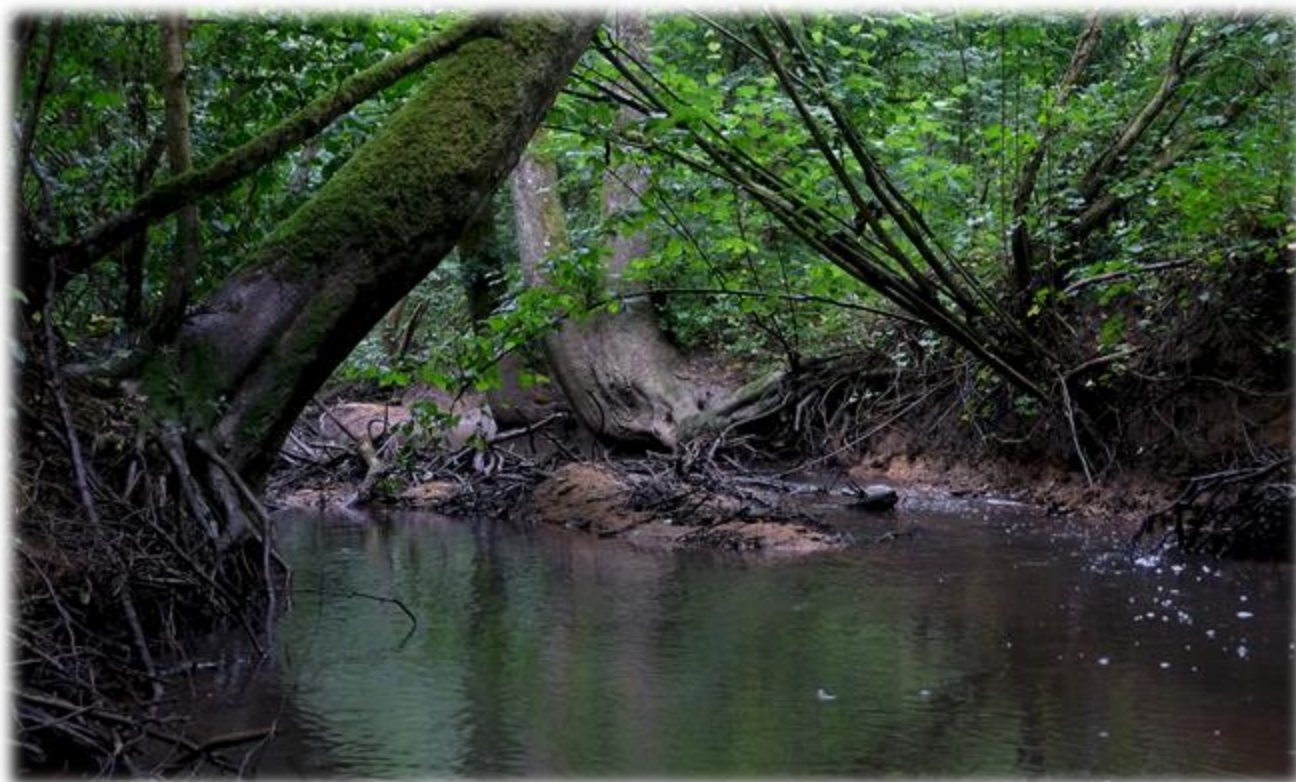


Étude « FRAPVAL » : Forêts et Ripisylves Anciennes des Petites Vallées de la Puisaye

Synthèse des résultats



Richard CHEVALIER (INRAE, Nogent-sur-Vernisson-45)
Aliénor JELIAZKOV, Céline Le PICHON, Évelyne TALES (INRAE, Antony-92)
Juliette CHARON, Fabienne de CUYPER, Guy PERETZ
(Conseil Départemental de l'Yonne, Auxerre-89)
Nadia BARUCH (CRPF Bourgogne-Franche-Comté, Auxerre-89)

INTRODUCTION

Si la forêt remplit des fonctions écologiques qui régulent en partie certains maux liés aux activités humaines (émission de dioxyde de carbone, pollution de l'air et des eaux, réchauffement climatique), elle en subit aussi les conséquences (dépérissement des arbres).

Parmi les forêts actuelles, celles qui n'ont pas fait l'objet de défrichement depuis plus de deux siècles méritent une attention particulière car une partie de leur fonctionnalité écologique a pu se maintenir longtemps. En effet, ces forêts dites anciennes* hébergent des espèces souvent indicatrices d'un bon état écologique. Les mécanismes en action, tels qu'un faible pouvoir de dissémination des espèces, sont bien connus pour la flore vasculaire* et sont de plus en plus étudiés pour la faune sauvage associée.

En vallée alluviale*, tous ces éléments prennent une dimension plus importante en raison d'activités humaines plus soutenues et du fait que les vallées reçoivent les eaux des coteaux avoisinants, souvent chargées de résidus d'intrants agricoles. Par son effet de filtre, la forêt alluviale joue un rôle dans la préservation de la qualité des eaux et tout particulièrement la ripisylve*, directement au contact de la rivière. Par ailleurs, la forêt alluviale joue un rôle reconnu dans l'atténuation des crues, notamment en interceptant une partie des eaux de ruissellement et en ralentissant leur écoulement.

Les forêts alluviales anciennes constituent de véritables reliques à préserver et à étudier car la compréhension de leur fonctionnement pourrait nous aider à mieux gérer la forêt alluviale de demain, dans l'objectif de la rendre plus efficace dans son rôle d'épuration et de rétention des eaux, et plus résiliente face aux effets des changements climatiques.

La France dispose de la carte d'État-major au 1/40 000^{ème}, datant du milieu du XIX^{ème} siècle, relativement précise quant à la localisation des forêts. Comme cette période correspond aussi au creux forestier (plus faible taux de boisement en France), les forêts qui y sont répertoriées ont de fortes chances d'y être beaucoup plus anciennes. La cartographie des forêts anciennes est donc facilement accessible en confrontant les figurés de la carte d'État-major à l'interprétation des photos aériennes contemporaines.

Le projet FRAPVAL (Forêts et Ripisylves Anciennes des Petites Vallées de la Puisaye) est ciblé sur des vallées de largeur modeste car le concept de forêt ancienne y a été peu étudié, contrairement aux grandes vallées comme celles de Champagne (partie de la Seine, Marne, Aube).

