profondeur. À l'inverse, la station amont est moins large et plus profonde que la station aval.

Les rapports Lpb/Hpb ne sont pas distinctement différents entre les deux stations, mais les résultats montrent des valeurs plus importantes pour la station aval (5,1 en amont contre 7,5 en aval).

b. Faciès d'écoulement

À partir du protocole CARHYCE et de la typologie de Malavoi et Souchon (2002), il a été identifié différents faciès d'écoulement correspondant à chaque transect. Le graphique ci-dessous présente le nombre et le type de faciès recensés sur chaque station (figure 10 p.19) :

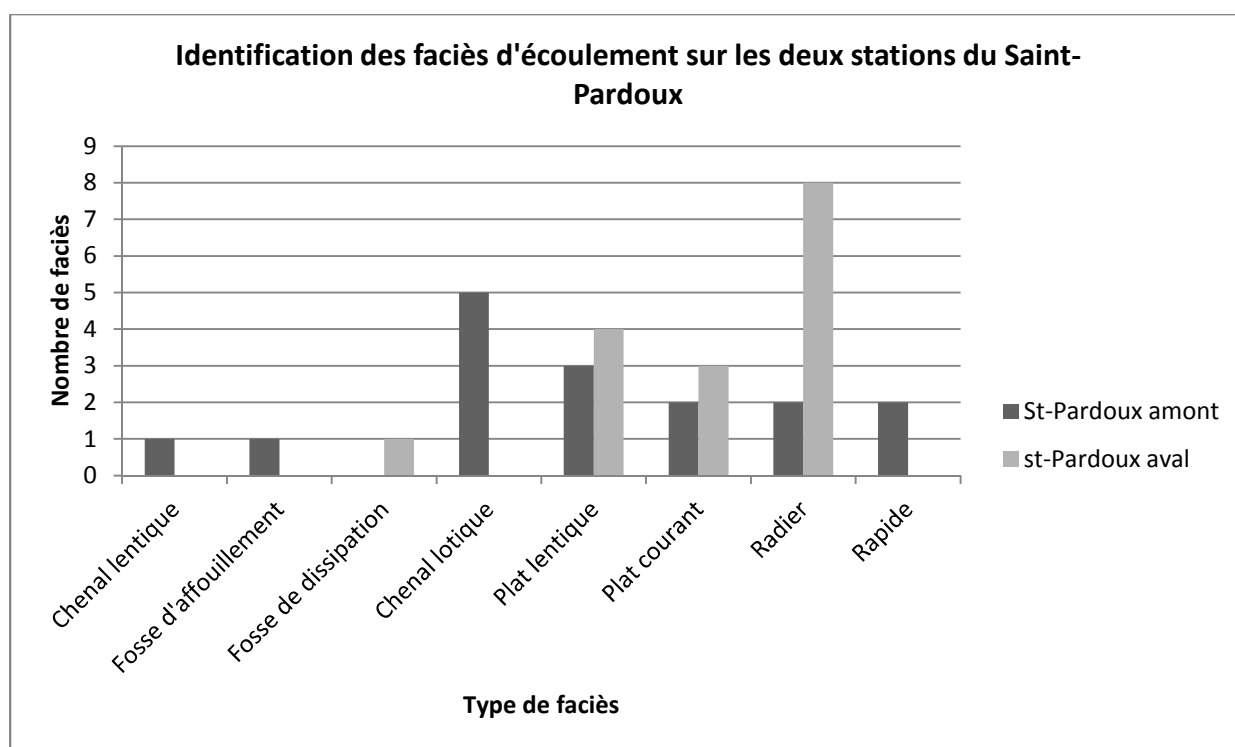


Figure 10 : Comparaison des différents faciès d'écoulement entre la station amont et aval du Saint-Pardoux

On recense, sur la station amont, un total de 7 faciès différents contre 4 seulement en aval. La station amont est caractérisée essentiellement par des faciès de type chenal lotique, tandis que la station aval est représentée majoritairement par des faciès de type radier. La première station semble plutôt homogène, tandis que la station amont est largement caractérisée par les radiers.

c. État de la ripisylve

Sur la station amont, l'ensemble de la ripisylve est relativement fonctionnel. On observe la présence de nombreux Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) et de quelques frênes (*Fraxinus* sp.), ormes (*Ulmus* sp.) et chênes (*Quercus* sp.). La ripisylve est semi-continue, en rive gauche comme en rive droite, créant

ainsi des zones d'ombres et des zones éclairées sur le cours d'eau. La strate herbacée est présente sur la totalité des transects. Il n'y a cependant pas de strate arbustive (cf. figure 11 p.20).

Sur la station aval, l'ensemble de la ripisylve correspond à des plantations d'Épicéas. La ripisylve est présente de façon continue, créant une ombre perpétuelle sur le cours d'eau. On observe également la présence de la strate herbacée sur l'ensemble des transects, constituée principalement de fougères. Celle-ci semble moins diversifiée que pour la station amont. La strate arbustive est également présente mais les individus sont peu nombreux et de petite taille (noisetiers, ormes). La présence de plantes exotiques a été remarquée (Renouée du Japon - *Reynoutria japonica*) (cf. figure 11 p.20).



Figure 11 : Etat de la ripisylve du Saint-Pardoux : à gauche, la station aval dominée par les conifères, à droite la station amont dominée par les feuillus. Source : SIVOM d'Ambert.

d. État des berges

Sur la station amont, les berges sont peu érodées. Elles sont constituées de chevelus racinaires et de branchages sur la majorité des transects. On observe également la présence de nombreux blocs rocheux constituant les berges. Enfin, il a été remarqué l'existence de nombreuses caches sous berges.

Sur la station aval, les berges sont érodées sur l'ensemble du linéaire. Elles sont constituées en majorité par du sable ou des débris ligneux faisant obstacle. Elles sont anormalement hautes par endroits, faisant jusqu'à 1m30 de hauteur (cf. figure 12 p.21).



Figure 12 : Etat des berges du Saint-Pardoux : à gauche, berges érodées et hautes (station aval), à droite, berges basses et stables (station amont). Source : SIVOM d'Ambert.

e. IAM

- *Calculs des indices*

Les cartographies des substrats, vitesses d'écoulement, hauteur d'eau et pôles d'attraction sont disponibles en annexes 11 et 13. Les résultats de l'analyse sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Indices calculés sur la station amont et aval du Saint-Pardoux selon l'IAM.

	Saint-Pardoux amont	Saint-Pardoux aval
Largeur moyenne du lit	2,4 m	3,9 m
Indice de Shannon	1,24	1,23
Indice d'attractivité morphodynamique	4585	1928
Indice de référence	4796	6346
Correspondance de l'indice calculé avec l'indice de référence	95,6%	30,4%

Pour la station amont, l'indice d'attractivité morphodynamique est très proche de l'indice de référence (95,6 % de correspondance), lui-même calculé grâce à l'abaque de référence (cf. annexe 10). Pour la station aval, en revanche, l'indice calculé est très éloigné de l'indice de référence (30,4 % seulement de correspondance). L'indice de diversité de Shannon, quant à lui, est semblable sur les deux stations.

- *Diversité des substrats*

Pour les deux stations du Saint-Pardoux, on retrouve le même nombre de substrats différents. Les substrats dominants observés sont semblablement les mêmes en amont et en aval (galets, blocs, sables). Sur la station amont, plus de la moitié du lit est recouverte par les blocs (à 51,3 %). Les galets

couvrent 23,6 % du lit, et les sables 19,7 %. Sur la station aval, ce sont les sables qui recouvrent la majeure partie du lit (à 44 %). On observe ensuite les galets à 35,2 %, les blocs couvrant seulement 9 % du linéaire (cf. figure 13 p. 22)

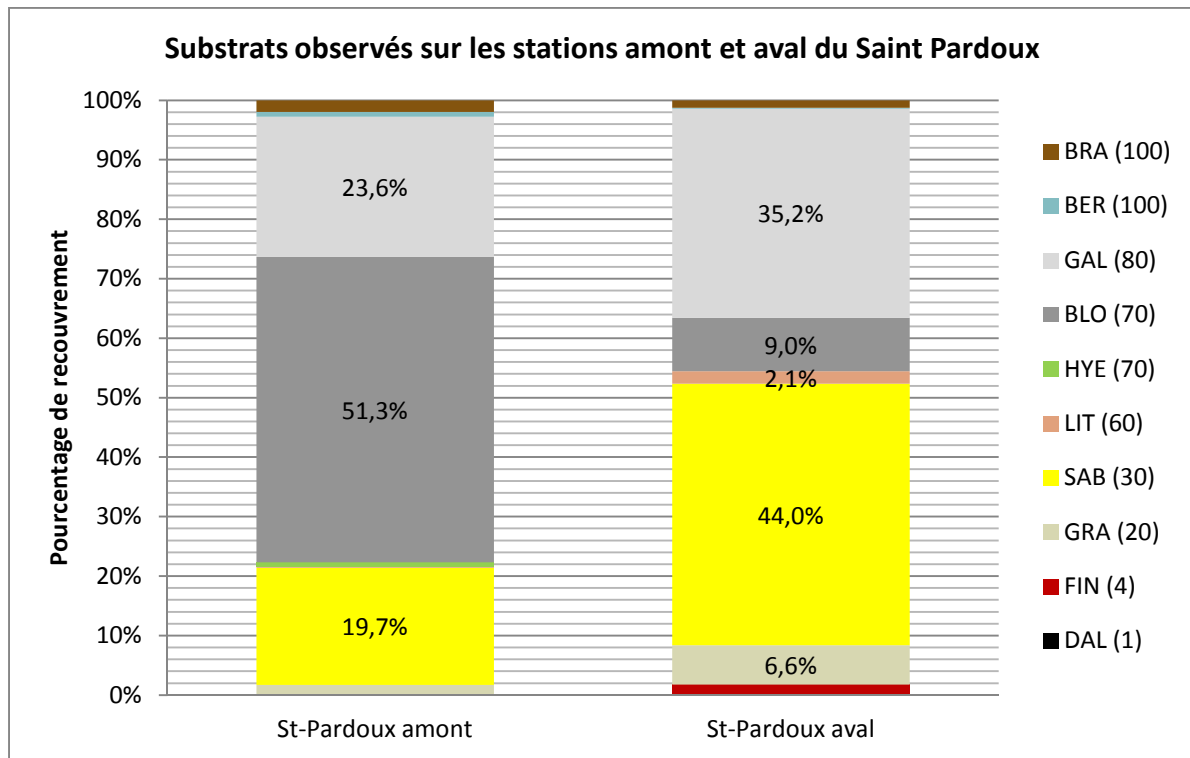


Figure 13 : Comparaison des différents substrats présents sur la station amont et aval selon le protocole IAM.

D'autre part, on remarque que les substrats sont, de manière générale, plus attractifs en amont. En effet, 77 % de la surface totale du lit est recouverte par des substrats dont l'attractivité est supérieure ou égale à 70, contre 46 % seulement pour la station aval. Les substrats les moins attractifs (attractivité ≤ 20) sont, quant à eux, plus importants sur la station aval (2 % de la surface totale du lit en amont, 8 % en aval). On observe en effet une présence plus forte de graviers et de matières fines sur cette station.

- *Vitesses, hauteurs et pôles d'attraction*

Sur les deux stations, 3 classes de vitesse sont présentes. Cependant, on recense des vitesses généralement plus importantes sur la station aval (entre 11 et 40 cm/s) que sur la station amont (< 10 cm/s). Concernant les hauteurs, on observe des valeurs similaires sur les deux stations (hauteur d'eau entre 6 et 20 cm en moyenne). Cependant, la station amont présente une classe de hauteur supplémentaire par rapport à la station aval (classe 4 : 75 à 150 cm de hauteur).

La combinaison de ces trois précédents paramètres (substrats, vitesses, hauteurs) a fait ressortir un nombre total de pôles d'attraction de 53 en aval contre 41 en amont.

2. Suivi des peuplements des macro-invertébrés benthiques

a. Principales données issues des listes faunistiques

Cette station étant suivie dans le cadre d'une station RCO, nous avons recueilli les listes faunistiques de 2008 à 2015 via la banque de données OSUR (cf. annexe 22). Les résultats des prélèvements 2016 de la présente étude sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Résultats de l'IBG-DCE sur les stations amont et aval du Saint-Pardoux en 2016.

	2016	
	Amont	Aval
Note IBGN	17	15
Robustesse	16	15
Groupe faunistique Indicateur	9	7
Taxon indicateur	Isoperla (Perlodidae)	Habrophlebia (Leptophlebiidae)
Nb individus	1547	935
Nb tot de taxons différents	31	30

Les notes IBGN diffèrent entre les deux stations : la station amont présente une note de 17/20 contre 15/20 en aval. On observe donc une baisse de la note. Cela s'explique par la baisse du taxon indicateur, qui est de 9 en amont contre 7 en aval. En effet, le taxon indicateur change et passe des plécoptères en amont (*Perlodidae*) aux éphémères en aval (*Leptophlebiidae*). La note de la robustesse mesure une surestimation de la note IBGN. En aval, la robustesse est identique à la note IBGN, il n'y a pas eu de surestimation de la note. En revanche, en amont, la robustesse est plus faible que la note IBGN, il y a donc eu une légère surestimation. Le nombre d'individus recensés est aussi nettement différent entre les deux stations, passant de 1547 individus récoltés en amont contre seulement 935 en aval.

b. Indices complémentaires

Des indices complémentaires au protocole IBG-DCE ont été calculés sur les deux stations du Saint-Pardoux sur l'année 2016. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Indices complémentaires calculés d'après l'IBG-DCE sur les stations amont et aval en 2016.

	St-Pardoux amont	St-Pardoux aval
Diversité H'	3,92	4,10
H'max	5,29	5,29
Equitabilité E	0,74	0,78
Dominance d	0,11	0,09
Coefficient biogène Cb2	16	15
Habitabilité m	16	13

D'après ces résultats, sur les deux stations, la diversité de Shannon est élevée (3,92 en amont, 4,10 en aval) et l'équitabilité est importante (0,74 en amont, 0,78 en aval). Les peuplements sont donc relativement diversifiés et équilibrés. Toutefois, certains taxons sont plus abondants que d'autres dans les populations (*Chironomidae*, *simuliidae*). D'après ces indices, les peuplements semblent plutôt vieux au regard de leur capacité de colonisation.

Cependant, l'indice d'habitabilité, qui reflète la capacité d'accueil d'un milieu, est bon en amont (16/20) alors qu'il est moyen en aval (13/20). D'autre part, le nombre total d'individus prélevés est nettement supérieur sur la première station que la deuxième. Le coefficient d'aptitude biogène (Cb2) vient confirmer ces résultats, avec une note de 16 en amont contre 15 en aval.

c. Guildes trophiques

Les modes d'alimentation des macro-invertébrés ont été étudiés sur les prélèvements réalisés en 2016 sur les deux stations (cf. figure 14 p.24).

