



De haut en bas et de gauche à droite : Peuplier noir (photo Sébastien Sol) - Larve d'Éphémère (photo Marion Laprun)
Grenouille de Lessonae (photo Laura Lugris) - Tanytastix stagnalis (photo Christophe Parisot).

EDITORIAL

Depuis plusieurs années, l'ANVL accueille des stagiaires universitaires dans le cadre de leurs études. Tout en leur permettant d'effectuer des stages nécessaires à la validation de leurs diplômes, ce partenariat permet à notre association de faire effectuer des travaux et des recherches sur des sujets spécifiques. Dans ce contexte l'année 2008 aura été particulièrement prolifique puisque quatre stagiaires ont effectués un stage à l'ANVL. La qualité de leurs travaux et l'intérêt des sujets nous a incité à en publier les résultats dans notre revue.

Laura LUGRIS nous invite à la découverte d'une espèce d'amphibiens à la taxonomie controversée : la Grenouille de Lessonae. Elle nous fournit des éléments précieux pour l'identification de ce taxon sujet à hybridation, et sur les conditions physico-chimiques des mares qu'elle fréquente en forêt de Fontainebleau : des informations fort utiles pour les gestionnaires....

Les carrières alluvionnaires de la Bassée font depuis 2006 l'objet d'un suivi en vue de produire des indicateurs de biodiversité. Ce programme baptisé du nom de code « ROSELIERE » bénéficie d'un soutien de la région Ile-de-France et de l'Union Régionale des Producteurs de Granulats. Une première phase concernait essentiellement les milieux terrestres et ses résultats ont déjà été publiés dans le bulletin de l'ANVL. Le travail réalisé par Marion LAPRUN portait sur les milieux aquatiques et visait à tester une méthode standardisée de suivi devant produire à terme des indicateurs synthétiques permettant de qualifier et de suivre sur le long terme la qualité des écosystèmes aquatiques créés par les exploitations de matériaux.

Plusieurs articles concernant les crustacés phyllopoques de Fontainebleau et de la Bassée ont déjà été publiés dans le bulletin. Mais Claire POYER s'attache à décrire l'habitat préférentiel du rare *Tanymastis stagnalis*, incroyable espèce qui peut rester à l'état larvaire pendant des mois dans l'attente d'une pluviosité suffisante permettant d'alimenter les mares de platières. Cet article met en lumière l'exceptionnel intérêt de Fontainebleau pour cette espèce nationalement menacée.

Le Peuplier noir, à la différence des peupliers hybrides qui banalisent nos zones humides, est une espèce native de nos régions. Elle est caractéristique des vallées alluviales dont la dynamique naturelle n'a pas encore été totalement altérée par les aménagements hydrauliques (ce qui est encore le cas de la partie amont de la Bassée). L'étude menée par Sébastien SOL met en évidence les habitats préférentiels de l'espèce. Il évoque les menaces nombreuses qui pèsent sur elle. Au-delà, il propose des mesures de conservation et de gestion susceptibles d'améliorer le statut de conservation du Peuplier noir dans la Bassée.

Ces quatre études mettent en évidence les capacités d'expertises de l'ANVL. Nous sommes tout à fait conscients que leur lecture, parfois aride, nécessite une attention particulière. Mais nous avons également le sentiment que la publication d'études de ce type participe à la diffusion de la connaissance à laquelle l'ANVL est très attachée, surtout à une époque où le « ludique » prend de plus en plus le pas sur la culture et la science.

J'espère donc que vous prendrez du plaisir à parcourir le travail de ces jeunes scientifiques qui nous font découvrir des aspects souvent méconnus des richesses naturelles de notre territoire.

Enfin, je ne saurais conclure cet éditorial sans remercier sincèrement notre partenaire Natureparif, l'Agence Régionale pour la nature et la biodiversité en Île-de-France, qui une nouvelle fois fait confiance à l'ANVL en assurant la diffusion des connaissances contenues dans ce numéro spécial.

Bonne lecture !