Le projet FRAPVAL vise à :

- (1) valider le concept de forêt ancienne dans des petites vallées en comparant la flore des forêts anciennes à celle des forêts récentes ;
 - (2) tester le concept de ripisylve ancienne en comparant la biodiversité floristique et des macroinvertébrés* aquatiques des ripisylves anciennes à celle des ripisylves récentes ;
 - (3) cartographier les forêts et ripisylves anciennes des vallées de la Puisaye icaunaise ;
- dans l'objectif de sensibiliser les propriétaires et gestionnaires forestiers à une gestion durable de ces milieux.

Les principaux résultats et éléments de méthode sont synthétisés dans ce document. Une version complète du rapport est téléchargeable sur la page :

<https://www.yonne.fr/Territoire/Environnement/Protection-et-preservation-des-espaces-naturels-sensibles>

VALIDATION DU CONCEPT DE FORÊT ET RIPISYLVE ANCIENNES POUR LA FLORE

Cette partie du projet a porté sur un sous-ensemble de la zone d'étude, à savoir la vallée de l'Ouanne amont et du Branlin (cf. Carte 1).

Nous avons comparé 12 sites en contexte de forêt récente avec 12 sites en contexte de forêt ancienne. Sur chaque site nous avons inventorié la flore sur deux placettes* de 200 m², l'une au contact de la rivière (la ripisylve), l'autre légèrement en retrait (la forêt) comme le montre la Figure 1. Les résultats,

exposés dans la présente synthèse, concernent principalement la flore du sous-bois (hauteur de moins de 2 m au moment de l'observation, en juin-juillet 2018 ou 2019).

Le principal indicateur utilisé ici est le nombre moyen d'espèces de la flore indicatrice de forêt ancienne* par placette, à partir de listes préétablies pour la France et l'Europe occidentale.

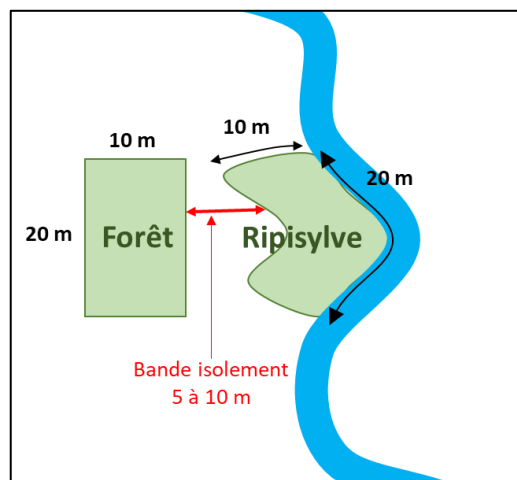


Figure 1 : Agencement des placettes de forêt et ripisylve sur un site.

Sur les 24 placettes de forêt ancienne et récente, 151 espèces floristiques, dont une 30^{aine} d'espèces indicatrices de forêt ancienne, ont été inventoriées. A titre de comparaison, pour une étude similaire dans les grandes vallées de Champagne, avec près de trois fois plus de placettes et sur une zone d'étude 17 fois plus grande, seulement 133 espèces ont été inventoriées avec autant d'indicatrices de forêt ancienne, mais où chaque placette en comptait un tiers de moins. **Les cortèges floristiques des forêts alluviales de Puisaye, dont ceux de forêt ancienne, seraient donc relativement bien conservés.**

La Figure 2 synthétise les principaux résultats relatifs aux indicateurs floristiques. Ceux-ci nous ont permis de valider **le concept de forêt ancienne et de ripisylve ancienne dans les petites vallées de Puisaye**. En effet, les forêts anciennes (FA) comptent significativement plus d'espèces indicatrices de forêt ancienne que les forêts récentes (FR) et il en est de même pour les ripisylves anciennes (RA) par rapport aux ripisylves récentes (RR).

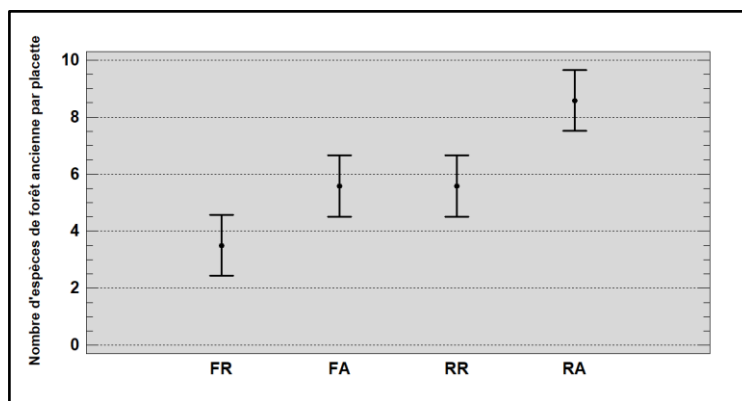


Figure 2 : Comparaison du nombre moyen d'espèces indicatrices de forêt ancienne (RS FA Hermy5) par placette, entre la forêt récente (FR), la ripisylve récente (RR), la forêt ancienne (FA) et la ripisylve ancienne (RA). (Test d'ANOVA *** p=0,0003, moyennes et intervalles de confiance à 95 % de Fisher LSD).

Par ailleurs, à historique identique, les ripisylves comptabilisent significativement plus d'espèces indicatrices de forêt ancienne que leur équivalent forestier et la ripisylve récente compte autant d'espèces de forêt ancienne que la forêt ancienne. Cela montre le **rôle important de la ripisylve ancienne en tant que réservoir pour les espèces de forêt ancienne** ainsi que le **rôle potentiel de la ripisylve récente pour la connectivité* de la forêt ancienne**.

Les espèces indicatrices de forêt ancienne (cf. Photos 1), qui ont une préférence significative pour nos placettes de forêt ancienne par rapport à celles de forêt récente, sont la Laîche des bois, la Petite pervenche et la Fougère mâle, alors que celles qui préfèrent la ripisylve ancienne par rapport à la

ripisylve récente sont la Laïche des bois, la Petite pervenche, le Millet diffus, l'Aubépine à deux styles, la Primevère élevée et la Véronique des montagnes.