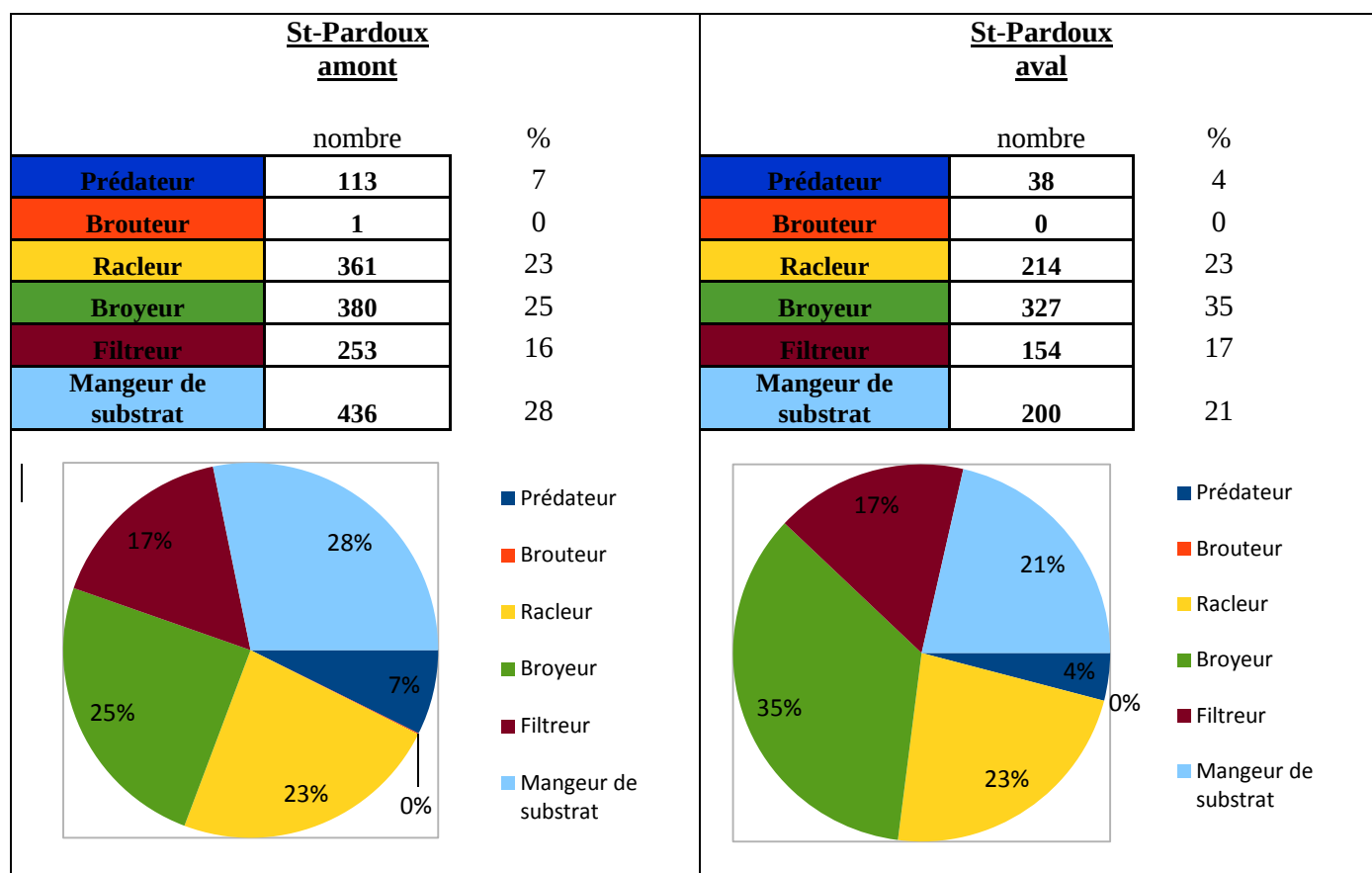


Figure 14 : Structure des guildes trophiques des prélèvements IBG-DCE sur les stations du Saint-Pardoux en 2016.

En amont, on observe majorité de mangeurs de substrat (28%), de broyeurs (25%) et de racleurs (23%). Les filtreurs sont légèrement moins dominants (17%). Enfin, les prédateurs sont en plus faible quantité (7%). En aval, ce sont les broyeurs qui dominent (35%), puis les racleurs (23%) et les

mangeurs de substrats (21%). Les filtreurs sont en même quantité qu'en amont (17%), mais les prédateurs sont encore plus faibles (4%).

Ainsi, l'ensemble des différents régimes sont présents dans les prélèvements, à l'exception des brouteurs dont un seul individu a été observé en amont. Globalement, les régimes alimentaires sont homogènes entre eux sur les deux stations.

3. Transport sédimentaire

Le premier relevé a été effectué le 28 juin 2016, après une période de crue. Les sédiments récoltés dans les deux pièges ont été comparés entre eux (cf. figure 15 et 16 p.25 et 26).

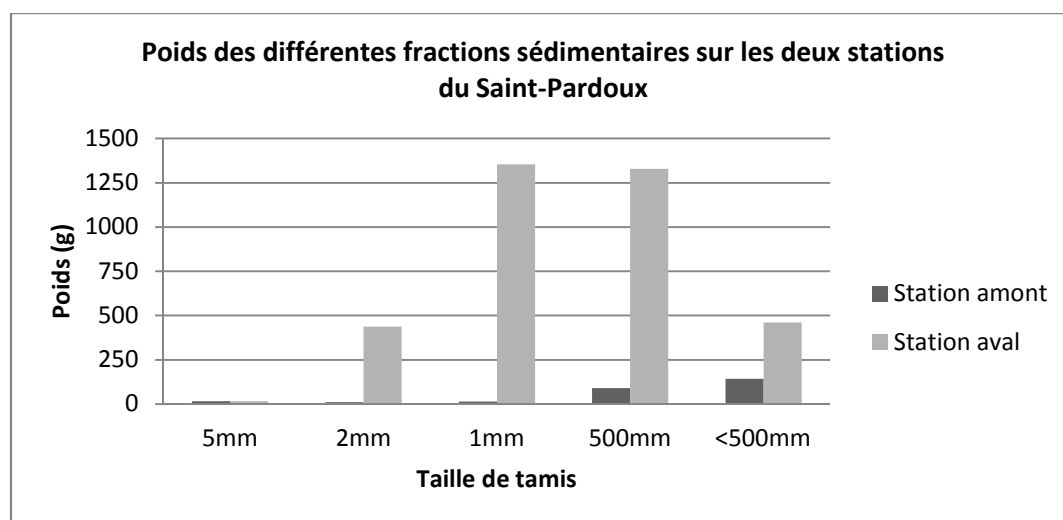


Figure 15 : Comparaison des classes de tailles sédimentaires entre la station amont et la station aval du Saint-Pardoux.

En amont, 273g (poids sec) de matières minérales et organiques ont été transportés contre 3597g en aval. La quantité de sédiments piégés en aval représente donc 13 fois la quantité en amont.

La structure sédimentaire des 5 sections est différente entre les deux stations. De manière générale, les fractions transportées sont les sédiments plutôt légers : le sable, les graviers et la litière/branchage. Sur les deux stations, la structure sédimentaire est composée majoritairement de sable. Cependant, on observe une quantité plus importante de litières/branchages sur la station amont. La proportion de graviers est plus importante en aval. Les sables

La litière récoltée sur la station aval correspond majoritairement à des aiguilles et des pommes de pin. Sur la station amont, elle est plus abondante et correspond à des branches et feuilles.

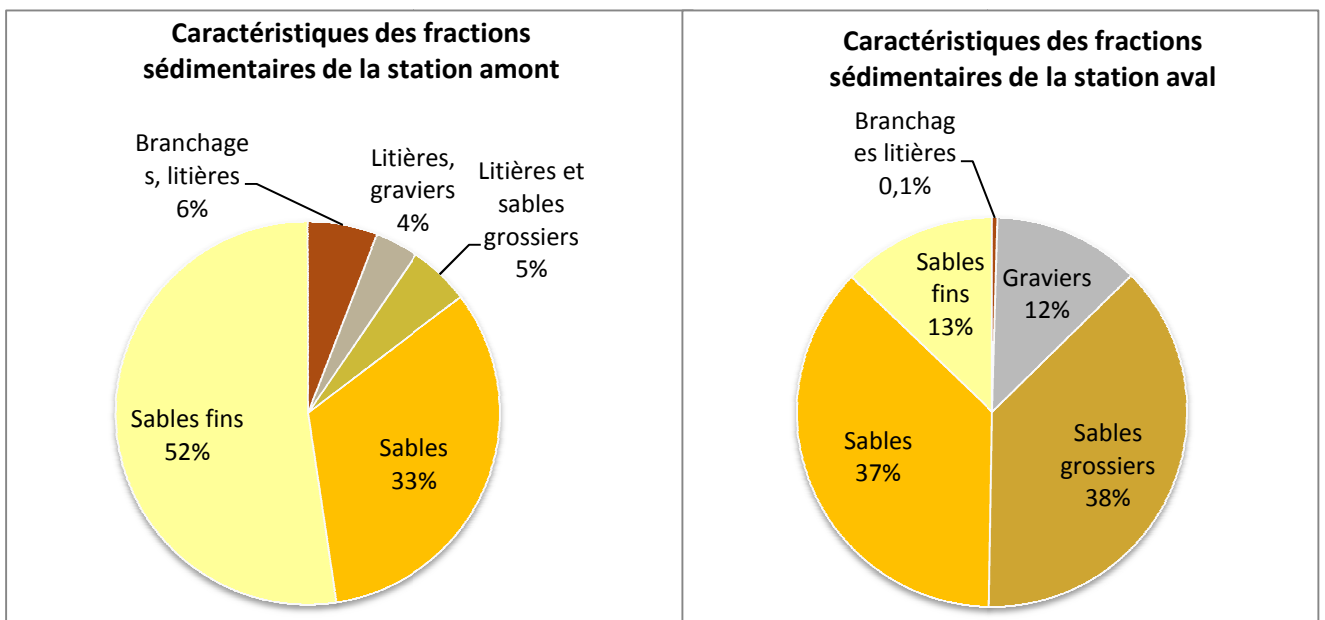


Figure 16 : Structures sédimentaires sur les stations amont et aval du Saint-Pardoux.

Concernant le deuxième relevé, celui-ci n'a pas apporté d'informations pertinentes pouvant être utilisées dans cette étude. En effet, la seconde crue étant trop importante et ayant transporté trop de sable, les pièges à sédiments étaient remplis tous deux à ras bord. Il se peut donc que le piège en aval se soit rempli plus vite comme pour le premier relevé, mais que les sédiments aient débordé. Ainsi, nous ne pouvons pas mettre en évidence une différence de quantité de sédiments transportés entre les deux stations. Cependant, la structure des fractions transportées était similaire au premier relevé (sable et litière en amont ; uniquement du sable en aval).

Les détails de l'analyse des sédiments sont disponibles en annexe 23.

IV. Discussions

À travers les différents indicateurs mis en place, l'objectif était de mettre en évidence l'impact des résineux sur le ruisseau du Saint-Pardoux. L'analyse des résultats a permis de montrer plusieurs conséquences des résineux en bord de berges.

1. Etat de la morphologie du Saint-Pardoux

a. D'après le protocole CARHYCE

Le Saint-Pardoux, qui présente une largeur et une profondeur en amont appropriées à un cours d'eau de cette catégorie, est nettement plus large en aval pour une profondeur quasiment identique. Le lit du cours d'eau s'est donc élargi de façon importante.

Le rapport de la largeur sur la profondeur est un excellent indicateur de l'activité géodynamique du cours d'eau. Plus le rapport est faible, plus le lit est profond. Un cours d'eau plus profond que large traduit une érosion se faisant principalement de façon verticale. Cela signifie que les berges s'érodent moins facilement, elles sont plus cohésives. D'après les résultats observés, la station aval est beaucoup

plus large que profonde. Le cours d'eau, au droit de cette station, subit donc une érosion latérale. Les berges sont facilement érodées. À l'inverse, sur la station amont, l'érosion se réalise de façon verticale et les berges sont moins érodées.

Concernant les faciès d'écoulement, la station amont est plus diversifiée par rapport à la station aval. Des faciès diversifiés représentent des habitats variés pour la faune aquatique. Ainsi, la station amont, qui présente des alternances entre radiers/plats et mouilles/fosses, semble plus propice au développement de macro-invertébrés benthiques et de poissons que la station aval.

La ripisylve en amont, relativement fonctionnelle et semi-continue, est adéquate aux cours d'eau. Les essences observées sur la station, grâce à leur système racinaire, participent au maintien des berges lors de crue. Le couvert végétal (plantes herbacées) participe également à la protection des berges. Au contraire, en aval, la ripisylve, constituée essentiellement d'essences de résineux, ne permet pas de maintenir les berges pendant les périodes de crue. D'autre part, la présence des Épicéas est dense et continue, ce qui engendre une ombre constante sur le cours d'eau, empêchant la pousse d'autres espèces sur les berges.

L'état des berges confirme ces interprétations précédentes, puisque celles-ci sont nettement plus érodées en aval qu'en amont. Fragiles par nature de par leur caractère sableux (mis en évidence par l'étude de la géologie), les berges sont creusées par les crues et excessivement hautes en partie aval, menaçant de s'effondrer.

b. D'après l'Indice d'Attractivité Morphologique

L'habitat pour la faune aquatique est caractérisé par 3 paramètres : le substrat/support, la vitesse et la hauteur d'eau. L'analyse des substrats a mis en évidence la dominance des sables sur la station aval. Ce substrat est très peu biogène est faiblement propice à l'établissement d'une population piscicole/astacicole (mais aussi de macro-invertébrés) sur le secteur. La présence prépondérante de sables provient de l'érosion des berges.

Selon les résultats de l'IAM, la station amont présente une morphologie très attractive pour les espèces piscicoles. La note d'attractivité calculée correspond à l'attractivité théorique que devrait avoir ce type de cours d'eau. En effet, les substrats sont, de manière générale, plus attractifs. En revanche, la station aval est très éloignée de l'indice de référence pour un cours d'eau d'une largeur moyenne de 5m. En effet, cette station, située 550m plus bas par rapport à la station amont, devrait théoriquement avoir une largeur similaire à celle-ci. Le secteur enrésiné est donc très faiblement attractif pour les espèces piscicoles, selon l'indice.

2. Etat des peuplements de macro-invertébrés benthiques

La note IBGN traduit une station de classe de qualité "très bonne" (17/20) en amont, tandis que l'on obtient une note correspondant à une classe de qualité "bonne" (15/20) en aval, ce qui atteste d'une

baisse de la qualité biologique du cours d'eau entre ces deux stations. Le groupe indicateur est supérieur en amont avec la présence du genre *Isoperla*, taxon très polluosensible. D'autre part, les macro-invertébrés ont du mal à se développer sur la station aval puisque l'on observe un nombre beaucoup plus faible d'individus sur cette station. La station enrésinée semble donc peu propice au développement des peuplements. Le coefficient d'aptitude biogène (Cb2), aussi plus faible en aval, confirme le caractère peu biogène de la station impactée par les résineux. En effet, l'indice Iv, traduisant la qualité de l'habitat, est faible en aval (Iv=6,6).

La note habitat, traduisant une station dégradée en aval, vient appuyer ces précédents résultats. Si les macro-invertébrés sont très sensibles à la qualité physico-chimique de l'eau, ils le sont également quant à la qualité de l'habitat (TROUILHE, 2006). Ainsi, des habitats moins diversifiés et plutôt homogènes, comme sur la station aval, sont moins propices au développement des macro-invertébrés.