Jean-Philippe SIBLET



Grenouille de Lessonae *Pelophylax lessonae*, marquée à l'aide d'un fil de coton
Photo Laura Lugris

SOMMAIRE

BATRACOLOGIE

Etude de la Grenouille de Lessonae (*Pelophylax lessonae*) en forêt de Fontainebleau, par Laura LUGRIS, p. 4

BOTANIQUE

Elaboration d'une stratégie de Conservation du peuplier noir (*Populus nigra* L.), par Sébastien SOL, p. 52

ZOOLOGIE

Les mares de platières du massif de Fontainebleau, habitat du crustacé phyllopode *Tanymastix stagnalis*, par Claire POYER, p. 20

Mise en place d'un protocole de suivi standardisé des invertébrés aquatiques sur douze carrières alluvionnaires, et premières idées d'interprétation, par Marion LAPRUN, p. 91



Coléoptère aquatique, genre *Haliphys*, photo Marion Laprun

BATRACOLOGIE

ETUDE DE LA GRENOUILLE DE LESSONAE *PELOPHYLAX LESSONAE* EN FORET DE FONTAINEBLEAU

Par Laura LUGRIS¹

INTRODUCTION

Les grenouilles vertes de France, genre *Pelophylax* depuis 2006, font partie des amphibiens les plus communs et les plus répandus. Pourtant parmi ce groupe se cache en vérité une importante complexité d'un point de vue de l'évolution biologique. Plusieurs espèces sont présentes au sein des grenouilles vertes mais également plusieurs kleptons : catégorie taxonomique d'origine hybride avec un mode de reproduction particulier dans lequel le taxon se reproduit uniquement par le biais d'un parasitisme sexuel sur un autre taxon (Dubois, 2007).

En Ile-de-France, trois groupes du genre *Pelophylax* sont présents : deux espèces, *Pelophylax lessonae*, *Pelophylax ridibundus* et un klepton, *Pelophylax kl. esculentus* (INPN). Cette dernière, qui n'est pas une espèce au sens biologique du terme, est issue de processus d'hybridogenèse s'exerçant entre *Pelophylax lessonae* et *Pelophylax ridibundus*. Aussi, les populations de *Pelophylax ridibundus* ne sont réputées autochtones que dans l'est de la France (Graf & Polls-Pelaz, 1989 ; Neveu, 1989), ont subi une pollution génétique due aux croisements entre différentes espèces importées pour le marché alimentaire (Neveu, 1997). Au sein du genre, *Pelophylax lessonae* serait alors la seule espèce indigène dans la région.

Or *Pelophylax lessonae* est une espèce méconnue et à priori rare et menacée [Joly, comm. pers.], notamment dans le massif forestier de Fontainebleau. Quelques sites sont connus en Ile-de-France pour héberger l'espèce mais ils sont peu nombreux et il semblerait qu'elle y soit en régression [Lescure, comm. pers.].

L'enjeu patrimonial est donc important car en plus de son caractère indigène en Ile-de-France, *Pelophylax lessonae* bénéficie d'un statut de protection particulier : protection nationale intégrale, annexe IV de la Directive Habitats Faune Flore adoptée par la communauté européenne en 1992. Elle est également protégée par l'annexe 3 de la Convention de Berne « relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe » et « à surveiller » dans le Livre rouge France qui est une déclinaison Française de la liste rouge de l'union mondiale pour la conservation de la nature.

En 2007, Pierre Joly, chercheur à l'université Claude Bernard (Lyon I), a détecté la présence de *Pelophylax lessonae* lors d'une étude qu'il menait sur *Hyla arborea* dans un site de la forêt domaniale de Fontainebleau : les mares des Coulevreux. Or l'espèce n'avait jamais été recensée dans le massif de Fontainebleau.

Deux sites seront étudiés et comparés pendant les six semaines de stage : les mares de Chanfroy et celles des Coulevreux où l'espèce aurait précédemment été aperçue (Joly, 2007). L'étude permettra de récolter des données quantitatives en déterminant la proportion de *Pelophylax lessonae* ainsi que des données qualitatives en étudiant de manière plus approfondie les critères morphologiques de l'espèce et des hybrides.

¹ANVL, Laboratoire de biologie végétale, Route de la Tour Dénecourt, 77300 Fontainebleau

Problématique

Quel est le pourcentage de *Pelophylax lessonae* dans la population de grenouilles vertes dans les mares des Coulevreux où l'espèce a précédemment été aperçue ? Qu'en est-il des mares de la plaine de Chanfroy, géographiquement proches mais présentant des caractéristiques très différentes ? Quelles sont les raisons de la présence de l'espèce dans les mares étudiées ? Quelles sont les caractères morphologiques discriminants permettant d'identifier l'espèce ?