Photos 1 : Espèces indicatrices de forêt ancienne à l'échelle de l'Europe occidentale. Pour les vallées de Puisaye : à gauche, la Laïche des bois (*Carex sylvatica*) préfère la forêt et la ripisylve anciennes à la forêt et la ripisylve récentes ; au milieu, la Fougère mâle (*Dryopteris filix-mas*) préfère la forêt ancienne à la forêt récente ; à droite la Primevère élevée (*Primula elatior*) préfère la ripisylve ancienne à la ripisylve récente. Photos R. Chevalier.

Parmi les autres résultats utiles pour le gestionnaire, nous pouvons évoquer :

- Les forêts récentes sont en contexte plus humide que les forêts anciennes. En conséquence, les peuplements arborescents y ont une composition différente : l'Aulne est plus abondant dans les forêts récentes, le Charme est plus abondant dans les forêts anciennes, alors que le Frêne est équivalent dans les deux situations.
- Les forêts et ripisylves anciennes ne comptent aucune espèce patrimoniale*, les espèces de forêt ancienne demeurant assez communes. Les forêts et ripisylves récentes en comptent cinq (Osmonde royale, Laïche tronquée, Laïche allongée, Perce-neige et Cassis ; cf. Photos 2). Une ou deux espèces patrimoniales sont rencontrées dans la moitié des placettes de forêt récente humides à marécageuses (aucune dans les forêts moins humides).
- Les strates arborescentes (ici de hauteur supérieure à 2 m) des 48 placettes totalisent le nombre conséquent de 35 espèces ligneuses. Les ripisylves récentes sont particulièrement propices à leur expression (27 espèces contre seulement 20 pour les ripisylves anciennes).



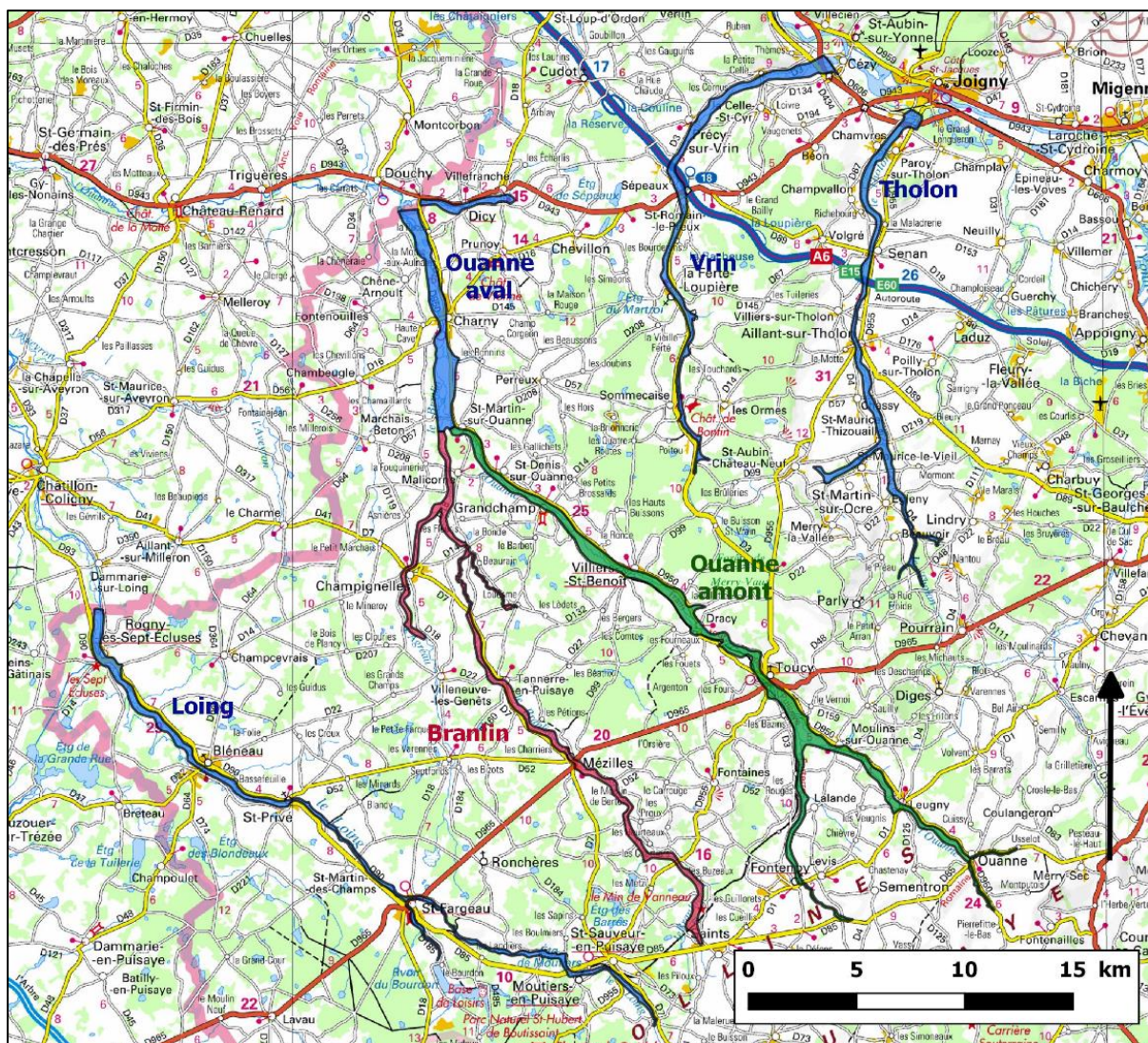
Photos 2 : Dans le projet FRAPVAL, les espèces patrimoniales sont uniquement rencontrées dans les forêts et ripisylves récentes les plus humides. A gauche, l'Osmonde royale (*Osmunda regalis*), protégée, en liste rouge régionale (vulnérable) et indicatrice ZNIEFF. A droite, le Perce-neige (*Galanthus nivalis*), indicatrice ZNIEFF. Photos R. Chevalier.

Si les forêts et ripisylves anciennes constituent un patrimoine historique et écologique à préserver, d'autant plus qu'elles sont rares dans le paysage, les ripisylves récentes présentent plusieurs atouts et méritent aussi une attention particulière. Ainsi, par leur complémentarité, les ripisylves anciennes et récentes contribuent de concert à enrichir la biodiversité floristique des vallées de Puisaye.