Les régimes alimentaires ainsi que l'indice de diversité et l'indice d'équitabilité traduisent, quant à eux, un peuplement varié et bien structuré sur les deux stations. Ceci semble traduire une population bien installée et réfuter toute pollution ou phénomène stochastique récent. On observe cependant une population plus importante de *Chironomidae* sur la station amont. Cela peut s'expliquer par la présence de bovins, la différence de ripisylve ou encore la présence d'une prairie de fauche, qui enrichit le cours d'eau en matières organiques.

Ainsi, il existe une différence de qualité biologique considérable entre les deux stations. Nous pouvons jusqu'ici supposer que l'écart de nombre d'individus entre les deux stations est influencé par la morphologie du Saint-Pardoux, nettement dégradée en aval.

3. Analyse du transport solide

L'analyse du transport sédimentaire a mis en évidence l'importante quantité de sable charriée dans le Saint-Pardoux, lors de crues, dans le secteur impacté par les plantations de résineux. En effet, nous avons constaté, d'une part, une quantité de sédiments transportés plus forte en aval qu'en amont. D'autre part, les sédiments charriés en aval sont constitués presque uniquement de sable, tandis qu'en amont, on retrouve une plus grande quantité de litières et branchages. Par ailleurs, les sables transportés sont plus gros en aval qu'en amont. Ainsi, il existe un transport sédimentaire plus important en aval, lors de crue.

Nous pouvons donc supposer, au vu de l'ensemble des résultats précédents, que les résineux implantés sur les berges contribuent à l'apport de sable dans le cours d'eau. En effet, lors de crues, les berges d'origine sableuse et non soutenues par les résineux sont fortement érodées, le sable est alors déversé en grande quantité dans le cours d'eau. Il semblerait que les résineux aient bien des conséquences sur la fragilisation des berges au vu de la fraction la plus grossière (sable grossier et graviers) présente en pourcentage plus important sur la station aval (50% du poids des sédiments contre 9% sur la station

amont). Les deux stations se trouvant à des distances à la source relativement similaires, la cohésion des berges est donc plus faible sur la station enrésinée (Malavoi *et al*, 2010b). Une crue de faible importance a donc de plus grandes conséquences morphologique sur la station aval.

Cependant, la présence des résineux ne semble pas être le seul facteur lié à la forte quantité de sable dans le cours d'eau. En effet, on observe la présence sur le secteur de pistes forestières dégradées, implantées plus en amont de la station enrésinée, qui sont fortement creusées par l'écoulement de l'eau lors de fortes averses (cf. figure 17 p.29).



Figure 17 : cheminement de sable vers le ruisseau du Saint-Pardoux (gauche) provenant des pistes forestières dégradées en amont (droite). Date : 2.08.2016. Source : SIVOM d'Ambert.

Ainsi, l'ensemble de ces résultats interprétés ci-dessus sont similaires aux résultats des précédentes études réalisées sur la problématique de l'enrésinement en France (MORET, 1993; SCHNEIDER, 2007; FDPPMA 63, 2014). En effet, à travers ces études, il avait été mis en évidence l'impact important des conifères sur les berges en démontrant que ces arbres participaient à l'érosion du cours d'eau et à l'apport de sable dans le lit mineur.

CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude était de mettre en évidence l'impact des résineux sur le Saint-Pardoux via la mise en place de différents indicateurs, afin de mettre en évidence dans un second temps le gain écologique que l'on pourra obtenir à la suite de travaux de recul des résineux. Sur le ruisseau, deux stations dans des contextes différents ont été étudiées : la première, située en prairie avec une végétation de berges dominée par des essences de feuillus (en amont) ; la seconde, située en contexte forestier et ayant une ripisylve dominée par des essences d'Épicéas (en aval).

Ces deux stations, spatialement très proches, montrent d'une part une morphologie sensiblement différente. En effet, le lit large et très peu profond en présence de conifères est beaucoup moins large et plus profond en présence de feuillus. D'autre part, en présence de résineux, les berges sont hautes et érodées. Elles ne sont pas soutenues par les racines des arbres qui se développent en surface et non en profondeur comme chez les feuillus. Le caractère sableux du sol, lié à la géologie du territoire, accentue ce phénomène d'érosion des berges lors de crues.

Liée à l'érosion des berges, une quantité importante de sable se retrouve alors dans le cours d'eau. Sur la station enrésinée, on observe une banalisation des substrats qui sont alors moins attractifs pour les poissons et les écrevisses, tandis que le tronçon feuillu présente une plus forte diversité de substrats et une attractivité piscicole meilleure (selon les résultats des IAM). L'analyse du transport sédimentaire a pu mettre en évidence la quantité importante de sable dans le cours d'eau sur la station enrésinée.

Enfin, l'analyse des macro-invertébrés benthiques a montré une meilleure qualité biologique en amont qu'en aval. Bien que les peuplements soient semblables sur les deux stations, la quantité d'individus est largement plus faible en présence de conifères. De plus, l'indice d'habitabilité est beaucoup plus mauvaise sur la station enrésinée.

Ainsi, la présence des Épicéas en bordure immédiate de cours d'eau semble impacter de façon négative non seulement la morphologie, mais également la dynamique sédimentaire ainsi que la qualité biologique du Saint-Pardoux. Il est à noter cependant que la présence des résineux n'est pas le seul facteur participant à cette dégradation. En effet, la présence des pistes forestières et leur implication dans l'apport de sable devront être étudiées de manière approfondie.

Parmi les indicateurs choisis lors de cette étude, le rapport largeur/profondeur semble être l'indice le plus pertinent. Sur notre secteur, ces deux paramètres sont liés aux autres : la stabilité des berges influence la largeur, et inversement. Cela influence donc l'apport de sable dans le cours d'eau.

Le rapport largeur/profondeur est un indicateur facile à mettre en place non seulement par les techniciens de rivières, mais aussi par les propriétaires des plantations. Il peut être appliqué en routine afin d'obtenir les premiers éléments de qualité des stations enrésinées. L'analyse des macro-

invertébrés, quant à elle, reste relativement lourde et technique à mettre en œuvre au regard des moyens nécessaires. L'indice CARHYCE, l'IAM et les pièges à sédiments constituent de bons éléments intermédiaires pour mettre en évidence l'impact des résineux.

Pour compléter cette étude, il serait intéressant d'étudier de manière approfondie les peuplements de macro-invertébrés à l'aide du protocole MAG20 (TELEOS, 2000). Les populations piscicoles peuvent être étudiées par inventaire, ce qui confirmerait les résultats des IAM. Les variations spatiales et temporelles de température de l'eau sont également des indices qu'il semble intéressant d'étudier. Enfin, il serait judicieux de mettre en place ces mêmes indicateurs sur d'autres cours d'eau, afin de confirmer les résultats obtenus lors de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR 2010. Qualité de l'eau - Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau. XP T90-388.

AFNOR. 2009. Qualité de l'eau - Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes. Norme XP T90-333.

BOYER, M. 2003. L'entretien des boisements de berge : de nouveaux enjeux, de nouvelles stratégies. Forêt méditerranéenne. t. XXIV, n°3. 334 p.

CHALLET, E. 2013. Diagnostic hydromorphologique et physique du Saint-Pardoux, de la Volpie, de la Dore amont et propositions d'actions. Mémoire IMACOF, Univ. François Rabelais (Tours), Parc Naturel Régional Livradois-Forez. 96 p.

CHANDESRIS, A., MALAVOI, J-R., SOUCHON, Y., WASSON, J-G., MENGIN, N., 2007. Le système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (SYRAH-CE) : un outil multi-échelles d'aide à la décision pour la gestion des cours d'eau. *Ingénieries*. 50, 77-80.

CPIE VAL DE GARTEMPE, 2014. Ripisylve : retour d'expériences sur la gestion des boisements de bord de berge. Gazette Rivières n°34, Animation TMR, 5 p.

DEGIORGI F., MORILLAS N. et GRANDMOTTET J.P. 2002. Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat à l'échelle de la station de: l'IAM. Synthèse. 7p.

DUFOUR S., H. PIEGAY, 2004. Guide de gestion des forêts riveraines de cours d'eau. ONF, Agence RMC, CNRS, Université Lyon 3, 132 p.

FEDERATION DEPARTEMENTALE POUR LA PECHE ET LA PROTECTION DES MILIEUX AQUATIQUES (FDPPMA 63), 2014. Elaboration d'un ou plusieurs indicateurs pour qualifier la gestion des berges et la qualité biologique des cours d'eau en milieu forestier. Rapport final, 60 p.

MALAVOI, J-R., SOUCHON, Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366, 357-372.

MALAVOI, J-R., SOUCHON, Y., 2010a. Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal. Volets hydromorphologie - hydroécologie. Rapport Pôle Hydroécologie des cours d'eau. Onema-Cemagref Lyon. MAEP-LHQ, 95 p.

MALAVOI, J. R., BRAVARD, J. P., 2010b. Eléments d'hydromorphologie fluviale. Coll. Comprendre pour agir. Onema, 224 p.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2015a. Article L126-1 modifié par ordonnance n°2015-1174 du 23 septembre 2015 - Art.9. Code rural et de la pêche maritime.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2015b. Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. JORF n.0198 du 28 août 2015 page 15032; texte n°4.

MONDY C., USSEGLIO-POLATERA, P., 2011. Développement et optimisation de l'indice invertébrés multimétrique (I2M2) pour les cours d'eau. Rapport technique Université de Lorraine, 129 p.

MORET L.-D. 1993. Influence de l'épicéa commun sur la morphologie et la biocénose des cours d'eau vosgiens. CSP –DDAF 88. 6 p.

MOYEN, J-F. 2011. Il ne faut pas confondre granite et granite. [En ligne]. Laboratoire de Transferts Lithosphériques, Univ. Jean Monnet, Saint-Etienne. Disponible sur : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/granite-granitoide.xml> (Consulté le 17/07/2016).

OFFICE NATIONAL DES FORETS (ONF). 2009. Préconisations techniques pour l'exploitation et la conversion des peuplements forestiers allochtones en bordures des ruisseaux. Action A6-2005-2-10. Programme LIFE04NAT/FR/000082. Besançon. 21 p.

ONEMA, 2015. CARHYCE : CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau – Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur des cours d'eau prospectables à pied. Document technique, version 3.0.

OSUR, 2016. Base de données de bassin - système d'information sur l'eau Loire-Bretagne.[En ligne]. Disponible sur : <http://osur.eau-loire-bretagne.fr/exportosur/action/Geographie> (consulté le 2/08/2016).

PARC NATUREL REGIONAL DE MILLEVACHES EN LIMOUSIN (PNRML), 2012. Forêt et eau, une association naturelle. Carnet technique, 16 p.

SCHNEIDER, J.-B. 2007. Plaidoyer pour une restauration des cordons rivulaires naturels des ruisseaux et ruisselets forestiers. Forêt Wallonne 86: 43-57.

SOUCHON, Y. 2012. Restaurations des cours d'eau : que nous apprennent les suivis écologiques documentés ?. Rapport de synthèse final. Thème Restauration - Action 09. Irstea. Onema. 92 p.

SYNDICAT INTERCOMMUNAL A VOCATIONS MULTIPLES d'Ambert (SIVOM d'Ambert). 2015. Contrat territorial Dora amont. 37 p.

TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX P., 1991, Lyon, Introduction à l'étude des macro-invertébrés des eaux douces. Ed : Université Lyon 1 et Association Française de Limnologie, 151p.

TELEOS, DECOURCIERE H., DEGIORGI F., 2000. Note technique interne. Protocole d'analyse semi-quantitative des communautés benthiques. MAG 20.

THOMAS, P. 2010. Les migmatites, témoins de la fusion partielles de la croûte continentale. [En ligne]. Laboratoire de Sciences de la Terre, ENS de Lyon. Disponible sur :<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/Img324-2010-09-13.xml> (Consulté le 17/07/2016).

TROUILHE, M.-C. 2006. Etude biotique et abiotique de l'habitat préférentiel de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) dans l'ouest de la France. Implications pour sa gestion et sa conservation. Ecologie, Environnement. Université de Poitiers. Français. 262 p.

VERNEAUX J., 1982. Expression biologique, qualitative et pratique de l'aptitude biogène des cours d'eau au développement de la faune benthique, un coefficient d'aptitude biogène : le Cb2. Note interne, 20 p.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du territoire du SIVOM d'Ambert.....	2
Figure 2 : Territoire du Contrat Territorial Dore Amont. Source : SIVOM d'Ambert.....	4
Figure 3 : Impacts des résineux en bord de berge : exemple du ruisseau de Jailloux (Puy-de-dôme). Source : SIVOM d'Ambert.....	7
Figure 4 : Localisation du bassin versant du Saint-Pardoux au sein du CTDA	9
Figure 5 : Positionnement des sites d'étude sur le Saint-Pardoux	12
Figure 6 : Le Saint-Pardoux aval (gauche) et le Saint-Pardoux amont (droite). Source : SIVOM d'Ambert.	12
Figure 7 : Les pièges à sédiments lors de leur mise en place (gauche) puis après une crue (droite). Source : SIVOM d'Ambert.	16
Figure 8 : Comparaison amont/aval des largeurs et profondeurs du lit du Saint-Pardoux.	18
Figure 9 : Comparaison des rapports largeurs/profondeurs sur les stations amont et aval du Saint- Pardoux.....	18
Figure 10 : Comparaison des différents faciès d'écoulement entre la station amont et aval du Saint- Pardoux.....	19
Figure 11 : Etat de la ripisylve du Saint-Pardoux : à gauche, la station aval dominée par les conifères, à droite la station amont dominée par les feuillus. Source : SIVOM d'Ambert.	20
Figure 12 : Etat des berges du Saint-Pardoux : à gauche, berges érodées et hautes (station aval), à droite, berges basses et stables (station amont). Source : SIVOM d'Ambert.	21
Figure 13 : Comparaison des différents substrats présents sur la station amont et aval selon le protocole IAM.	22
Figure 14 : Structure des guildes trophiques des prélèvements IBG-DCE sur les stations du Saint- Pardoux en 2016.	24
Figure 15 : Comparaison des classes de tailles sédimentaires entre la station amont et la station aval du Saint-Pardoux.	25
Figure 16 : Structures sédimentaires sur les stations amont et aval du Saint-Pardoux.....	26
Figure 17 : cheminement de sable vers le ruisseau du Saint-Pardoux (gauche) provenant des pistes forestières dégradées en amont (droite). Date : 2.08.2016. Source : SIVOM d'Ambert.	29

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Indices biologiques mesurés de 2010 à 2015 sur le Saint-Pardoux (source : OSUR, 2016).	10
Tableau 2 : Etat écologique de la masse d'eau du Saint-Pardoux.....	10
Tableau 3 : Principales caractéristiques des stations d'étude du Saint-Pardoux.....	11
Tableau 4 : Indices calculés sur la station amont et aval du Saint-Pardoux selon l'IAM.	21
Tableau 5 : Résultats de l'IBG-DCE sur les stations amont et aval du Saint-Pardoux en 2016.	23
Tableau 6 : Indices complémentaires calculés d'après l'IBG-DCE sur les stations amont et aval en 2016.	23