Matériels et Méthodes

1 - Zone d'étude :

La zone d'étude comprend deux sites dans le massif forestier de Fontainebleau au Sud du département de Seine-et-Marne (cf. photo 1) :

- les mares de la platière des Coulevreux situées dans la forêt domaniale de Fontainebleau ;
- les mares de la plaine de Chanfroy situées dans la forêt domaniale des Trois-Pignons.

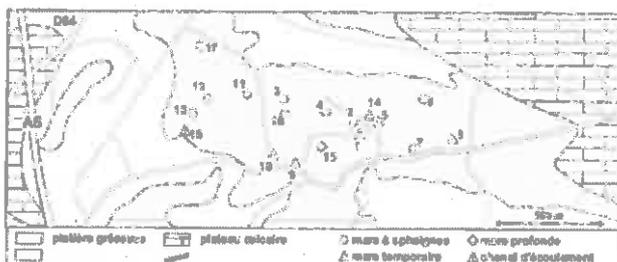
Les mares de la platière des Coulevreux ont été choisies car il s'agit de la zone de découverte de *Pelophylax lessonae* (Joly, 2007). La seconde zone d'étude, la plaine de Chanfroy a été retenue car il y aurait une suspicion quant à la présence de l'espèce suite à de précédentes observations (Parisot, 2007). Bien que les deux sites soient géographiquement proches, 2km à vol d'oiseau, ils possèdent des caractéristiques très différentes, ce qui présente un intérêt particulier en matière de comparaison d'habitat.

Les mares de la plaine de Chanfroy et celles des Coulevreux sont situées dans des réserves biologiques dirigées.

1-1 Les mares de la platière des Coulevreux (cf. photo 2) :

Les mares des Coulevreux sont situées au Sud-Ouest de la forêt domaniale de Fontainebleau, parcelle 631. Elles se trouvent sur une platière qui s'étend sur une superficie d'environ 39 ha. Cette platière présente la plus grande valeur patrimoniale parmi toutes celles de la forêt domaniale de Fontainebleau de part sa biodiversité floristique et faunistique, et le statut « rare » ou « protégé » d'une partie de cette biocénose (Nieves Liron et Royaud, 2001). Les mares et zones tourbeuses représentent une part importante de cette biodiversité.

Figure 1 : Plan de situation des mares des Coulevreux



Cette planimétrie illustre la platière des Coulevreux et plus sa situation des mares prises en compte.

Noter la distribution des différents types de mares : la partie orientale de la platière comprend les mares profondes et permanentes, les zones présentant de fortes irrégularités ; la partie occidentale de la platière est caractérisée par des mares moins profondes et à sphagnes.

La précédente observation de *Pelophylax lessonae* avait été faite dans la mare permanente profonde (mare 2 sur la figure 1).

Cette mare sera notée « mare 1 » dans cet article. A proximité, se situe une autre mare permanente où des prospections seront réalisées (mare 4 sur la figure 3), elle sera notée « mare 2 » dans cet article.

Concernant la végétation, les platières sont recouvertes d'une callunaie boisée de Pins sylvestres avec quelques chênes et bouleaux épars. Au niveau des mares et zones humides, la végétation est abondante. Il y avait douze espèces de sphaignes recensées aux Coulevreux en 2004, dont certaines peu communes en France (ex : *Sphagnum rubellum*). Les espèces les plus courantes étant *Sphagnum cuspidatum*, *Sphagnum*

palustre et *Sphagnum papillosum*. On y trouve également en abondance des touradons de molinie mêlés de joncs, ou des phragmites (principalement au niveau de la mare 2). Des saules marsaults bordent les deux mares.

1-2 Les mares de la plaine de Chanfroy (cf. photo 3) :

La plaine de Chanfroy est située dans le massif des Trois-Pignons, à l'Ouest de la forêt domaniale de Fontainebleau. Il s'agit d'une « vallée sèche » délimitée par deux barres rocheuses : le « Corne Biche » et le « Rocher de la Reine ». Jusqu'au début des années 80, les graviers calcaires y étaient exploités. Ce site a ensuite été remblayé par les déchets de la ville de Fontainebleau avant d'être « remis » en état. Les mares de Chanfroy, situées parcelle 81, sont en grande partie artificielles. Toutefois, le site possède une grande richesse floristique d'autant plus que certaines de ces espèces sont rares, d'où son statut actuel de réserve biologique dirigée.