CARTOGRAPHIE DES FORÊTS ET RIPISYLVES DES VALLÉES DE PUISAYE

Le concept de forêt et ripisylve anciennes ayant été validé, la cartographie historique de la forêt alluviale de Puisaye devient une nécessité pour faire le bilan quantitatif et de la répartition des quatre entités que sont la forêt ancienne, la forêt récente, la ripisylve ancienne et la ripisylve récente.

La cartographie a porté sur l'ensemble des rivières de la Puisaye icaunaise que nous avons scindé en 6 sous-ensembles géographiques (cf. Carte 1).



Carte 1 : Carte des vallées cartographiées dans le cadre du projet FRAPVAL.
(Fond de carte : IGN 1/250 000^{ème}).

La limite de la vallée alluviale, par rapport au coteau, correspond ici à la formation géologique d'alluvions récentes, codée Fz sur les cartes géologiques au 1/50 000^{ème} du BRGM. **La zone d'étude s'étend sur une surface de 5 650 ha et comptabilise un linéaire de 389 km de rivières.**

La cartographie consiste à superposer, sur SIG*, différentes couches préalablement digitalisées* et orthorectifiées*, à savoir l'enveloppe de la vallée alluviale, la forêt en 1837 (année de la carte d'État-major du secteur) et la forêt en 2007 (photos aériennes digitalisées par l'IGN). Les produits de sortie sont les cartes thématiques de la forêt et de la ripisylve anciennes (présentes en 1837 et 2007) ainsi que celles de la forêt et de la ripisylve récentes (absentes en 1837 mais présentes en 2007). Les seuils de prise en compte sont :

- une surface d'au moins 25 ares et une largeur d'au moins 20 m pour la forêt,
- une longueur d'au moins 50 m, une largeur d'au moins 20 m, et une distance à la rivière de moins de 5 m pour la ripisylve (ici, la ripisylve est incluse dans la forêt).

Les peupleraies sont traitées à part de la forêt car elles ne sont que partiellement prises en compte dans la carte d'État-major de 1837. Des recherches, menées dans les vallées de Champagne, ont mis en évidence que la populiculture altérerait la fonctionnalité de la forêt ancienne pour la flore et tout particulièrement dans le cas de populiculture intensive. Dans le cas de forêts signalées en 1837, apparaissant aujourd'hui en peupleraie, nous avons tout de même considéré ces surfaces comme de la forêt ancienne, mais avons signalé un mauvais état de conservation. La populiculture est assez prégnante dans les vallées de Puisaye mais souvent de façon extensive et il n'est d'ailleurs pas toujours aisé de faire la distinction, sur photo aérienne, entre une forêt subnaturelle* et une peupleraie mélangée avec la forêt. Pour parfaire le diagnostic de l'état de conservation, nous avons examiné de façon complémentaire les photos aériennes des années 1950, 2002, 2007 et 2014. A cette occasion, nous avons aussi signalé un mauvais état de conservation dans le cas de forêt fortement ouverte (forte coupe, forte imbrication avec la prairie). Cependant, la populiculture demeure la cause principale d'un signalement de mauvais état.

Le Tableau 1 fait la synthèse de l'état de la forêt des vallées de Puisaye. **En 170 ans, le taux forestier a été multiplié par cinq.** L'augmentation de la superficie forestière des vallées de Puisaye s'est essentiellement faite aux dépens des prairies, qui couvraient 65 % de la superficie en 1837 mais qui demeurent bien représentées aujourd'hui. Nous noterons aussi la part importante des peupleraies ; si nous les avons incluses dans la forêt de 2007, le taux de boisement aurait alors été multiplié par neuf en 170 ans. La reconquête forestière a donc été forte, rapide et se poursuit encore.

Tableau 1 : Évolution et état de la couverture forestière des vallées de Puisaye icaunaise.

Cases vertes : valeurs élevées par rapport à la moyenne de la zone d'étude.

Cases oranges : valeurs faibles par rapport à la moyenne de la zone d'étude.

	Loing	Ouanne amont	Ouanne aval	Branlin	Vrin	Tholon	Total
Surface totale	835 ha	1551 ha	838 ha	956 ha	724 ha	748 ha	5650 ha
Forêt État-major (1837)	3,6%	1,4%	0,7%	5,1%	0,4%	7,5%	2,9% (165 ha)
Peupleraie État-major (1837)	?	?	?	?	?	?	?
Forêt contemporaine (2007)	14,7%	8,9%	11,5%	19,1%	6,3%	31,8%	14,6% (823 ha)
Peupleraie contemporaine (2007)	9,9%	5,4%	10,6%	2,2%	6,7%	35,7%	10,5% (592 ha)
Forêt ancienne (1837 et 2007 ^(a))	1,8%	0,9%	0,4%	2,2%	0,3%	6,4%	1,8% (103 ha)
Forêt ancienne en bon état (1837 et 2007 ^(b))	1,4%	0,7%	0,3%	2,0%	0,3%	4,8%	1,5% (83 ha)