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
I. ETAT DES LIEUX	2
1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	2
a. Le Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples (SIVOM) d'Ambert	2
b. Le Contrat territorial du bassin versant de la Dore Amont (CTDA)	3
2. CONTEXTE DE L'ETUDE	5
a. Caractéristiques du bassin versant de la Dore	5
b. Aspects réglementaires.....	5
c. La problématique de l'enrésinement	6
3. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE : LE BASSIN VERSANT DU SAINT PARDOUX.....	7
a. Le Saint Pardoux au sein du CTDA.....	7
b. Hydromorphologie	8
c. Occupation du sol.....	8
d. Géologie.....	8
e. Qualité de l'eau	10
II. MATERIELS ET METHODES.....	11
1. CHOIX ET LOCALISATION DES STATIONS.....	11
2. CHOIX DES INDICATEURS DE SUIVI	13
a. SYRAH-CE	13
b. CARHYCE.....	13
c. IAM.....	13
d. IBG-DCE.....	14
e. Pièges à sédiments.....	16
3. CONDITIONS D'ECHANTILLONNAGE	16
4. LIMITES DE LA METHODE.....	17
a. Variations liées aux protocoles.....	17
b. Conséquences des conditions météorologiques, matérielles et temporelles	17
III. RESULTATS.....	18
1. HYDROMORPHOLOGIE DU SAINT-PARDOUX.....	18
a. CARHYCE.....	18
e. IAM.....	21
2. SUIVI DES PEUPELEMENTS DES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES	23
a. Principales données issues des listes faunistiques.....	23
b. Indices complémentaires.....	23
c. Guildes trophiques	24
3. TRANSPORT SEDIMENTAIRE	25
IV. DISCUSSIONS.....	26
1. ETAT DE LA MORPHOLOGIE DU SAINT-PARDOUX	26
a. D'après le protocole CARHYCE	26
b. D'après l'Indice d'Attractivité Morphologique.....	27
2. ETAT DES PEUPELEMENTS DE MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES	27
3. ANALYSE DU TRANSPORT SOLIDE	28
CONCLUSION.....	30
BIBLIOGRAPHIE	32
TABLE DES FIGURES.....	35
TABLE DES TABLEAUX	36
TABLE DES MATIERES	37

ANNEXES

**Etude biologique préalable aux travaux du contrat
territorial Dore amont**

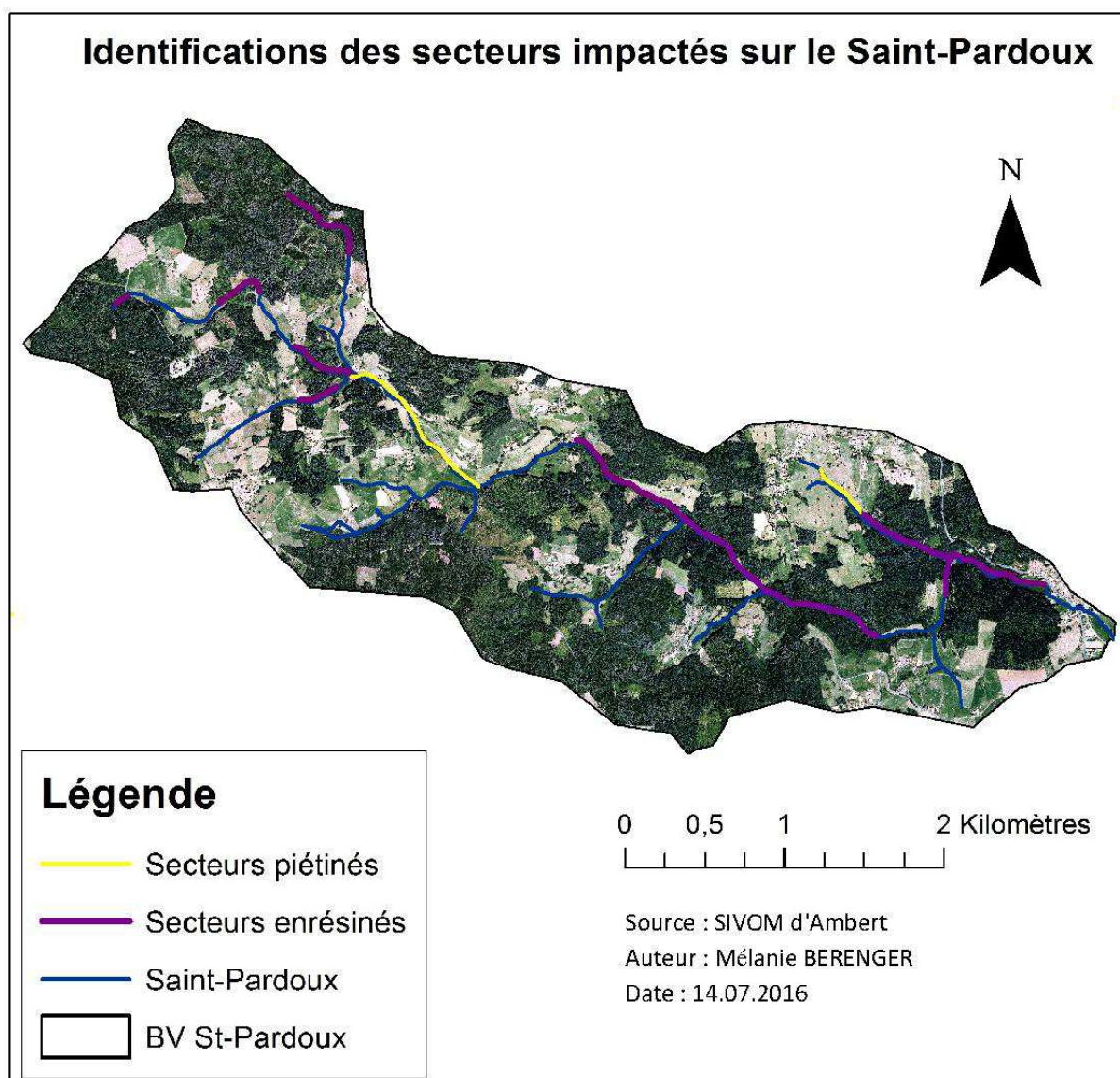
-

*Définition et mise en œuvre
d'indicateurs de suivi de travaux de recul de résineux*

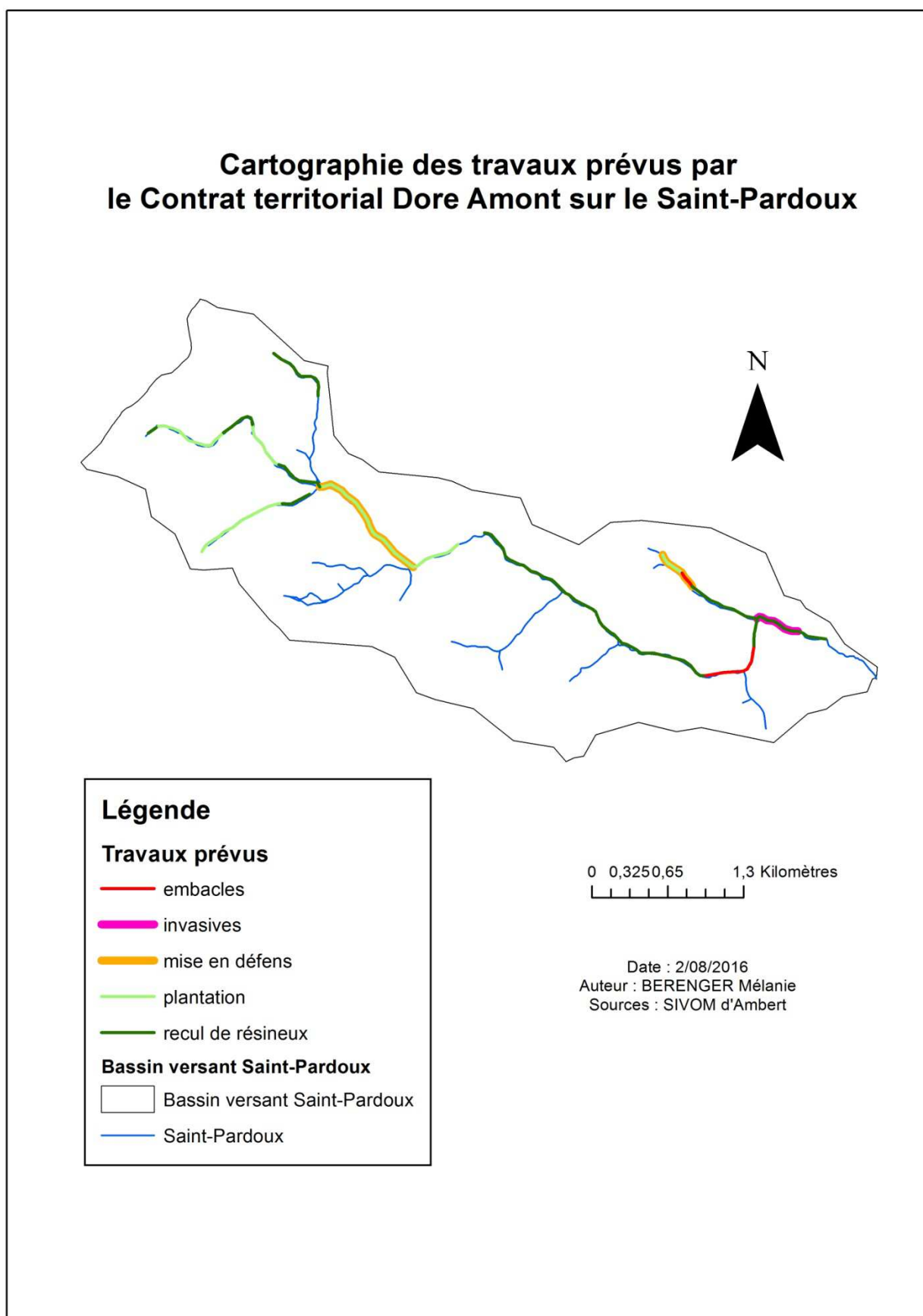


BERENGER Mélanie

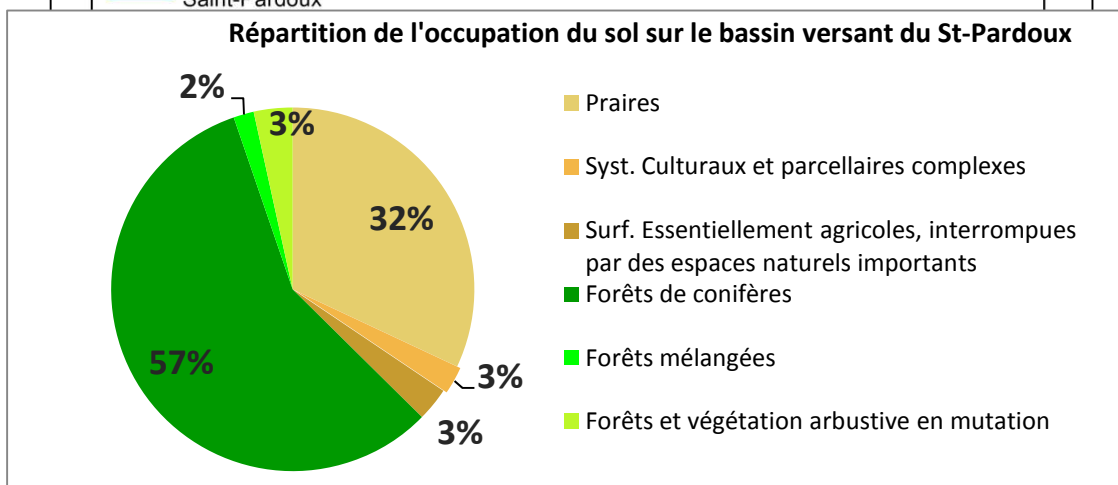
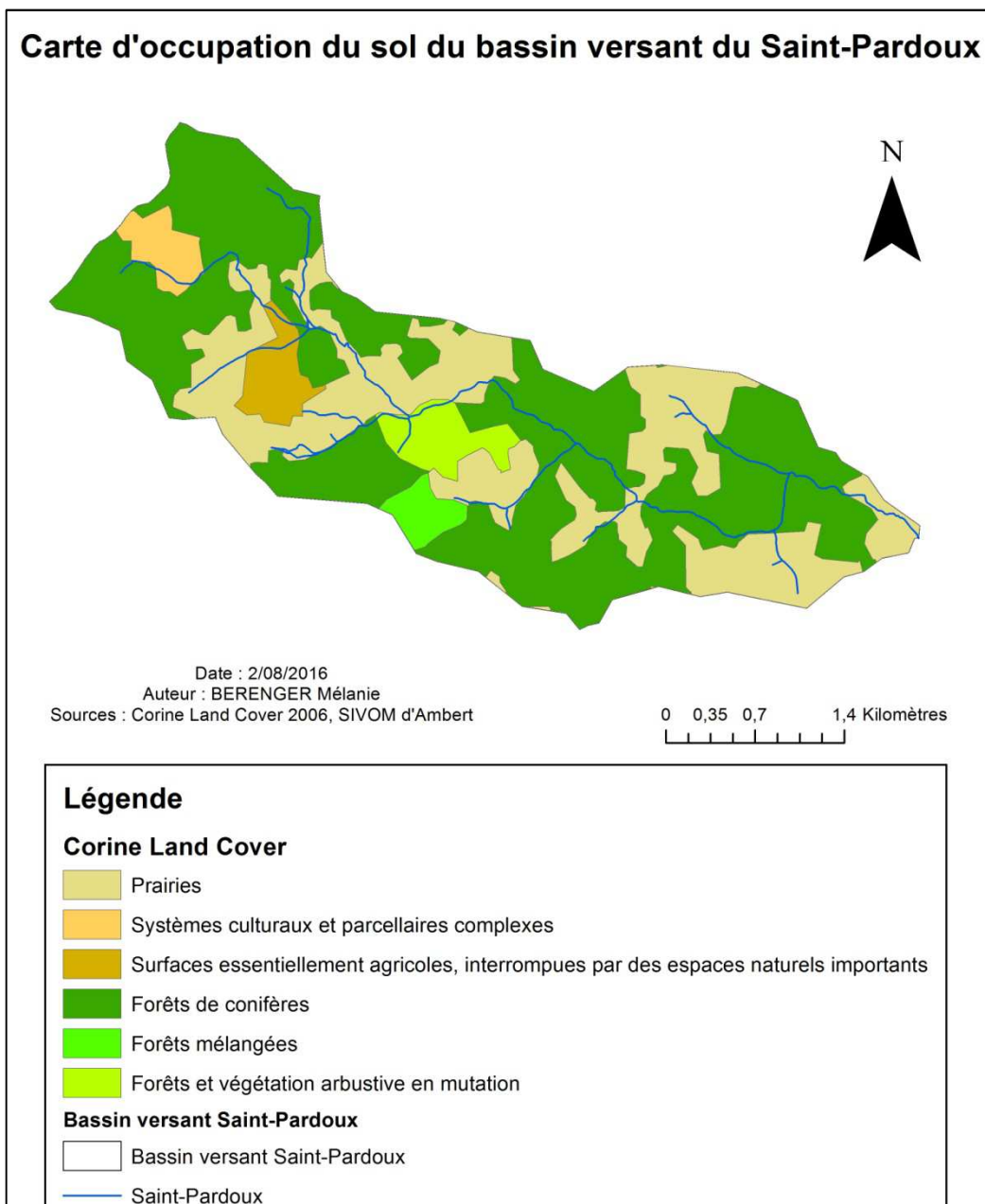
Annexe 1 : Cartographie des secteurs impactés du Saint-Pardoux.