La plaine de Chanfroy est recouverte de graviers calcaires (grèze) en mélange avec du sable siliceux provenant tout deux du colluvionnement sur les pentes des barres rocheuses adjacentes.

La plaine de Chanfroy comporte une végétation qui s'est adaptée aux conditions « extrêmes » (sécheresse du substrat du fait de sa perméabilité et lieu des plus fortes amplitudes de température du massif) qui y règnent : une pelouse rase comprenant plusieurs associations végétales, des landes dont la forme principale est une callunaie sèche, des arbustes isolés ou groupés par bosquets. Au niveau des mares, la végétation présente moins de spécificité en abritant une flore (surtout composée de phragmites) de zone humide plus classique que sur le site des Coulevreux.

3 – Modèle d'étude

Pelophylax lessonae (anciennement *Rana lessonae*) est une petite grenouille verte occupant les zones moyennes et septentrionales de l'Eurasie. Elle a été décrite en 1882 par Camerano.

La présence du klepton *Pelophylax kl. esculentus*, possédant des critères morphologiques et comportementaux intermédiaires à ceux de *Pelophylax lessonae* et de *Pelophylax ridibundus*, rend l'identification des grenouilles de lessona difficile. Le moyen le plus sûr pour déterminer l'espèce est, de façon certaine, l'analyse génétique. Cependant, l'identification est rendue possible grâce à l'existence de critères morphologiques précis qui différencient *Pelophylax lessonae* des autres grenouilles vertes. C'est en particulier grâce au croisement de ces différents critères que l'identification peut être rendue plus sûre.

Clé d'identification de *Pelophylax lessonae* adulte (Duguet et Melki, 2003) :

- taille petite à moyenne : au maximum 70mm pour les mâles, 80mm pour les femelles.
- coloration de la face supérieure souvent vert d'herbe.
Les replis latéro-dorsaux sont brun-bronze et bordés de taches noires fusionnées.
Le mâle reproducteur prend une coloration jaune citron, parfois brunâtre avec l'iris de l'œil doré.
- face postérieure des cuisses marbrée de sombre sur fond jaune, orangé ou vert clair.
- membres postérieurs assez courts.
- tubercule métatarsien en forme de demi-cercle très proéminent, grand, de couleur blanchâtre ou rosâtre.
- pour les mâles, sacs vocaux gonflés blancs purs.
- dents vomériennes arrondies très écartées.

	<i>Pelophylax lessonae</i>	<i>Pelophylax ridibundus</i>	<i>Pelophylax kl. esculentus</i>
taille	petite à moyenne max 70 M, 80 F	grande max 130mm	moyenne max 90 M, 120 F
Coloration face dorsale	souvent vert d'herbe	brun-olive, parfois brunâtre ou jaunâtre ou en parti vert d'herbe, dos plus foncé que flancs et tête.	vert clair, vert d'herbe ou bleu-vert
taches face dorsale	taches irrégulières	taches brunes ou vertes avec formes régulières	taches irrégulières
coloration face ventrale	blanc uniforme, ou parfois taché ou marbré de gris	souvent taché ou marbré de gris ou de noir	blanc uniforme ou parfois taché ou marbré de gris foncé
replis latéro-dorsaux	brun-bronze, bordés de taches noires fusionnées		
face postérieure des cuisses	marbrée de sombre sur fond jaune, orangé ou vert clair	blanchâtre, grisâtre ou verdâtre	marbrée de sombre sur fond jaune ou vert clair
Membre postérieur	court	long	court à long
tubercule métatarsien	demi-cercle très proéminent, grand brun rosâtre	peu proéminent, ovale à rectangulaire, moyen, souvent bicolore ou noirâtre	peu saillant, asymétrique déformé en direction de l'oeil, souvent bicolore
coloration mâle reproducteur	jaune citron		jaunâtre avec iris doré
sacs vocaux	gonflés : blancs purs au repos : blanchâtre, roussâtre	gonflés, au repos : gris foncé à noirâtre	gonflés, au repos : blanchâtre, gris moyen ou gris sombre
dents vomériennes	arrondies et très écartées	ovales, assez espacées	ovales, assez espacées

Tableau 1 : tableau de synthèse des critères morphologiques réalisés à partir de Duguet et Melki, 2003

4 – Protocole

Capture, identification et marquage :

La capture des grenouilles se fait à l'eau. De nuit, la lampe est braquée dans l'eau jusqu'à ce qu'une grenouille verte apparaisse dans le faisceau lumineux. La lampe éblouit la grenouille qui est ainsi immobilisée facilitant alors la capture à l'épuisette (épuisette à amphibiens, conseillée par le Muséum National d'Histoire Naturelle : maille du filet : 1mm ; profondeur du filet : 0,3m ; diamètre du filet : 0,2m ; longueur totale de l'épuisette : 1m45).