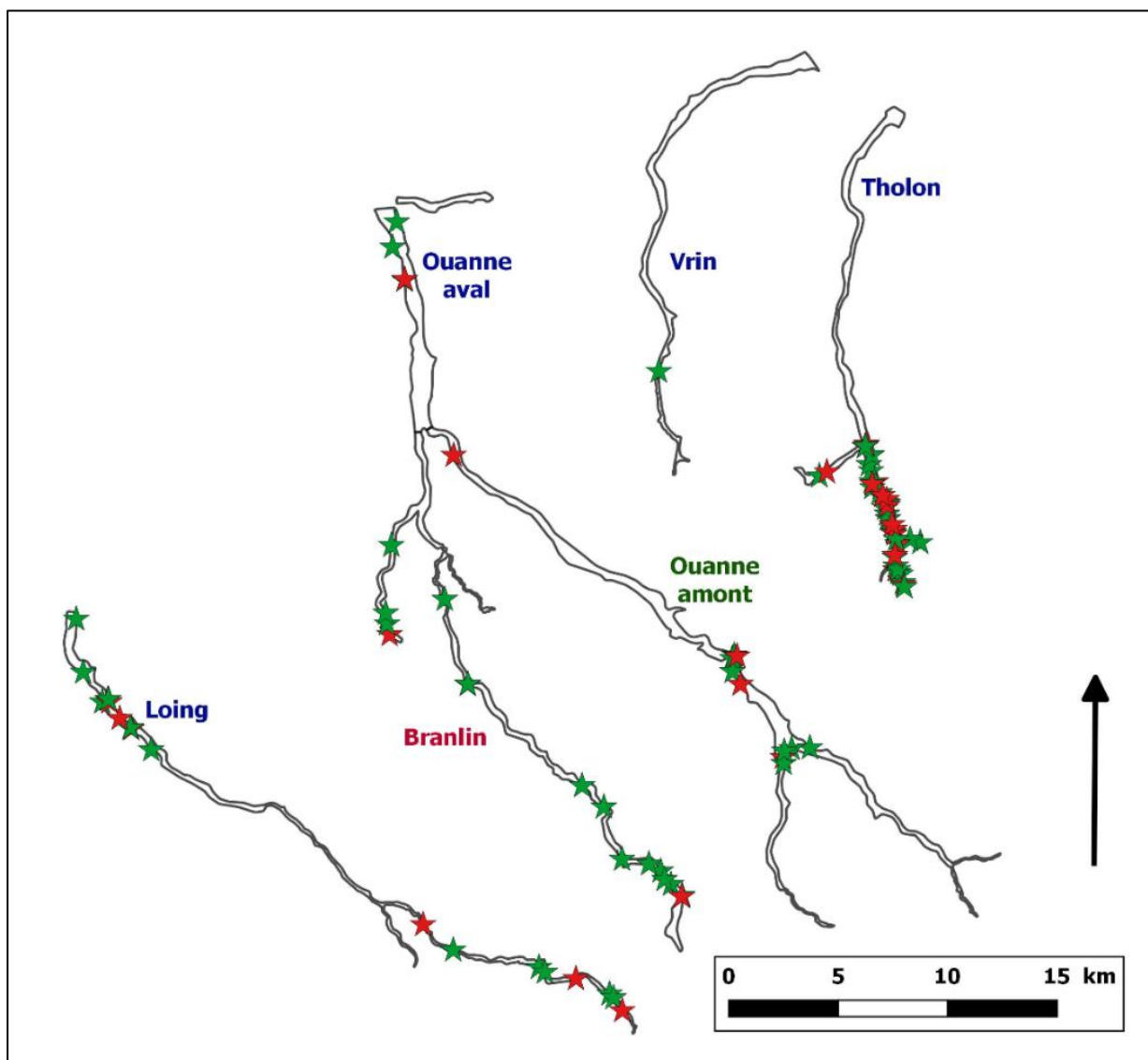
^(a) peupleraies de 2007 incluses.

^(b) peupleraies de 2007 exclues.

La superficie forestière de 1837 s'est maintenue pour les deux tiers, avec un assez bon état de conservation (80 % de la surface). **En 2007, la superficie de forêt ancienne s'élève à 103 ha dont 83 ha en bon état.**

En comparaison, les grandes vallées de champagne présentent une dynamique différente. Le taux forestier est resté constant en 170 ans (9 %) et seulement un quart de la superficie forestière de la carte d'État-major s'est maintenu jusqu'à aujourd'hui. L'évolution de la forêt peut donc être très différente suivant les vallées, y compris pour nos six sous-ensembles alluviaux de Puisaye. Si le Loing présente des caractéristiques représentatives de l'ensemble de la zone d'étude, le Vrin se distingue par son caractère très peu forestier et le Tholon, juste à côté, par son caractère forestier affirmé. Il y a même une variabilité interne dans chaque vallée, comme par exemple pour le Tholon qui concentre la totalité des forêts anciennes dans le tiers amont de son cours (cf. Carte 2).

Au total, **sur l'ensemble des vallées de Puisaye étudiées, nous comptabilisons 71 forêts anciennes d'une superficie moyenne de 1,46 ha. Il ressort que la forêt ancienne est très fragmentée**, près de la moitié des polygones ayant une superficie inférieure à un hectare. La Carte 2 présente la situation des forêts anciennes en Puisaye icaunaise.



Carte 2 : Carte de répartition de la forêt ancienne dans les vallées de Puisaye icaunaise.
(Étoiles vertes pour bon état de conservation, rouges pour mauvais état).

Tableau 2 : Évolution et état du linéaire en ripisylve des vallées de Puisaye icaunaise.

Cases vertes : valeurs élevées par rapport à la moyenne de la zone d'étude.

Cases oranges : valeurs faibles par rapport à la moyenne de la zone d'étude.

	Loing	Ouanne amont	Ouanne aval	Branlin	Vrin	Tholon	Total
Longueur totale cours d'eau	75 km	102 km	39 km	72 km	53 km	48 km	389 km
Ripisylve de forêt État-major (1837)	2,0%	0,6%	0,0%	3,5%	1,0%	10,3%	2,6% (10 km)
Ripisylve de peupleraie État-major (1837)	?	?	?	?	?	?	?
Ripisylve de forêt contemporaine (2007)	26,5%	16,9%	37,8%	40,5%	20,6%	39,9%	28,5% (111 km)
Ripisylve de peupleraie contemporaine (2007)	15,0%	9,6%	24,0%	4,1%	14,4%	41,5%	15,7% (61 km)
Ripisylve de forêt ancienne (1837 et 2007 ^(a))	0,4%	0,6%	0,0%	2,2%	1,0%	8,5%	1,8% (7 km)
Ripisylve de forêt ancienne en bon état (1837 et 2007 ^(b))	0,4%	0,3%	0,0%	2,0%	1,0%	5,8%	1,4% (5 km)

^(a) peupleraies de 2007 incluses.

^(b) peupleraies de 2007 exclues.

Le Tableau 2 présente les résultats concernant les ripisylves. Pour l'ensemble des vallées, sur un total de 389 km de cours d'eau, 29 % de la longueur est actuellement en ripisylve strictement forestière (44 % si on inclut les peupleraies). Cela est beaucoup plus que les taux forestiers contemporains présentés dans le Tableau 1 (respectivement 15 et 25 %). Par contre, la proportion du linéaire en ripisylve en 1837 et en ripisylve ancienne en 2007 est similaire (près de 2 %). **L'augmentation de la superficie forestière, entre 1837 et 2007, serait en grande partie attribuable à l'élargissement des ripisylves au cours du temps.** Ce processus est d'ailleurs visuellement perceptible lors de la comparaison des photos aériennes de 1950 et 2007.