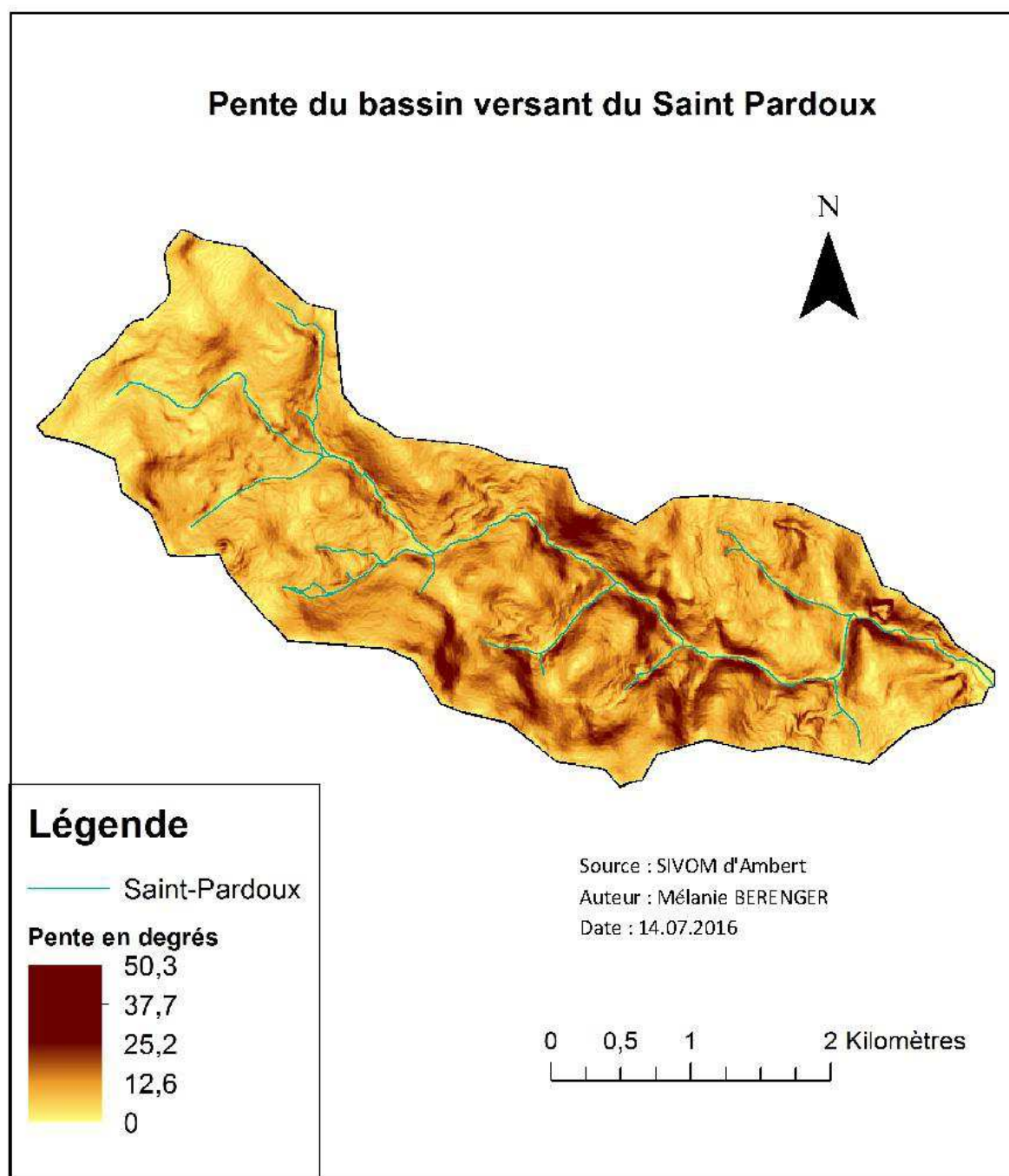
Annexe 2 : Carte des travaux prévus par le Contrat territorial Dore Amont sur le Saint-Pardoux.



Annexe 3 : Cartographie de l'occupation du sol sur le bassin versant du Saint-Pardoux.

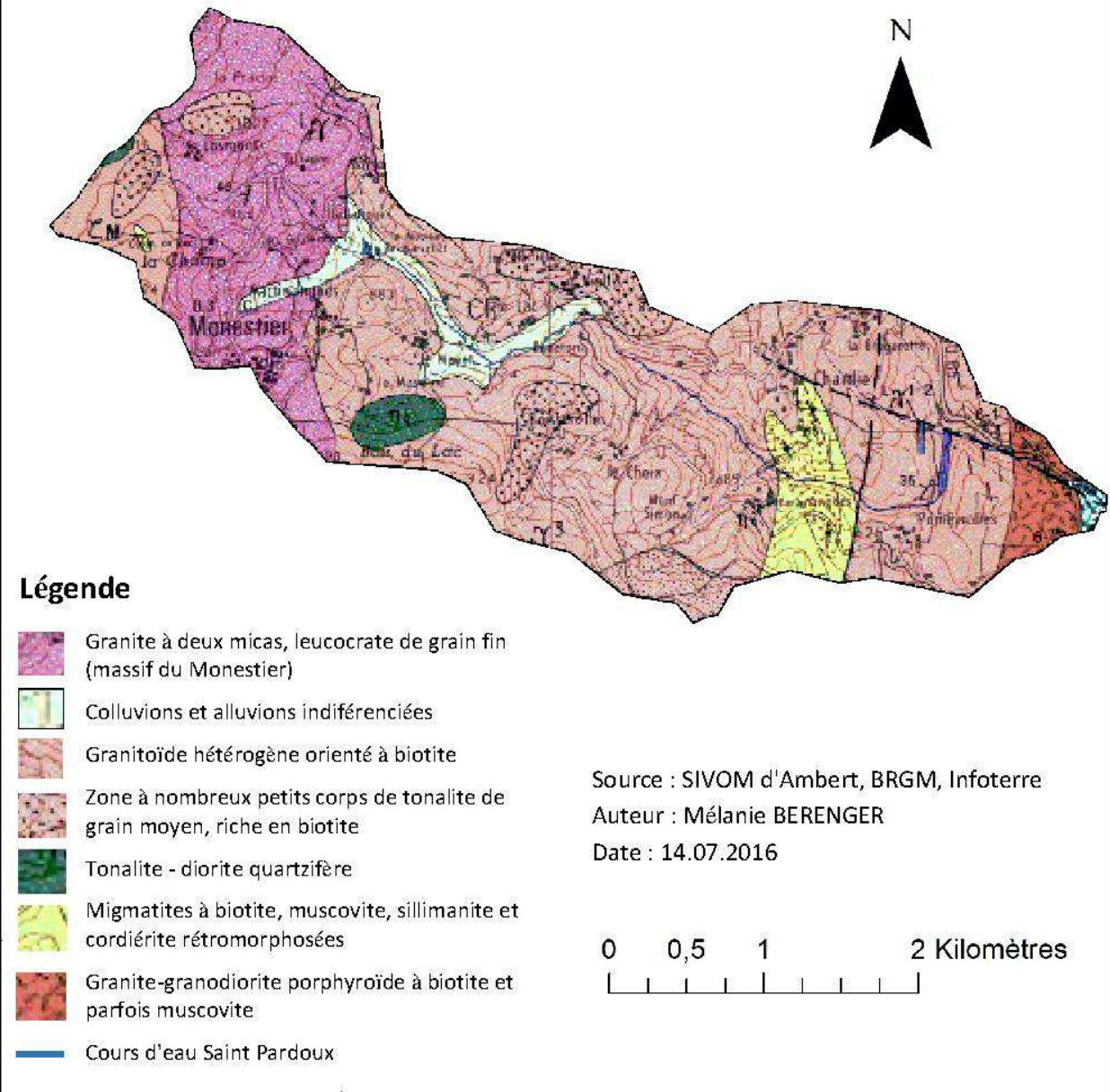


Annexe 4 : Carte des pentes du bassin versant du Saint-Pardoux.



Annexe 5 : Carte géologique du bassin versant du Saint-Pardoux.

carte géologique du bassin versant du Saint Pardoux



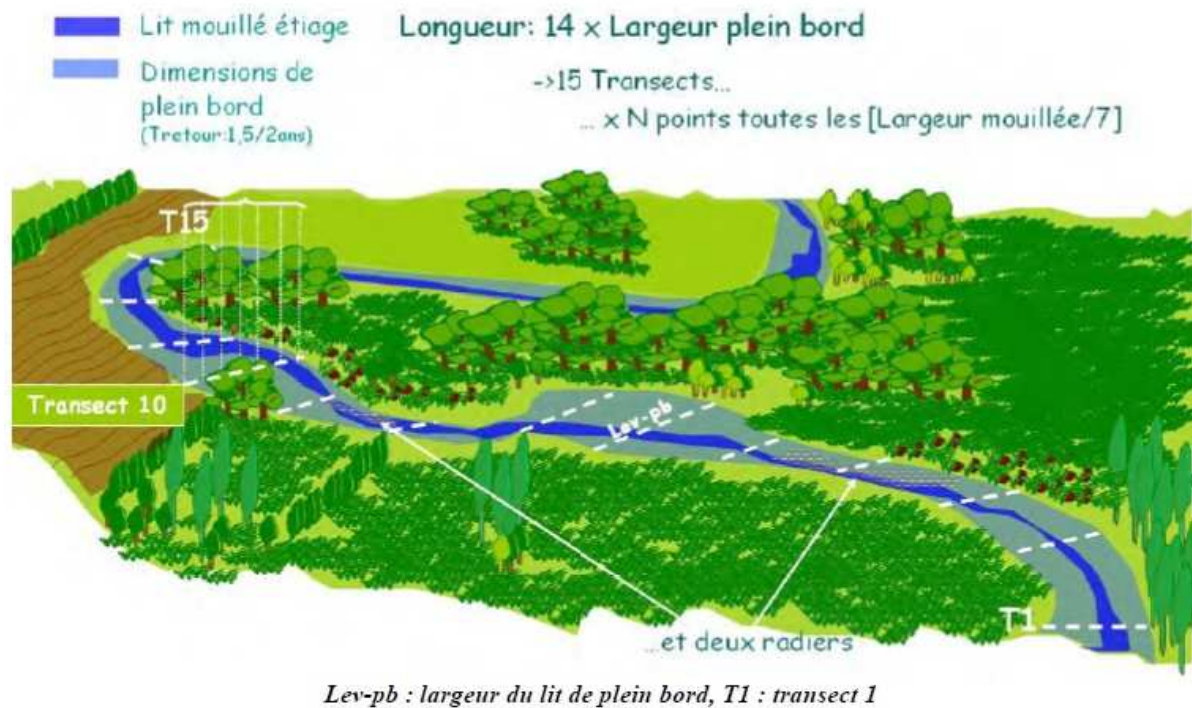
Annexe 6 : Tableaux de données physico-chimiques sur la station RCO du Saint-Pardoux.

DCE (Arrêté du 25/01/2010)	2010	2011	Qualité 2011	2012	Qualité 2012	2013	Qualité 2013	2014	Qualité 2014
Bilan de l'oxygène									
1311 Concentration en oxygène dissous									
1312 Taux de saturation en oxygène dissous									
1313 DBO5 à 20°C									
1841 Carbone Organique Dissous									
Température									
1301 Température de l'eau									
Nutriments									
1335 Ammonium									
1339 Nitrites									
1340 Nitrates									
1350 Phosphore total									
1433 Orthophosphates									
Acidification									
1302 pH									
Salinité									
1303 Conductivité à 25°C									
1337 Cl									

Seq Eau V2	2010	2011	Qualité 2011	2012	Qualité 2012	2013	Qualité 2013	2014	Qualité 2014
1-MOXX - Matières Organiques et Oxydables									
1311 Concentration en oxygène dissous									
1312 Taux de saturation en oxygène dissous									
1313 DBO5 à 20°C									
1314 DCO									
1841 Carbone Organique Dissous									
1335 Ammonium									
1319 Azote Kjeldahl									
2-AZOT-Matières Azotees Hors Nitrates									
1335 Ammonium									
1339 Nitrites									
1319 Azote Kjeldahl									
3-NITR-Nitrates									
1340 Nitrates									
4-PHOS-Matières Phosphorees									
1350 Phosphore total									
1433 Orthophosphates									
6-PAES-Particules en Suspension									
1295 Turbidité									
1305 Matières en suspension									
7-TEMP-Temperature									
1301 Température de l'eau									
8-ACID-Acidification									
1302 pH									
9-MINE-Minéralisation									
1303 Conductivité à 25°C									

Annexe 7 : Protocole CARHYCE mis en place sur le Saint-Pardoux. Source : Onema, 2015.

Pour chaque station, un tronçon homogène a été déterminé d'une longueur de quatorze fois la largeur moyenne du lit de plein bord, de manière à étudier théoriquement deux successions de type radier/mouille/plat. Sur ces stations, une 15aine de transects ont été réalisés de la façon suivante :



En premier lieu, la géométrie moyenne du lit du cours d'eau (largeur mouillée moyenne, largeur plein bord moyenne, profondeur moyenne...) a été mesurée à l'aide de décamètres et d'une mire. Ensuite, nous avons découpé chaque transects de façon à obtenir 7 à 8 points, sur lesquels nous avons évalué : la profondeur, le substrat minéral, le substrat secondaire, la vitesse d'écoulement. Nous avons ensuite définis le faciès d'écoulement, puis nous avons analysé la ripisylve et l'état des berges (type, épaisseur, matériaux ...) pour chaque transect. Toutes ces mesures ont été transcrites sur une fiche type fournie par l'Onema.

Annexe 8 : Fiche terrain utilisée pour le protocole CARHYCE. Source : Onema, 2015.