La grenouille est ensuite ramenée sur la berge où nous procédons rapidement, pour limiter le stress chez l'animal, à l'identification et au marquage. Nous remplissons le tableau d'identification qui a été conçu en prenant en compte les critères d'identification des grenouilles vertes présentes dans la région : *Pelophylax lessonae*, *Pelophylax ridibundus* et *Pelophylax kl. esculentus*.

individus	taille	coloration	taches	coloration	coloration	Forme	taille	couleur	couleur sacs vocaux	couleur corps	bande longitudinale dorsale	plis dorsaux-latéraux
espèce présumée:	museau-cloaque	vert:	coloration	blanc/uniforme:	jeune:	demi-cercle:	grand:	bicolore:	gonflés	jaune citron:	présence:	coloration
		vert clair:	bruns:	blanc tacheté:	orangé:	intermédiaire:						
photos de:	membre postérieur	vert olive:	vertes:	marbré:	vert clair:	aplatis:	petit:	resétre:	blanc:	blanc/âtre:	jaunâtre:	taches noirs fusionnées:
		bleu vert:	noires:	forme	verdâtre:	très prononcément:						
		brun olive:	irrég:lières:		grisâtre:	peu prononcément:			au repos			
		brunâtre:	régulières:		blanchâtre:				gris clair:			
		jaunâtre:			brunâtre:				roussâtre:			
						symétrique:			noirâtre:			
						non symétrique:						

Tableau 2 : Fiche individuelle d'identification de terrain

Des mesures sont effectuées sur l'animal à l'aide d'un pied à coulisse : la longueur du corps, prise du cloaque jusqu'au museau, la longueur du membre postérieur et celle du tibia de la grenouille.

Des photographies sont réalisées afin de constituer une base de données permettant d'étudier certains des critères morphologiques de référence : vue dorsale, vue ventrale, face postérieure des cuisses, tubercule métatarsien.

La grenouille est ensuite marquée à l'aide d'un fil de coton épais (marque DMC : retors mat art. 89) que l'on attache autour de la taille afin de ne pas re-capturer et donc de ne pas identifier un individu déjà prélevé (cf. photo 4). La problématique était de choisir un matériel à faible coût, facile à poser et avec le moins de conséquences possibles sur l'animal et l'environnement. Un fil de coton d'un diamètre suffisant pour ne pas blesser l'animal permet une reconnaissance temporaire de la grenouille.

Une fois le marquage effectué, la grenouille est relâchée à l'endroit de sa capture. Si plusieurs mares sont prospectées au cours de la même nuit, l'usage de gants en latex est nécessaire afin d'éviter l'éventuelle transmission de parasites d'une mare à l'autre.

Prélèvements d'eau :

Deux sessions de prélèvements d'eau ont été réalisées dans les mares étudiées : l'une en avril, l'autre en juin.

Les prélèvements sont réalisés grâce à un récipient fixé à une perche. Le préleveur s'avance dans l'eau autant que possible et prélève l'eau, bras et perche tendus en prenant soin de ne pas mettre de sédiments en suspension lorsque la profondeur est faible. Les prélèvements se font à environ 15cm de profondeur. Ils sont conservés dans des récipients opaques et mis au réfrigérateur si l'analyse ne peut se faire immédiatement.

L'analyse se fait par différents dosages basés sur des réactions colorimétriques (spectrophotomètre multiparamètre, référence C99-C200, de la marque Hanna Instruments avec réactifs liquides ou en poudre).

Les mesures de conductivité, température et pH sont réalisées en même temps que les prélèvements d'eau via un pH-mètre de la marque Hanna Instrument (référence 991300).

Tests statistiques :

Des tests de Student et de Mann et Whitney permettent de vérifier si les différences entre les mares sont, pour chaque paramètre chimique mesuré, significatives ou non. Au seuil de signification $\alpha = 0,050$, l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes a été rejetée pour les mesures de conductivité, de pH et de nitrates. Autrement dit, ces mesures sont significativement différentes entre les mares des deux sites. En revanche, l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes n'a pu être rejetée au seuil de signification $\alpha = 0,050$ pour les mesures de nitrites, phosphates et oxygène dissous.