La cartographie montre que **les forêts anciennes de Puisaye sont rares. Cette rareté est surtout liée à des défrichements antérieurs à 1837.** Cependant, **leur caractère subnaturel semble bien conservé**, au regard des photos aériennes. **Les ripisylves anciennes sont encore plus rares** car elles ne concernent que les parties de forêt ancienne qui sont au contact de la rivière.

En revanche la forêt récente est en pleine expansion qui se ferait préférentiellement depuis les ripisylves. Conjugué à la validation des concepts de forêt et ripisylve anciennes, **cela met en avant le fort potentiel de la ripisylve contemporaine pour assurer la connectivité des vestiges de forêt et de ripisylve anciennes.**

ÉTUDES SUR LA FAUNE AQUATIQUE

En complément des études de validation des concepts de forêt et ripisylve anciennes pour la flore, trois études exploratoires ont été réalisées sur la faune aquatique.

La première est une évaluation de la qualité écologique du milieu via l'étude des macroinvertébrés aquatiques sur un sous-échantillon du dispositif d'étude de la flore des ripisylves, sur l'Ouanne amont et le Branlin. Ainsi, 8 des 24 ripisylves étudiées pour la flore ont été sélectionnées, dont 4 en ripisylve ancienne et 4 en ripisylve récente. Ces stations ont fait l'objet de l'application du protocole I2M2* sur des tronçons de rivière d'une longueur de 60 à 100 m. La finalité du protocole I2M2 est de produire un Indice « Invertébrés Multi-Métrique » qui est couramment utilisé pour résumer la qualité écologique d'une rivière. Cet indice repose sur la synthèse de 5 critères apportant des informations complémentaires :

- nombre d'espèces,
- équitabilité de la représentation des espèces par leur abondance,
- proportion d'espèces indicatrices de l'altération physico-chimique de l'eau,
- proportion d'espèces indicatrices et de l'instabilité du milieu,
- degré de sensibilité du peuplement aux polluants.



Photos 3 : Exemples de macroinvertébrés trouvés dans la zone d'étude. De gauche à droite : Hydropsyche, Gammare, Oligochète, Chironome, et Hydrobie.

Sur l'ensemble des 8 sites échantillonnés, l'I2M2 indique une qualité allant de médiocre à bonne. **La qualité est globalement plus dégradée qu'attendu** en comparaison du dernier état des lieux connu sur ce secteur, potentiellement attribuable à des pressions anthropiques s'exerçant sur le bassin (transferts de pesticides, urbanisation, etc.).

L'indice synthétique et les 5 critères présentent, de façon déroutante, **une tendance à une moindre qualité des quatre ripisylves anciennes par rapport aux quatre ripisylves récentes.** Cette tendance n'est pas attribuable à une différence de morphologie de la rivière, majoritairement constituée de granulats grossiers dans les deux cas. Elle serait potentiellement liée à la différence de composition en espèces ligneuses poussant sur la berge, avec un plus grand nombre d'espèces sur les ripisylves récentes. Cette plus grande richesse en arbres et arbustes pourrait alors générer une plus grande diversité d'habitats dans la rivière, propice à accueillir une plus grande diversité de macroinvertébrés aquatiques. Comme pour la flore, **les ripisylves anciennes présentent donc des assemblages faunistiques différents de ceux des ripisylves récentes et des cortèges potentiellement plus tolérants à la qualité du milieu.** Le nombre de sites étant limité, il est cependant difficile de tirer des conclusions définitives.

La deuxième étude, toujours sur les macroinvertébrés aquatiques, **mobilise les données préexistantes I2M2 de 36 sites** (incluant les 8 sites précédents) dans la zone d'étude élargie au Loing. Comme les ripisylves anciennes sont très rares sur la zone d'étude, nous ne pouvons guère progresser sur l'effet direct de l'ancienneté de la ripisylve sur les communautés aquatiques. Nous l'intégrons donc de façon indirecte en prenant en compte la quantité de forêt ancienne dans le paysage en amont de chacun des 36 sites.

Plusieurs échelles de paysage (du bassin versant à une bande tampon de 30 m) ont été examinées. Nous retenons ici l'échelle alluviale comme la plus pertinente. A cette échelle, les forêts anciennes sont souvent incluses dans des ensembles paysagers peu artificialisés (forêt-prairie par opposition à culture-urbain). C'est donc plutôt l'effet comparé de paysages modifiés récemment (culture-urbanisation) et de paysages semi-naturels historiques (forêt ancienne-prairie) que nous étudions ici.

Sur l'ensemble des stations, la diversité des peuplements de macroinvertébrés aquatiques (168 taxons*) est en majeure partie liée aux nombreux taxons peu fréquents et peu abondants. Les taxons les plus abondants ne sont pas les mêmes d'une station à l'autre mais sont fonctionnellement proches et probablement généralistes.

Nous observons que la **qualité écologique du milieu augmente d'amont en aval** dans notre cas (Figure 3).

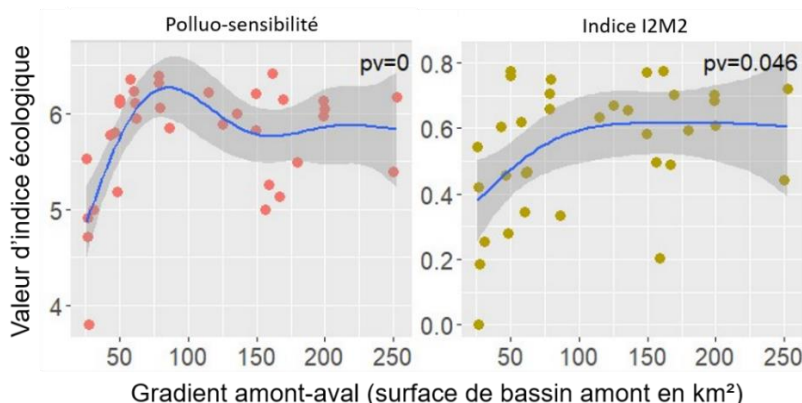


Figure 3 : Relations entre le gradient amont-aval et la polluo-sensibilité des peuplements d'invertébrés (à gauche) et l'indice I2M2 de qualité générale du milieu (à droite). Ces relations montrent une meilleure qualité écologique des cours d'eau en aval qu'en amont pour cette zone d'étude. (pv : p-values des tests non-paramétriques de significativité au seuil de 5% des relations représentées en bleu).

De plus, on observe généralement **une plus forte richesse taxonomique* et une meilleure qualité du milieu aquatique dans les paysages ayant subi le moins d'altérations récentes**.