Version 3.0 2015

Calcul pente Tournez SVP



CARHYCE - COURS D'EAU PROSPECTABLES A PIED

RENSEIGNEMENTS GENERAUX

Nom station

Coordonnées amont : X Y

Coordonnées aval : X Y

Opérateurs :

Météo : Date



RENSEIGNEMENTS STATION

Evaluation de la largeur de plein bord

lev1

lev2

lev3

lev-pb (m)

Longueur de la station (14 x lev-pb)

L (m)

Pente

J (‰)

Evaluation de la largeur mouillée

lm-ev1

lm-ev1

lm-ev1

lm-ev (m)

Distance inter point (1/7 x lm-ev)

d (m)

Débit

D (m³/s)

CONTINUITE RIPISYLVE

		G	D
Absence		☐	☐
Isolée		☐	☐
Espacée- régulière		☐	☐
Bosquets éparses		☐	☐
Semi-continue		☐	☐
Continue		☐	☐

GRANULOMETRIE RADIER

diamètre perpendiculaire au plus grand axe (= plus grande largeur en mm)

1		11		21		31		41		51		61		71		81		91	
2		12		22		32		42		52		62		72		82		92	
3		13		23		33		43		53		63		73		83		93	
4		14		24		34		44		54		64		74		84		94	
5		15		25		35		45		55		65		75		85		95	
6		16		26		36		46		56		66		76		86		96	
7		17		27		37		47		57		67		77		87		97	
8		18		28		38		48		58		68		78		88		98	
9		19		29		39		49		59		69		79		89		99	
10		20		30		40		50		60		70		80		90		100	

Station

d inter points (m)

d inter transects (m) (lpb ev)

Version 3.0 2015

Transect N°...	RG	RD	lpb (m).....			lm (m).....			Hpb (m).....						
CARACTERISTIQUES DU LIT	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Profondeur (cm)															
Substrat minéral															
Substrat(s) additionnel(s)															
Facès simplifiés	Mouille					Plat lentique		Plat courant		Radier/Rapide					
Facès affinés	Chenal lentique	Fosse de dissipation	Mouille de concavité	Fosse d'affouillement	Chenal lotique	Plat lentique		Plat courant		Radier	Rapide	Cascade	Chute		

RG				
COR. RIVULAIRE ET RIPISYLVE				
Type	Nat	Exo	Plan	Abs.
Epaisseur	Rid	5-10	10-25	>25
Strate(s) présente(s)	Arbo	Arbus	Herb	
Strate dominante	Arbo	Arbus	Herb	

BERGES					
Matériaux	MN	AV	ER	MA	
Habitats caractéristiques	SB	CR	VS	DL	BR

RD				
COR. RIVULAIRE ET RIPISYLVE				
Type	Nat	Exo	Plan	Abs.
Epaisseur	Rid	5-10	10-25	>25
Strate(s) présente(s)	Arbo	Arbus	Herb	
Strate dominante	Arbo	Arbus	Herb	

BERGES					
Matériaux	MN	AV	ER	MA	
Habitats caractéristiques	SB	CR	VS	DL	BR

Remarques				



Transect N°...	RG	RD	lpb (m).....			lm (m).....			Hpb (m).....						
CARACTERISTIQUES DU LIT	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Profondeur (cm)															
Substrat minéral															
Substrat(s) additionnel(s)															
Facès simplifiés	Mouille					Plat lentique		Plat courant		Radier/Rapide					
Facès affinés	Chenal lentique	Fosse de dissipation	Mouille de concavité	Fosse d'affouillement	Chenal lotique	Plat lentique		Plat courant		Radier	Rapide	Cascade	Chute		

RG				
COR. RIVULAIRE ET RIPISYLVE				
Type	Nat	Exo	Plan	Abs.
Epaisseur	Rid	5-10	10-25	>25
Strate(s) présente(s)	Arbo	Arbus	Herb	
Strate dominante	Arbo	Arbus	Herb	

BERGES					
Matériaux	MN	AV	ER	MA	
Habitats caractéristiques	SB	CR	VS	DL	BR

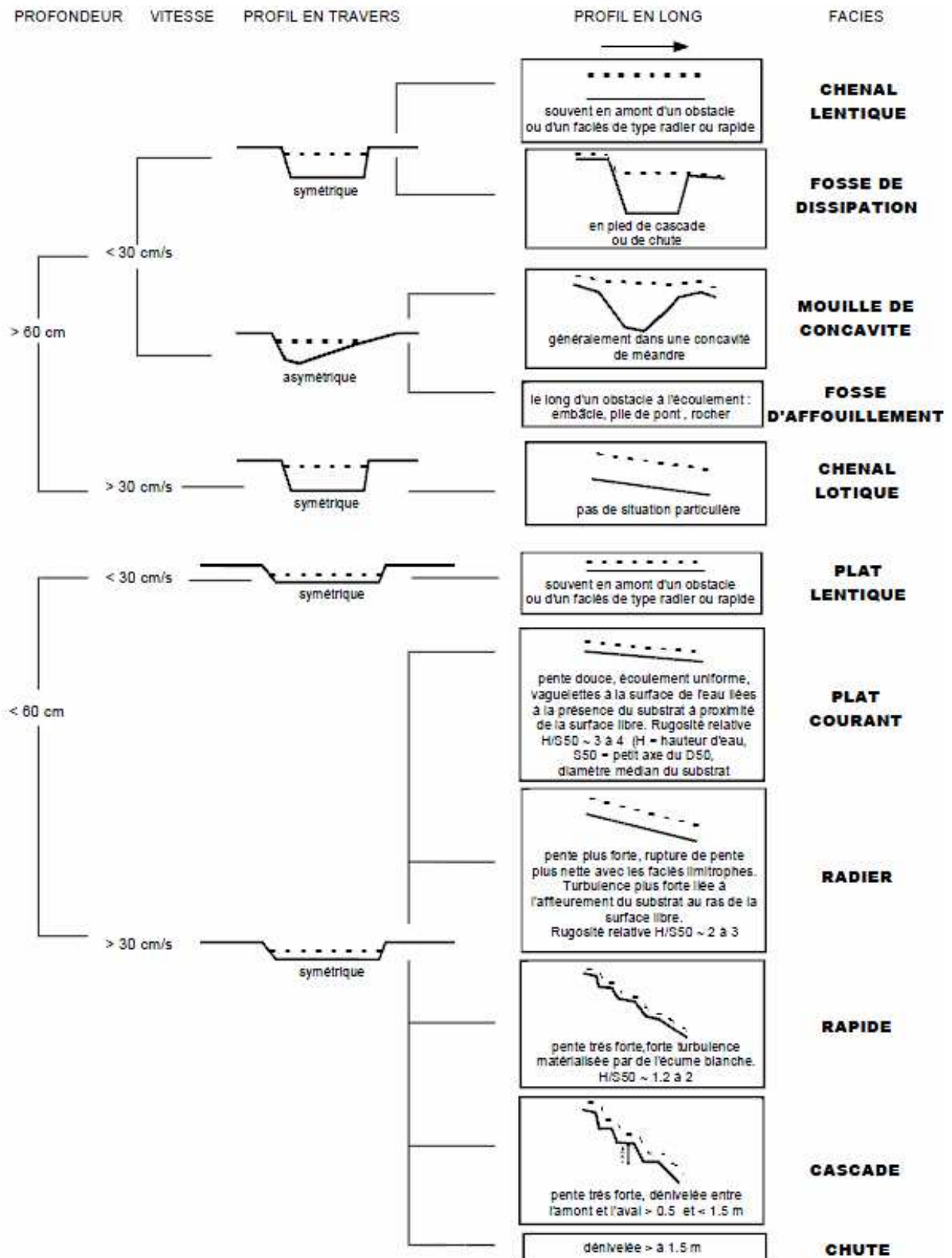
RD				
COR. RIVULAIRE ET RIPISYLVE				
Type	Nat	Exo	Plan	Abs.
Epaisseur	Rid	5-10	10-25	>25
Strate(s) présente(s)	Arbo	Arbus	Herb	
Strate dominante	Arbo	Arbus	Herb	

BERGES					
Matériaux	MN	AV	ER	MA	
Habitats caractéristiques	SB	CR	VS	DL	BR

Remarques				



Annexe 9 : Typologie des faciès d'écoulement. Source : Malavoi et Souchon, 2002.



Annexe 10 : Protocole IAM. Source : TELEOS, 2002.

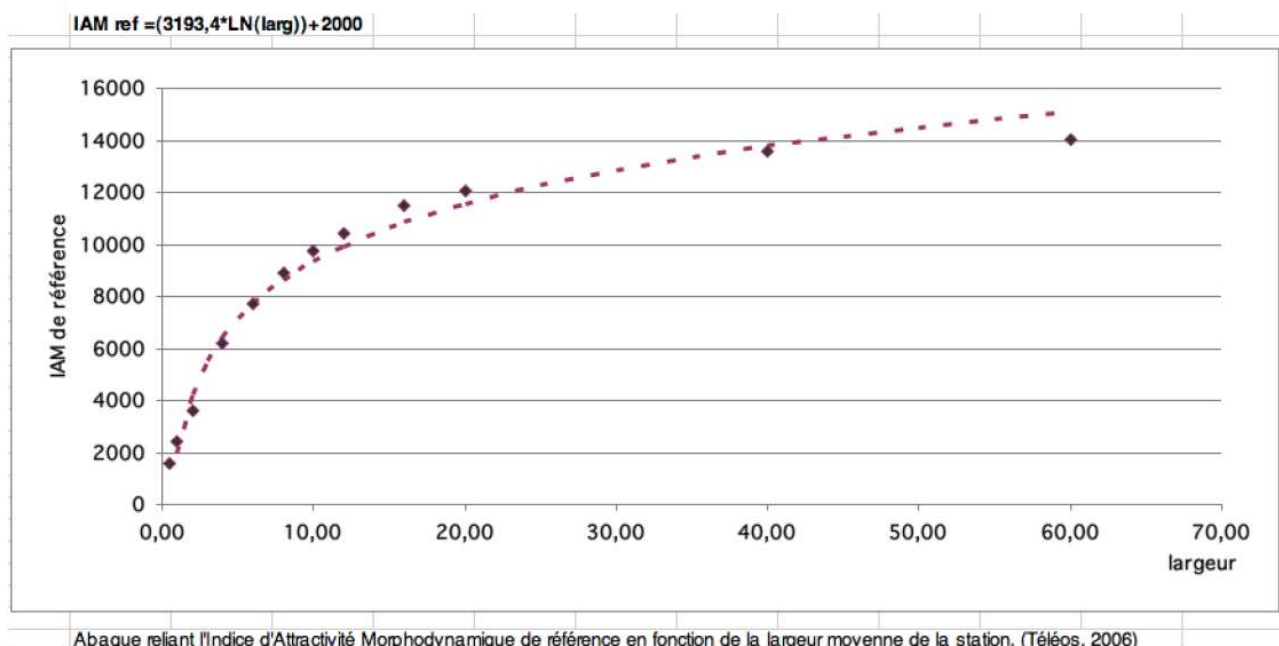
L'IAM (Indice d'Attractivité Morphodynamique) sanctionne la variété des classes de hauteurs d'eau, de vitesses et de substrats/supports ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour l'ichtyofaune.

$$IAM = [\sum^n S_i \times \text{Attract. (subs.)}] \times \text{Var (subs.)} \times \text{Var (h.e.)} \times \text{Var (v.)}$$

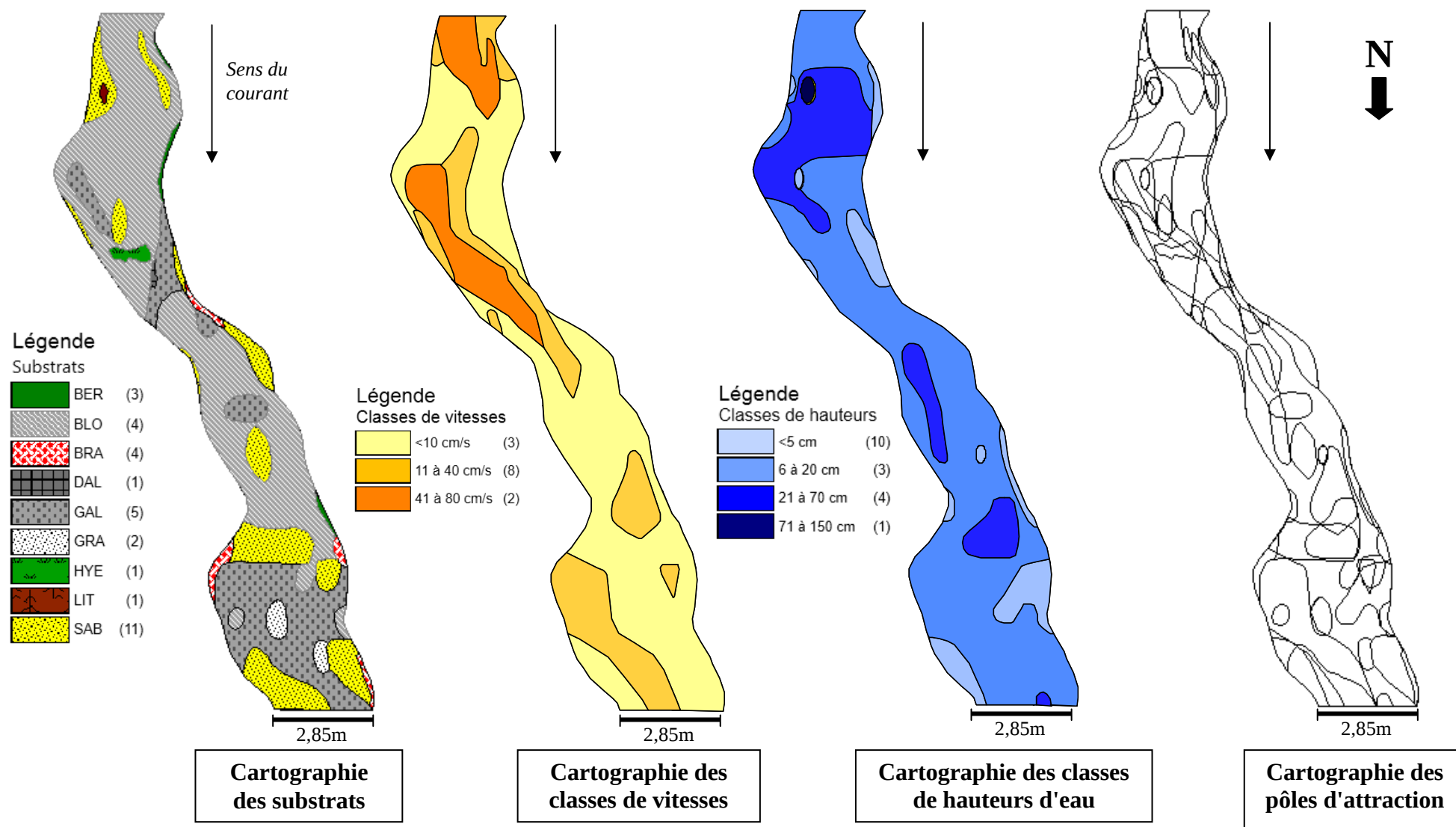
où :
v. : vitesses
h.e : hauteurs d'eau
subs. : substrats/supports
Attract. : attractivité des substrats supports :

Code	Substrat	Attractivité
BRA	branchages, grosses racines immergés	100
BER	sous-berges	90
HYI	hydrophytes immergés	80
AFF	sources, résurgences, affluents	70
BLO	blocs avec caches	60
GAL	galets	50
HEL	hélophytes	40
CHV	chevelus racinaires, végétations rases	40
BLO	blocs sans anfractuosités	30
GGR	galets et graviers mélangés	25
GRA	graviers	20
GLS	galets pavés (sans anfractuosité)	10
LIT	litières organiques	10
SAB	sables	8
FIN	éléments fins, limons, vases	4
DAL	dalles, surfaces indurées (sans cache)	1

Figure : Hiérarchisation de l'attractivité des différents substrats



Annexe 11 : Cartographies IAM de la station amont du Saint-Pardoux.



Annexe 12 : Tableau des résultats des calculs pour l'IAM sur la station amont du Saint-Pardoux.