Des analyses de données (Analyse de correspondances multivariées) ont été effectuées sur les critères morphologiques des grenouilles capturées.

RESULTATS

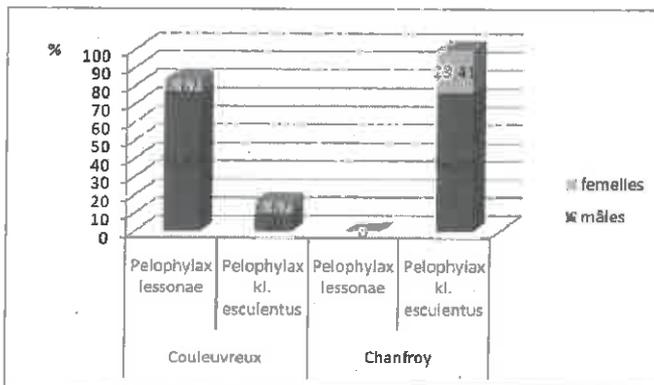
1 - Répartition des différentes espèces de grenouilles dans les sites étudiés :

		Couleuvreux	Chanfroy
Type <i>Pelophylax lessonae</i>	M	23	0
	F	2	0
Type <i>Pelophylax kl. esculentus</i>	M	3	36
	F	2	11

A Chanfroy, l'échantillon prélevé est de 47 individus, sur le site des Couleuvreux, l'échantillon est de 30 individus.

Tableau 3 : nombre de grenouilles répondant aux critères de *Pelophylax lessonae* et de *Pelophylax kl. esculentus* capturées par site

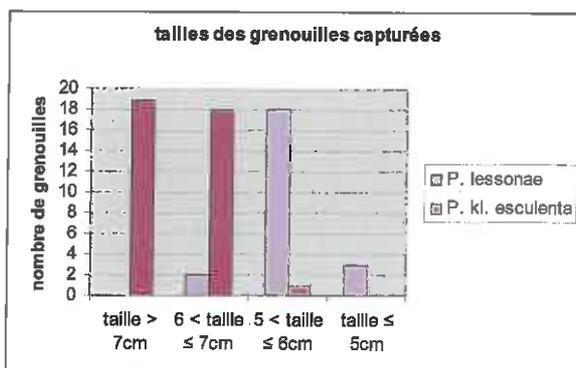
Figure 2 : pourcentage de grenouilles répondant aux critères de *Pelophylax lessonae* et de *Pelophylax kl. esculentus* capturées par site



2 - Caractéristiques des grenouilles capturées :

La taille du corps (cloaque-museau) :

Figure 3 : répartition des tailles des grenouilles mâles capturées :



La majorité des *Pelophylax lessonae*, soit 18 grenouilles mâles parmi les 23 capturées, présente une taille comprise entre 5cm et 6cm. Aucune d'entre elles ne possède une taille supérieure à 7cm.

Les tailles des grenouilles identifiées comme des hybrides font entre 6cm et 7cm pour la moitié d'entre elles, l'autre moitié possédant une taille supérieure à 7cm.

Le tubercule métatarsien :

Parmi les 77 grenouilles capturées, 22 possèdent les critères théoriques du tubercule métatarsien des *lessonae* : tubercule en demi-cercle, proéminent ou assez proéminent, et symétrique (cf. photos 5,6 et 7). La totalité de ces grenouilles ont été identifiées comme étant des *Pelophylax lessonae*. Seulement 3 grenouilles identifiées comme des *lessonae* ne possèdent pas ces critères, cependant ces dernières possédant tous les autres critères de référence, il a été choisi de les inclure dans les *Pelophylax lessonae*.

Les autres, c'est-à-dire les 52 grenouilles type *Pelophylax kl. esculentus*, possèdent un tubercule souvent asymétrique de forme et de proéminence variées mais jamais caractéristique du groupe des *lessonae*.