Toutefois, les relations entre qualité écologique de la rivière et type de forêt dominant semblent dépendre du contexte paysager. Ainsi, nous notons **un effet plutôt négatif des forêts anciennes lorsque celles-ci sont associées à des prairies, ce qui n'est pas le cas lorsqu'elles sont associées à des forêts récentes**. La présence de ripisylve dense et continue serait un atout lorsque le contexte autour du cours d'eau est dégradé, par exemple en tant que source d'ombrage ou de zone tampon pour la rétention de polluants. En contexte forestier, elle pourrait toutefois amplifier l'apport de matière organique au cours d'eau, au détriment des espèces qui préfèrent des eaux claires et bien oxygénées.

La troisième étude s'intéresse aux poissons sur les mêmes rivières que la deuxième étude. Elle mobilise des données préexistantes sur 13 sites cumulant 28 espèces. Les résultats mettent en avant **l'effet prépondérant du gradient amont-aval**. En amont le peuplement de poissons compte peu d'espèces qui affectionnent les petits cours d'eau (principalement Chabot, Loche franche et Vairon) alors que l'aval comptabilise un plus grand nombre d'espèces adaptées au cours d'eau de plus grande taille. **Nos données ne permettent donc pas de mettre en évidence un effet du paysage alluvial environnant sur les peuplements de poissons**.

Les trois études exploratoires portent sur des quantités de données réduites, et sur des sites insuffisamment contrastés quant à la quantité de forêt ancienne par rapport à celle de forêt récente dans le voisinage immédiat. Nos résultats sont donc à considérer avec précaution quant à l'influence des forêts et ripisylves anciennes sur la faune aquatique. Pour les poissons, nous n'avons pas détecté d'influence, l'effet amont-aval étant grandement prépondérant. Pour les macroinvertébrés, il se dégage toutefois que les assemblages d'espèces sont différents entre ripisylve ancienne et récente. Comme pour la flore, on peut s'attendre à ce que les deux composantes contribuent de concert à la biodiversité

écologique de la zone d'étude. Nos travaux sur la faune aquatique, s'ils ne permettent pas de conclure, préfigurent donc les hypothèses qui seraient à tester avec un dispositif plus ambitieux.

CONCLUSION - PRÉCONISATIONS POUR LA GESTION

Les études menées, comparant les forêts et ripisylves anciennes aux forêts et ripisylves récentes, montrent une complémentarité des deux contextes d'ancienneté pour la biodiversité floristique terrestre et des macroinvertébrés aquatiques.

Cependant, **le concept de forêt et ripisylve anciennes n'a pu être validé que pour la flore**. Toujours pour la flore, à ancienneté constante, **la ripisylve présente un plus grand nombre d'espèces indicatrices de forêt ancienne**. Les ripisylves récentes en comptent autant que les forêts anciennes et **les ripisylves anciennes constitueraient un réservoir précieux pour ces espèces**.

Il faut aussi tenir compte de la quantité et de la répartition des forêts et ripisylves, soit anciennes, soit récentes, dans le paysage, avant de formuler des préconisations pour la gestion. Le volet cartographie du projet relève de cette préoccupation. Ainsi, nous savons que, pour les vallées de Puisaye icaunaise (5650 ha, 389 km de rivière), **la forêt subnaturelle est en forte augmentation** (surface multipliée par cinq en 170 ans), **générant une quantité importante de forêts récentes** (720 ha) **et encore plus de ripisylves récentes** (104 km). En comparaison, **la part de forêt ancienne** (103 ha) **et de ripisylve ancienne** (7 km) **est minime** et se présente de façon hétérogène et fragmentée dans le paysage alluvial.

L'ensemble de ces résultats nous permet de proposer une stratégie pour optimiser la biodiversité floristique alluviale de Puisaye et tout particulièrement la composante de forêt ancienne. Pour cela, nous établissons une différence entre **préserver** (maintenir l'état le plus naturel possible), **conserver** (exploitation de bois possible mais subordonnée à la recherche d'un bon état écologique) et **gérer durablement** (objectif de production affiché en préservant du mieux possible les fonctions écologiques).

Nous proposons, avec les ordres de priorité (1), (2) et (3), de :

(1) Préserver les ripisylves anciennes qui constituent le meilleur **réservoir en espèces de forêt ancienne**.

(1) Préserver les ripisylves et forêts récentes les plus humides, qui hébergent une flore patrimoniale et qui sont menacées d'assèchement avec le changement climatique et la surexploitation de la ressource en eau.

(2) Conserver les forêts anciennes en maintenant les essences forestières naturellement en place.

(2) Conserver les ripisylves récentes connectées ou proches des ripisylves et forêts anciennes.

(3) Gérer durablement les autres ripisylves et forêts récentes.

Chaque vallée de Puisaye icaunaise ayant ses propres caractéristiques, la stratégie opérationnelle devra être déclinée pour chacune d'elles. Il y a probablement des priorités et des hiérarchies à établir collégialement entre les différents acteurs de l'aménagement et de la gestion de ces territoires.

GLOSSAIRE

Alluvial* : relatif aux alluvions, dépôts sédimentaires constitués d'éléments fins ou grossiers laissés par un cours d'eau. Ici, il s'agit de la formation géologique d'alluvions récentes, codée Fz sur les cartes géologiques au 1/50 000^{ème} du BRGM.

Connectivité* : à l'échelle d'un paysage, continuité des flux de semences, d'espèces animales, de matière et d'énergie entre les unités fonctionnelles d'un système écologique donné, ici principalement les forêts anciennes.

Digitalisation* : méthode de numérisation consistant à reproduire le contenu d'une image à partir d'éléments géométriques simples, ici des polygones et des segments de droites.

Espèces indicatrices de forêt ancienne* : espèces dont la présence renseigne un état boisé depuis au moins deux siècles. Ces espèces à faible pouvoir de dissémination ne sont pas absentes des forêts récentes mais y sont moins fréquentes. Des listes nationales et européennes ont été établies pour la flore vasculaire.

Espèces patrimoniales* : ici, ensemble des espèces végétales qui sont protégées, menacées ou indicatrices des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) en région.

Flore vasculaire* : flore incluant les espèces végétales dotées de vaisseaux, ici les plantes à fleur et les fougères poussant sur le sol.