Substrats	m²	%	Si	Attractivité IAM	Si*attract	Attractivité ISCA	Si*attract ISCA
BER	0,7621084	0,8044	0,0080	90	0,7240	100	0,8044
BLO	48,6392629	51,3379	0,5134	60	30,8027	70	35,9365
BRA	1,83856815	1,9406	0,0194	100	1,9406	100	1,9406
DAL	0,145167	0,1532	0,0015	1	0,0015	1	0,0015
GAL	22,3428801	23,5825	0,2358	50	11,7913	80	18,8660
GRA	1,473537	1,5553	0,0156	20	0,3111	20	0,3111
HYE	0,709717	0,7491	0,0075	80	0,5993	70	0,5244
LIT	0,1497538	0,1581	0,0016	10	0,0158	60	0,0948
SAB	18,6824011	19,7189	0,1972	8	1,5775	30	5,9157

Somme	94,7434	100	1,0000		47,764		64,3950
--------------	----------------	------------	---------------	--	---------------	--	----------------

Nb substrats
différents : 8
 Nb classes hauteurs : 4
 Nb classes vitesses : 3

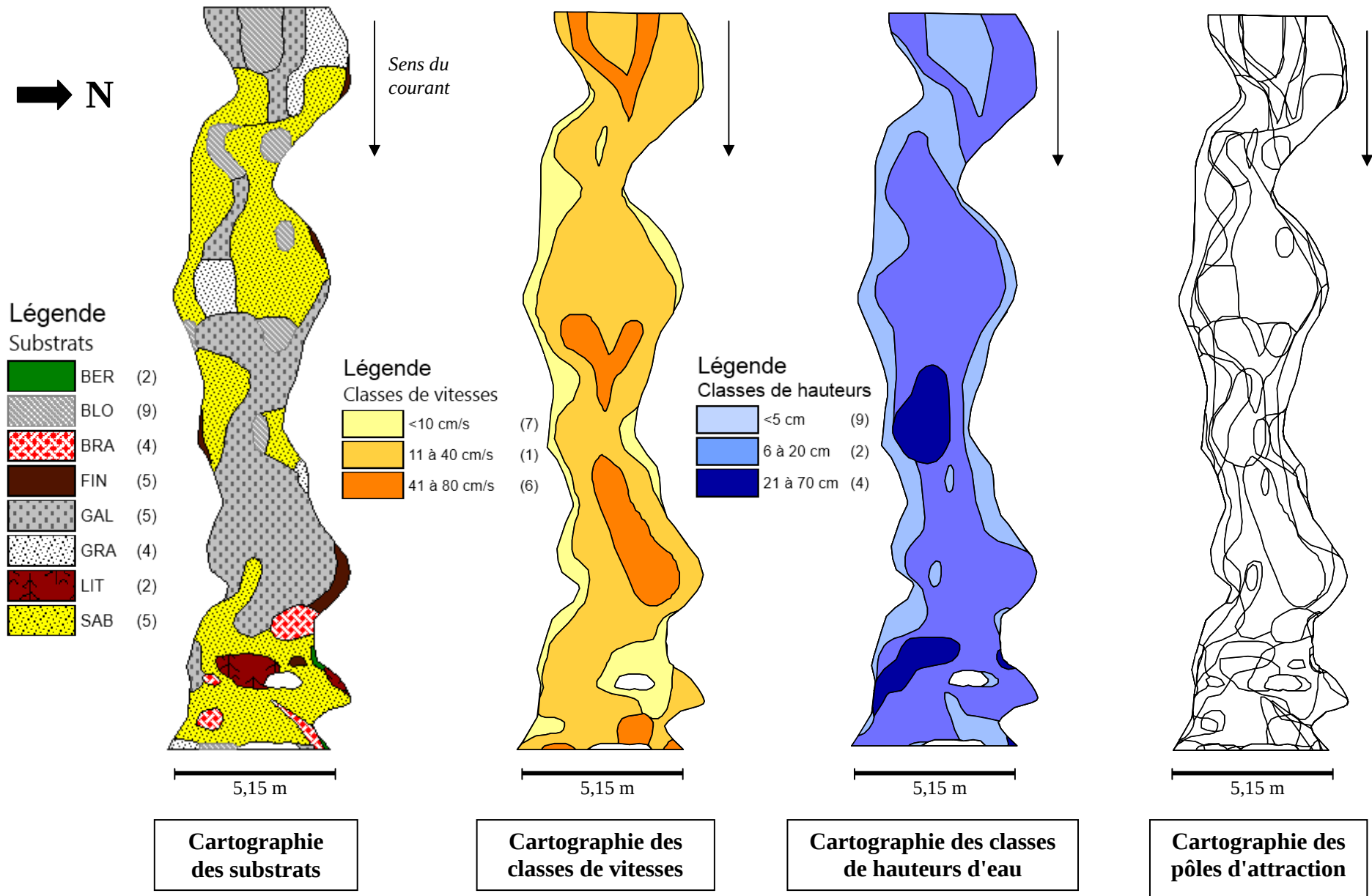
Indice d'Attractivité Morphodynamique	4585		
Indice d'Attractivité Morphodynamique de référence	4796	95,6	%
Indice Spécifique de Capacité Astacicole	6182		

L'ISCA (Indice Spécifique de Capacité Astacicole) sanctionne la variété des classes de hauteurs d'eau, de vitesses et de substrats/supports ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour les écrevisses.

Hauteurs		m²	%
Classe 1	< 5cm	9,99	10,55
Classe 2	6 à 20	64,49	68,08
Classe 3	21 à 70	19,80	20,90
Classe 4	71 à 150	0,45	0,48
Classe 5	>151 cm	0,00	0,00
Somme		94,74	100,00

Vitesses		m²	%
Classe 1	<10 cm/s	57,10	60,27
Classe 2	11 à 40	24,08	25,42
Classe 3	41 à 80	13,56	14,31
Classe 4	81 à 150	0	0,00
Classe 5	>151 cm/s	0	0,00
Somme		94,74	100,00

Annexe 13 : Cartographies IAM de la station aval du Saint-Pardoux



Annexe 14 : Tableau des résultats des calculs pour l'IAM sur la station aval du Saint-Pardoux

Substrats	m²	%	Si	Attractivité IAM	Si*attract	Attractivité ISCA	Si*attract ISCA
BER	0,2993	0,1762	0,0018	80	0,1409	100	0,1762
BLO	15,2324	8,9660	0,0897	30	2,6898	70	6,2762
BRA	2,1052	1,2391	0,0124	100	1,2391	100	1,2391
FIN	3,0145	1,7744	0,0177	4	0,0710	15	0,2662
GAL	59,7507	35,1700	0,3517	50	17,5850	80	28,1360
GRA	11,2146	6,6011	0,0660	20	1,3202	20	1,3202
LIT	3,5535	2,0916	0,0209	10	0,2092	60	1,2550
SAB	74,7208	43,9816	0,4398	8	3,5185	30	13,1945
Somme	169,8910	100	1		26,774		51,8634

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

Indice d'Attractivité Morphodynamique	1928	
Indice d'Attractivité Morphodynamique de référence	6346	30,4 %
Indice Spécifique de Capacité Astacicole	3734	

Hauteurs		m²	%
Classe 1	< 5cm	49,54	29,16
Classe 2	6 à 20	106,87	62,91
Classe 3	21 à 70	13,48	7,93
Classe 4	71 à 150	0,00	0
Classe 5	>151 cm	0,00	0
	Somme	169,89	100

Vitesses		m²	%
Classe 1	<10 cm/s	29,99	17,65
Classe 2	11 à 40	112,99	66,51
Classe 3	41 à 80	26,91	15,84
Classe 4	81 à 150	0	0
Classe 5	>151 cm/s	0	0
	Somme	169,89	100

L'ISCA (Indice Spécifique de Capacité Astacicole) sanctionne la variété des classes de hauteurs d'eau, de vitesses et de substrats/supports ainsi que l'attractivité des substrats/supports pour les écrevisses.

Annexe 15 : Fiche terrain pour prélèvements des macro-invertébrés benthiques.

FICHE ECHANTILLONAGE MAG20 Station :	Date :
---	---------------

Conditions d'échantillonnage			
➤ Accessibilité aux différents faciès :	Bonne	Moyenne	Mauvaise
➤ Conditions climatiques :	Bonnes		Mauvaises
➤ Conditions hydrologiques :	étiage (j)	eaux moyennes	hautes eaux
<i>Observations :</i>			
➤ Largeur du lit (m)	Mini :		Maxi :
➤ Longueur station (m) :			

Caractéristiques des prélèvements															
<i>Localisation sur profil station (vue dessus)</i>															
N° Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Substrat															
Vitesse															
Hauteur															

Substrats	
Bryophytes	9
Spermaphytes immergés	8
Litière, branchages, racines	7
Pierres, galets 2.5 à 25 cm	6
Granulats grossiers 0.25 à 2.5 cm	5
Spermaphytes émergents	4
Sédiments fins +/- organiques « vases »	3
Sables et limons < 0.25 cm	2
Roches, dalles, sols, parois > 25 cm	1
Algues ou à défaut marnes et argiles	0

N° Prélèvement	16	17	18	19	20
Substrat					
Vitesse					
Hauteur					

Classes de vitesses (cm/s)	
V < 5	1
5 < V < 25	2
25 < V < 75	3
75 < V < 150	4
V > 150	5

Classes de hauteurs (cm)	
H < 5	H1
5 < H < 25	H2
25 < H < 50	H3
50 < H < 100	H4
V > 100	H5

Annexe 16 : Tableau des prélèvements réalisés sur la station amont du Saint-Pardoux.

			Vitesse de courant								
			N6		N5		N3		N1		
			> 75 cm/s		75 > v > 25 cm/s		25 > v > 5 cm/s		5 > v		
Substrats			Rapide		Moyenne		Lente		Nulle		
Habitabilités	Surface relative totale (%)	Dom/Marg MNR/P	% estimé	N° prélèvement	% estimé	N° prélèvement	% estimé	N° prélèvement	% estimé	N° prélèvement	Nb de prelevements
Bryophytes	2	M			2	A1					1
Spermaphytes immergés											
Éléments organiques grossiers (litières)	1	M							1	A2	1
Chevelus racinaires et racines	10	DOM							10	B1	1
Sédiments minéraux de grande tailles (25 mm à 250 mm)	20	DOM					10	C4	10	B2	2
Blocs facilement déplaçables (>250 mm)	40	DOM					20	B3, C1	20	C2	3
Graviers (2mm à 25 mm)	3	M					3	A3			1
Spermaphytes émergents de la strate basses											
Vases : sédiments fins avec débris organiques (< 0,1 mm)											
Sables et limons (<2,5 mm)	23	DOM					8	C3	15	B4	2
Algues											
Surfaces dures uniformes (roches, dalles, blocs>250mm)	1	M			1	A4					1
Totaux	100										12

Annexe 17 : Liste faunistique résumée des 12 prélèvements IBG-DCE de la station amont du Saint Pardoux.

LISTE FAUNISTIQUE																				
TAXONS		G.L	Indice Cb2	Régime	Phase A				Phase B				Phase C				Total Niveau B	Total Niveau A	Taxon présent	Taxon présent
Niveau A	Niveau B				A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4			Niveau B	Niveau A
INSECTES																				
	Pléocoptères																			
Leuctridae	Leuctra			By			1								1	2		1		
Nemouridae	Protonemura			By	26	3	1		2				79			111		1		
Perlodidae	Isoperla			P					2		1		1			4		1		
	Trichoptères																			
Brachycentridae	Non identifié	8	8										1			1	10			
	Micrasema			By	1						2		4		2	9		1		
Glossosomatidae	Glossosoma			R									1		1	2		1		
Goeridae	Non identifié	7	8	R			9			4		3		3		19	30			
	Silo			R			1	1		1	6		2			11		1		
Hydropsychidae	Hydropsyche			F	1	1	4	3	10		6		4	5		34		1		
Limnephilidae	Non identifié	3	4	By		25										25	34			
	Limnephilinae			By		5			3		1					9		1		
Psychomyidae	Psychomya			R			1									1		1		
	Tinodes			R												0		0		
Rhyacophilidae	Ryacophila	4	6	P		1		1					2			4	4	1		
Sericostomatidae	Sericostoma			By		3										3		1		
Uenoidae	Thremma		9	B										1		1	1	1		
	Ephéméroptères																			
Baetidae	Non identifié	2	2					2								2	28			
	Baetis			R		1	1	1	1	4	11		5	2		26		1		
Ephemerellidae	Serratella ignita			By		2	9	4	22	5	15	2	22	5		5	91			
Ephemeridae	Ephemera	6	7	By		1			3		1	1		2	4	1	13	13		
	Non identifié			R										1			1			
Heptageniidae	Ecdyonurus	5	7	R						5						5	8	1		
	Rhithrogena			R							2					2		1		
Leptophlebiidae	Non identifié	7	6	By		7										7	7			
	Coléoptères																			
Elmidae	Dupophilus (larve)			R	1	3		8		10	4		5	14	13		58			
	Dupophilus (adulte)			R							5			1		10	16			
	Elmis (larve)			R	1	3	16	5		1	18		5			35	84			
	Elmis (adulte)			R	2												2			
	Esolus (adulte)			R						4	1						5			
	Limnius (larve)			R		1	3				7		1	5	6		23			
	Limnius (adulte)			R			7	1		1						4	13			
Helodidae = Scirtidae	Elodes			R					2								2			
Helophoridae (A)	Helophorus		7	R					1								1	1		
Hydraenidae (A)	Hydraena			R	14	2	8	2			8		14	1		8	57			
	Diptères																			
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae		5	By								1	2		1	1	5	5		
Chironomidae	Chironomidae	1	1	Mg	12	66	24	9	78	6	26	11	138	24	13	1	408	408		
Limoniidae	Limoniidae		5	By		1						1		1	1	3	7	7		
Simuliidae	Simuliidae		4	F	4	2	12	17	65		34	1	75	6	1		217	217		
	Odonates																			
Calopterygidae	Calopteryx		4	P		1											1	1		
	Planipennes																			
Osmyliidae	Osmylus			P			1										1	1		
	CRUSTACES																			
	Malacostracés																			
Gammaridae	Gammarus			By	37	9	4	1	17	2	4	1	14	4	1	4	98			
	MOLLUSQUES	2																		
	Bivalves	2																		
Sphaeriidae	Pisidium			F		2											2			
	Gastéropodes	2																		
Ancylidae	Ancylus	2	2	R		1	25			1				6			33	33		
	Autres Invertébrés																			
	Vers																			
	Tubellariés																			
Planariidae	Planariidae : Polycelis		3	P	5	4	1	2	8	1	1		28	35		1	86	86		
	Achètes	1																		
	Oligochètes	1	1	Mg	2		2		4	1	7	1		2	2	7	28	28		
	HYDRACARIENS			P						1	4	1	5	5		1	17	17		
	TOTAL INVERTEBRES																1547			
	NOMBRE DE TAXONS			39														39		
	TOTAL REGIME	1544		100																
	Prédateur	113		7																
	Brouteur	1		0																
	Racleur	361		23																
	Broyeur	380		25																
	Filtreur	253		16																
	Mg	436		28																
Remarque : les individus non identifiés sont soit des nymphes, des larvules trop petites pour être déterminées au genre ou des individus abîmés.																				20

Remarque : les individus non identifiés sont soit des nymphes, des larves trop petites pour être déterminées au genre ou des individus abîmés.

Annexe 18 : Tableau des prélèvements réalisés sur la station aval du Saint-Pardoux.

			Vitesse de courant								
			N6		N5		N3		N1		
			> 75 cm/s		75 > v > 25 cm/s		25 > v > 5 cm/s		5 > v		
Substrats			Rapide		Moyenne		Lente		Nulle		
Habitabilités	Surface relative totale (%)	Dom/Marg MNR/P	% estimé	N° prélèvement	% estimé	N° prélèvement	% estimé	N° prélèvement	% estimé	N° prélèvement	Nb de prelevements
Bryophytes											
Spermaphytes immergés											
Éléments organiques grossiers (litières)	3	M					3	A2			1
Chevelus racinaires et racines											
Sédiments minéraux de grande tailles (Galets) (25 mm à 250 mm)	35	DOM			20	C1, C4	15	B2			3
Blocs facilement déplaçables (>250 mm)	9	DOM			9	B3					1
Graviers (2mm à 25 mm)	5	M							5	A3	1
Spermaphytes émergents de la strate basses											
Vases : sédiments fins avec débris organiques (< 0,1 mm)	2	M					2	A4			1
Sables et limons (<2,5 mm)	45	DOM					30	B1, C3	15	C2, B4	4
Algues											
Surfaces dures uniformes (roches, dalles, blocs>250mm)	1	M					1	A1			1
Totaux	100										12

Annexe 19 : Liste faunistique résumée des 12 prélèvements IBG-DCE de la station aval du Saint Pardoux.