Forêt ancienne* : espace boisé qui n'a pas connu de défrichement depuis une longue période, ici 170 ans. Une exploitation forestière, même très forte, n'est pas considérée comme un défrichement du moment que le sol n'est pas retourné.

I2M2* : l'indice Invertébrés Multi-Métrique est couramment utilisé pour résumer la qualité écologique d'une rivière. Il se base sur l'échantillonnage puis l'évaluation des communautés de macroinvertébrés par rapport à un état de référence. Le calcul de l'indice repose sur la combinaison de cinq métriques qui apportent des informations complémentaires sur l'état du milieu : richesse spécifique, équitabilité, structure de la diversité taxonomique, niveau d'altération physico-chimique, et degré de pollution-sensibilité.

Macroinvertébrés* : ensemble des animaux visibles à l'œil nu et qui ne possèdent pas de squelette. Les macroinvertébrés aquatiques vivent dans les cours d'eau sur et dans les sédiments. Ils sont constitués d'insectes (larves, nymphes, adultes) ainsi que de mollusques, vers et crustacés.

Orthorectification* : correction géométrique des images qui a pour but de les présenter comme si elles avaient été acquises depuis la verticale. En pratique, il s'agit de rendre l'image acquise par le satellite superposable à une carte.

Placette* : surface de faible étendue, localisée géographiquement et installée pour diverses utilisations, ici pour l'inventaire de la végétation sur une superficie de 200 m² (20 x 10 m).

Richesse taxonomique (ou spécifique)* : nombre de taxons (ou d'espèces) animaux ou végétaux.

Ripisylve* : partie de la forêt alluviale la plus proche du cours d'eau, parfois réduite à un rideau d'arbres, ici appartenant à une bande boisée d'au moins 20 m de large.

SIG* : Système d'Information Géographique, système informatique conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

Subnaturel* : se dit d'une végétation dont l'aspect naturel masque les traces d'anciennes activités humaines. Il s'agit ici de peuplements forestiers issus de la régénération naturelle d'espèces d'arbres autochtones et ne subissant pas de coupes rases.

Taxon* : élément d'une classification systématique des organismes sans préjuger du rang que cet élément occupe. Il s'agit ici du rang d'espèce pour la flore et les poissons, et du rang d'espèce, du groupe d'espèces, ou du genre pour les macroinvertébrés aquatiques.

BIBLIOGRAPHIE

BARUCH N. 2020 - *Guide pratique pour la gestion durable des ripisylves et des forêts alluviales, à destination des propriétaires et des gestionnaires forestiers*. CRPF Bourgogne-Franche-Comté, Conseil Départemental de l'Yonne, Auxerre, 11 p.

CHEVALIER R., ARCHAUX F., DESSANGES B., EVETTE A., GIRON DIN M., JELIAZKOV A., MARTIN H., Le PICHON C., TALES E., TOUZET T. et ZAHM A. 2020 – *FRAPVAL : Forêts et Ripisylves Anciennes des Petites Vallées de la Puisaye. Rapport scientifique*. INRAE, Nogent-sur-Vernisson, 84 p.

CHEVALIER R., BERTHELOT A., CARNNOT-MILARD L., DUPREZ M., GALLAND M., GAUDIN S. et PERRIER C. 2009 – La Flore des forêts anciennes. Validité et utilité pour la conservation des forêts alluviales de Champagne. *Symbioses*, Nouvelle série, 24 : 4-12.

DUPOUEY J.L., SCIAMA D., KOERNER W., DAMBRINE E. et RAMEAU J.C. 2002 – La Végétation des forêts anciennes. *Revue forestière française*, LIV (6) : 521-532.

GIRAULT D. 1988 – *Les stations forestières de la Puisaye*. Cemagref, Nogent-sur-Vernisson, 246 p.

HERMY M., HONNAY O., FIRBANK L., GRASHOF-BOKDAM C. et LAWESSON J.E. 1999 – An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation*, 91 : 9-22.

MONDY C.P., VILLENEUVE B., ARCHAIMBAULT V. et USSEGLIO-POLATERA P. 2012 – A new macroinvertebrate-based multimetric index (I₂M₂) to evaluate ecological quality of French wadeable streams fulfilling the WFD demands : A taxonomical and trait approach. *Ecological Indicators*, 18 : 452-467.

RAMEAU J.C., MANSION D., DUMÉ G., TIMBAL J., LECOINTE A., DUPONT R. et KELLER R. 1989 – *Flore forestière française. Guide écologique illustré. Tome 1 : Plaines et collines*. IDF, Paris, 1785 p.

THIBERVILLE M. 2014 – Les forêts anciennes des vallées de Champagne-Ardenne : de la connaissance scientifique à la communication publique. *Bulletin de la Société d'Étude des Sciences Naturelles de Reims*, n° 27-28 : 27-34.

TACHET H., RICHOUX P. 2010 – *Invertébrés d'eau douce : Systématique, biologie, écologie*. CNRS, 607 p.

REMERCIEMENTS

Nous remercions en premier lieu le Conseil Départemental de l'Yonne, qui a sélectionné et soutenu le projet FRAPVAL, dans le cadre de l'appel à projets « Protection de la ressource en eau et des milieux humides dans l'Yonne » publié en 2015.

Nous remercions aussi les structures partenaires du projet :

- les unités de recherche EFNO (Nogent-sur-Vernisson, 45) et HYCAR (Antony, 92) de l'Irstea (aujourd'hui INRAE) pour le soutien complémentaire en autofinancement de la partie scientifique du projet ;
- la délégation Yonne du CRPF Bourgogne-Franche-Comté (Auxerre, 89) pour le soutien complémentaire en autofinancement d'une partie des actions de vulgarisation (plaquette, visite de terrain) et pour son appui lors des prospections de terrain ;
- le service de l'Inventaire Forestier de l'IGN (Nogent-sur-Vernisson, 45) pour la fourniture gracieuse des fonds carto-photographiques ainsi qu'un appui méthodologique pour leur utilisation ;
- la Régie rivière de la Fédération des Eaux de Puisaye-Forterre (Toucy, 89) pour sa participation au comité de pilotage, pour son appui lors des prospections de terrain et pour la fourniture d'une base de données sur les berges ;
- l'EPAGE du Loing (Montargis, 45) pour sa participation au comité de pilotage, en continuité de la Régie rivière de la Fédération des Eaux de Puisaye-Forterre.