LISTE FAUNISTIQUE																										
TAXONS		G.L.	Indice Cb2	Régime	Phase A				Phase B				Phase C				Total Niveau B	Total Niveau A	Taxon présent Niveau B	Taxon présent Niveau A						
Niveau A	Niveau B				A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4										
INSECTES																										
	Plécoptères																									
Leuctridae	Leuctra			By	5		4	2		2			9	1	3	7	33		1							
Nemouridae	Protonemura			By		15					2						17		1							
Perlidae	Non identifié	9	8	P													0	2		1	1					
	Perla			P						2						2										
	Trichoptères																									
Brachycentridae	Micrasema			By								1					1		1							
Goeridae	Non identifié	7	8	R											4	1	5	7		1	1					
	Silo			R			1						1		2											
Hydropsychidae	Hydropsyche			F		2											2		1							
Limnephilidae	Non identifié	3	4	By	3								4				7	18		1	0					
	Limnephilinae			By		1		6		1			2	1		11										
Odontoceridae	Odontocerum	8	7	P			2			1							2	2	1	1	1					
Rhyacophilidae	Ryacophila	4	6	P		5		1			1					1	8	8	1	1	1					
Sericostomatidae	Sericostoma			By			1	4	3				1				9		1							
	Ephéméroptères																									
Baetidae	Non identifié	2	2				2										2	41		1	1					
	Baetis			R	1	2	1		1	4	9	1	1			19	39		1							
	Non identifié	3	4	By			3										3	57		1	1					
Ephemerellidae	Serratella ignita			By	4	13	8	4	2	1	8		7	3	2	2	54		20			1	1			
Ephemeridae	Ephemera	6	7	By			3		13				2	1	1		20	20	1	1	1					
Heptageniidae	Ecdyonurus			R	3		2									2	7		1							
Leptophlebiidae	Habrophlebia			By		2	1	25		1			12	10			51		1							
	Coléoptères																									
	Non identifié		4	P					1								1	2		1	1					
Dytiscidae	Colymbetinae			P		1											1									
Elmidae	Non identifié	2	5	R			1										1	130		1	1					
	Dupophilus (larves)			R		1	21	2	1	24	6	2		2	6	13	78		1							
	Elmis (adulte)			R		2	1	1		1		2			2	9			1							
	Elmis (larve)			R		2				1	3					2	8					1				
	Esolus (adulte)			R											1		1					1		1		
	Esolus (larve)			R				2		3							5					1		1		
	Limnius (adulte)			R						2	3		2			3	10					1		1		
	Limnius (larve)			R	1		4		1		3		2	2	4		17					1		1		
Helodidae = Scirtidae	Oulimnius					R			1										1					1		
	Elodes (larve)					R		1	1										2					1		
Hydraenidae (A)	Hydraena					R		6				6	7		1				5			25		1		
	Diptères																									
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae		5	By			5			1							6	6	1	1	1					
Chironomidae	Chironomidae	1	1	Mg		32	20	9	15	16	4	8	28	8	17	13	170	170	1	1	1					
Limoniidae	Limoniidae		5	By			2		1	1			3		1	1	9	9	1	1	1					
Simuliidae	Simuliidae		4	F		106	3		11	20	1	2	1			7	151	151	1	1	1					
	Mégaloptères																									
Sialidae	Sialis		5	P	1												1	1	1	1	1					
	Odonates																									
Calopterygidae	Calopteryx		4	P									1				1	1	1	1	1					
Gammaridae	Gammarus			By		23	5	2		5			66		4	1	106		1							
	MOLLUSQUES	2																								
	Bivalves	2																								
Sphaeriidae	Pisidium			F				1									1		1							
	Gastéropodes	2																								
Ancylidae	Ancylus	2	2	R											4		4	4	1	1	1					
	Autres Invertébrés																									
	Vers																									
	Tubellariés																									
Planariidae	Planariidae : Polycelis		3	P		2					1		3		2	2	10	10	1	1	1					
	Oligochètes	1	1	Mg	1	3	8	2		4	2		5		3	2	30	30	1	1	1					
	Nématelminthes			P					1								1	1	1	1	1					
	HYDRACARIENS			P		3	1	2					2			3	11	11	1	1	1					
TOTAL INVERTEBRES																	935		39		21					
NOMBRE DE TAXONS				39																						
TOTAL REGIME		933		100																						
Prédateur		38		4																						
Brouteur		0		0																						
Racleur		214		23																						
Broyeur		327		35																						
Filtreur		154		17																						
Mg		200		21																						

Remarque : les individus non identifiés sont soit des nymphes, des larvules trop petites pour être déterminées au genre ou des individus abîmés.

Annexe 20 : Liste faunistique réduite pour le calcul de la note IBGN sur la station amont

Cours d'eau: Saint-Pardoux						Station: Saint-Pardoux à Ambert							
Coordonnées GPS: 756082; 6495451						Code: 4037010							
Département: Puy-de-dôme													
Date de prélèvement: 6/07/2016													
LISTE FAUNISTIQUE													
TAXONS	G.I.	Indice Cb2	Régime	A	B	C	D	E	F	G	H	Total	Taxon présent
INSECTES												0	
Plécoptères												0	0
Leuctridae	7	6	By	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Nemouridae	6	6	By	26	3	1	0	2	0	0	0	32	1
Perlodidae	9	9	P	0	0	0	0	2	0	1	0	3	1
Trichoptères												0	0
Brachycentridae	8	8	By	1	0	0	0	0	0	2	0	3	1
Goeridae	7	8	R	0	0	10	1	0	5	6	3	25	1
Hydropsychidae	3	3	F	1	1	4	3	10	0	6	0	25	1
Limnephilidae	3	4	By	0	30	0	0	3	0	1	0	34	1
Psychomyidae	4	6	R	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Rhyacophilidae	4	6	P	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1
Sericostomatidae	6	7	By	0	3	0	0	0	0	0	0	3	1
Ephéméroptères												0	0
Baetidae	2	2	R	0	1	1	3	1	4	11	0	21	1
Ephemerellidae	3	4	By	0	2	9	4	22	5	15	2	59	1
Ephemeridae	6	7	By	0	1	0	0	3	0	1	1	6	1
Heptageniidae	5	7	R	0	0	0	0	0	5	2	0	7	1
Leptophlebiidae	7	6	By	0	7	0	0	0	0	0	0	7	1
Coléoptères												0	0
Elmidae	2	5	R	4	7	26	14	0	16	35	0	102	1
Helodidae		6	B	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1
Helophoridae		7	R	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Hydraenidae		5	R	14	2	8	2	0	0	8	0	34	1
Diptères												0	0
Ceratopogonidae		5	By	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Chironomidae	1	1	Mg	12	66	24	9	78	6	26	11	232	1
Limoniidae		5	By	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1
Simuliidae		4	F	4	2	12	17	65	0	34	1	135	1
Odonates												0	0
Calopterygidae		4	P	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Planipennes												0	0
Osmylidae		6	P	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
CRUSTACES												0	0
Décapodes												0	0
Gammaridae	2	3	By	37	9	4	1	17	2	4	1	75	1
MOLLUSQUES												0	0
Bivalves												0	0
Sphaeriidae	2	4	F	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1
Gastéropodes												0	0
Ancylidae	2	2	R	0	1	25	0	0	1	0	0	27	1
Autres Invertébrés												0	0
Vers												0	0
Triclades												0	0
Planariidae		5	P	5	4	1	2	8	1	1	0	22	1
Oligochètes	1	1	Mg	2	0	2	0	4	1	7	1	17	1
HYDRACARIENS			P	0	0	0	0	0	1	4	1	6	1
TOTAL INVERTEBRES												889	
NOMBRE DE TAXONS			31										
TOTAL G.I.		684											
TOTAL REGIME		889		100									
Prédateur		35		4									
Brouteur		2		0									
Racleur		218		25									
Broyeur		223		25									
Filtreur		162		18									
Mg		249		28									
CLASSE DE VARIETE												9	
TAXONS INDICATEUR												Perlodidae	
GROUPE INDICATEUR												9	
IBGN SUR 20												17	

Annexe 21 : Liste faunistique réduite pour le calcul de la note IBGN sur la station aval.

Cours d'eau: Saint-Pardoux				Station: Saint-Pardoux à Ambert, lieu dit du Saint-Pardoux										
Coordonnées GPS: 756278; 6495776				Code: X										
Département: Puy-de-dôme														
Date de prélèvement: 10/10/2012														
LISTE FAUNISTIQUE														
TAXONS	G.I.	Indice Cb2	Régime	A	B	C	D	E	F	G	H	Total	Taxon présent	
INSECTES												0		
Plécoptères												0	0	
Leuctridae	7	6	By	5	0	4	2	0	2	0	0	13	1	
Nemouridae	6	6	By	0	15	0	0	0	0	2	0	17	1	
Perlidae	9	8	P	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	
Trichoptères												0	0	
Brachycentridae	8	8	By	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Goeridae	7	8	R	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
Hydropsychidae	3	3	F	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1	
Limnephilidae	3	4	By	3	1	0	6	0	1	0	0	11	1	
Odontoceridae	8	7	P	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1	
Rhyacophilidae	4	6	P	0	5	0	1	0	0	1	0	7	1	
Sericostomatidae	6	7	By	0	0	1	4	3	0	0	0	8	1	
Ephéméroptères												0	0	
Baetidae	2	2	R	1	2	3	0	1	4	9	1	21	1	
Ephemerellidae	3	4	By	4	13	11	4	2	1	8	0	43	1	
Ephemeridae	6	7	By	0	0	3	0	13	0	0	0	16	1	
Heptageniidae	5	7	R	3	0	2	0	0	0	0	0	5	1	
Leptophlebiidae	7	6	By	0	2	1	25	0	1	0	0	29	1	
Coléoptères												0	0	
Dytiscidae		4	P	0	1	0	0	1	0	0	0	2	1	
Elmidae	2	5	R	1	5	28	5	2	30	16	2	89	1	
Helodidae		6	B	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	
Hydraenidae		5	R	0	6	0	0	0	6	7	0	19	1	
Diptères												0	0	
Ceratopogonidae		5	By	0	0	5	0	0	1	0	0	6	1	
Chironomidae	1	1	Mg	0	32	20	9	15	16	4	8	104	1	
Limoniidae		5	By	0	0	2	0	1	1	0	0	4	1	
Simuliidae		4	F	0	106	3	0	11	20	1	2	143	1	
Mégaloptères												0	0	
Sialidae		5	P	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
CRUSTACES												0	0	
Amphipodes												0	0	
Gammaridae	2	3	By	0	23	5	2	0	5	0	0	35	1	
MOLLUSQUES												0	0	
Bivalves												0	0	
Sphaeriidae	2	4	F	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	
Autres Invertébrés												0	0	
Vers												0	0	
Triclades												0	0	
Planariidae		5	P	0	2	0	0	0	0	1	0	3	1	
Oligochètes	1	1	Mg	1	3	8	2	0	4	2	0	20	1	
Nématelminthes			P	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
HYDRACARIENS			P	0	3	1	2	0	0	0	0	6	1	
TOTAL INVERTEBRES												614		
NOMBRE DE TAXONS			30											
TOTAL G.I.	427													
TOTAL REGIME	614		100											
Prédateur	24		4											
Brouteur	2		0											
Racleur	135		22											
Broyeur	183		30											
Filtreur	146		24											
Mg	124		20											
CLASSE DE VARIETE												9		
TAXONS INDICATEUR												Leptophlebiidae		
GROUPE INDICATEUR												7		
IBGN SUR 20												15		

Annexe 22 : Tableau récapitulatif des principales données issues des prélèvements IBG-DCE de 2008 à 2016 sur la station amont du Saint-Pardoux. Source : OSUR, 2016.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Note IBGN	20	ND	16	19	19	17	17	18	17
Groupe faunistique Indicateur	9	ND	7	9	9	8	9	9	9
Taxon indicateur	Perla (Perlidae)	ND	Leuctra (Leuctridae)	Perlodes (Perlodidae)	Isoperla (Perlodidae)	(Micrasema) Brachycentridae	Perla (Perlidae)	Isoperla (Perlodidae)	Isoperla (Perlodidae)
Nb individus	1690	ND	1479	3028	3776	1162	1673	1624	1547
Nb tot de taxons différents	47	ND	36	37	37	34	29	35	31

ND : Pas de données disponibles.

Sur 7/8 années, la station classe le cours d'eau en qualité "Très bonne" avec une note maximale en 2008. On observe cependant une baisse de la note IBGN avec les années, ce qui traduit une dégradation de la qualité de l'eau. Cette hypothèse se confirme avec les résultats de l'indice biologique diatomée (cf. chapitre I.3.e).

La station classe le cours d'eau en qualité "bonne" seulement en 2010. La note IBD est également moyenne en 2010 (15,6/20). En analysant la physico-chimie cette année là, on observe une forte teneur en matière en suspension. Une pollution du Saint-Pardoux semblerait donc expliquer ces résultats en 2010.

Tableau : limites de classes et couleurs associées du protocole IBGN (Source : AFNOR, 2004).

Classe	Couleur de classe	Note IBGN
Très bonne	Bleu	≥ 17
Bonne	Vert	De 13 à 16
Moyenne	Jaune	De 9 à 12
Médiocre	Orange	De 5 à 8
Mauvaise	Rouge	≤ 4

Annexe 23 : Données brutes de l'analyse des sédiments du Saint-Pardoux.

1er relevé :				
<i>Prélèvement des sédiments le 28/06/2016 matin, après un week end orageux (crue)</i>				
	Poids (en g)		Substrats	
Grosseur tamis	St Amont	St Aval	St Amont	St Aval
5mm	16	16	branchage, litières	Branchage, litières
2mm	10	438	Litières (++++), graviers (+)	Graviers (+++), petit branchage/litière (+)
1mm	14	1354	Litières (+++), Sables grossiers (++)	sables grossiers
500µm	90	1329	Sables (+++), litières (+)	sables
<500µm	143	460	Sables fins	sables fins
TOT	273	3597		
2ème relevé :				
<i>Prélèvement des sédiments le 2/08/2016 après-midi, après un week end très orageux (forte crue)</i>				
	Poids (en g)		Substrats	
Grosseur tamis	St Amont	St Aval	St Amont	St Aval
5mm	274	177	branchages, litières, pierres	Branches, pommes de pins, pierres
2mm	570	569	Litières/branchages (+++), graviers (+)	Graviers (+++), petit branchage (+)
1mm	1200	1615	Litières (+), Sables grossiers (++)	sables grossiers
500µm	1292	1482	Sables (+++), litières (+)	sables
<500µm	668	621	Sables fins	sables fins
TOT	4004	4464		

Note : Les "+" représentent l'abondance du substrat : plus il y a de "+", plus le substrat est en quantité importante.