Les replis latéro-dorsaux :

Le critère « replis latéro-dorsaux brun-bronze » est présent chez la totalité des grenouilles capturées et identifiées comme *Pelophylax lessonae*. Les taches fusionnées sont présentes chez 22 d'entre elles (cf. photo 9). Chez certains individus, elles forment des bandes noires sous les replis latéro-dorsaux (cf. photo 8). Parmi les hybrides, peu d'entre eux ont les replis véritablement brun-bronze. La plupart possède des replis de la même couleur que le corps (verdâtre), ou grisâtre et légèrement bronze.

Les sacs vocaux pour les mâles :

Chez les grenouilles identifiées comme étant des *Pelophylax lessonae*, les sacs vocaux des mâles sont blancs ou roussâtres au repos, ils sont blanc pur lorsqu'ils ont pu être observés gonflés (cf. photo 10 et 11). Un seul individu parmi les 25 possédait des sacs vocaux gris clair au repos. Chez les grenouilles identifiées comme des *Pelophylax kl. esculentus*, les grenouilles possèdent des sacs vocaux gris clair à noirâtre au repos, et gris lorsqu'il ont pu être observés gonflés.

La face postérieure des cuisses :

Toutes les grenouilles répondant aux critères de *Pelophylax lessonae* possèdent la face postérieure des cuisses d'une couleur jaune vif se poursuivant parfois au niveau des flancs (cf. photo 12 et 13). Cette coloration est moins vive chez les deux femelles capturées. Chez les 52 grenouilles identifiées comme étant des hybrides, la coloration n'est pas présente ou moins marquée.

La face dorsale :

La couleur de la face dorsale des grenouilles identifiées comme *Pelophylax lessonae* est variable et s'étend du vert d'herbe au brun même si la couleur verte domine pour la majorité d'entre elles. La forme des taches dorsales varie également, certaines en sont dépourvues (cf. photos 14, 15 et 16). Les grenouilles identifiées comme des *Pelophylax kl. esculentus* possèdent également des colorations variables, même si pour la majorité d'entre elles le vert-olive et le brun-vert dominant.

La face ventrale :

Chez les grenouilles identifiées comme étant des *Pelophylax lessonae*, la face ventrale est souvent claire. Elle est d'un blanc quelquefois uniforme ou avec quelques taches noires bien délimitées (cf. photos 17 et 18). D'autres possèdent des taches noires plus denses mais toujours assez bien délimitées ou plus rarement des marbrures grises ou noires. Chez les hybrides, la face ventrale est rarement uniforme, les taches ou plus souvent les marbrures sont généralement nombreuses.

Synthèse :

Ce tableau de synthèse résume les caractères de référence (cf. clef d'identification) des *lessonae* présents ou absents des chez les 77 grenouilles capturées. La couleur des sacs vocaux gonflés n'a pas pu être observée à chaque capture, elle n'apparaît donc pas dans le tableau.

	Grenouilles totales	Type <i>P. lessonae</i>	Type <i>P. kl. esculentus</i>
Taille < 7cm (mâles)	42 (68,8%)	23 (100%)	19 (50%)
Tubercule métatarsien	22 (28,6%)	22 (88%)	0 (0%)
Replis L-D brun-bronzes	34 (44,2%)	25 (100%)	9 (17,3%)
Replis L-D taches fusionnées	31 (40,3%)	22 (88%)	9 (17,3%)
Couleur face post. des cuisses	36 (46,7%)	25 (100%)	11 (21,1%)
Couleur sacs vocaux repos	22 (36,1%)	22 (95,7%)	0 (0%)

Tableau 4 : tableau de synthèse présentant le nombre et le pourcentage de grenouilles présentant les critères morphologiques type des *Pelophylax lessonae*

Parmi les 25 grenouilles identifiées comme *Pelophylax lessonae*, 19 présentent 100% des critères caractéristiques de *Pelophylax lessonae*. Les 6 autres présentent 83,33% des critères caractéristiques de *Pelophylax lessonae*.

Analyse des données réalisées sur le tubercule métatarsien :

L'exemple du tubercule métatarsien a été choisi car il s'agit d'un critère extrêmement pertinent témoignant à lui seul de la variabilité pouvant exister entre les espèces de *Pelophylax* et les hybrides et entre les hybrides eux-mêmes. Une analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) a été effectuée sur les critères morphologiques du tubercule métatarsien.

Le tableau initial de données décrit les individus en fonction des critères suivant :

- La forme : en demi-cercle, intermédiaire ou aplati ;
- La proéminence : proéminent, assez proéminent ou peu proéminent ;
- La symétrie : symétrique ou asymétrique.

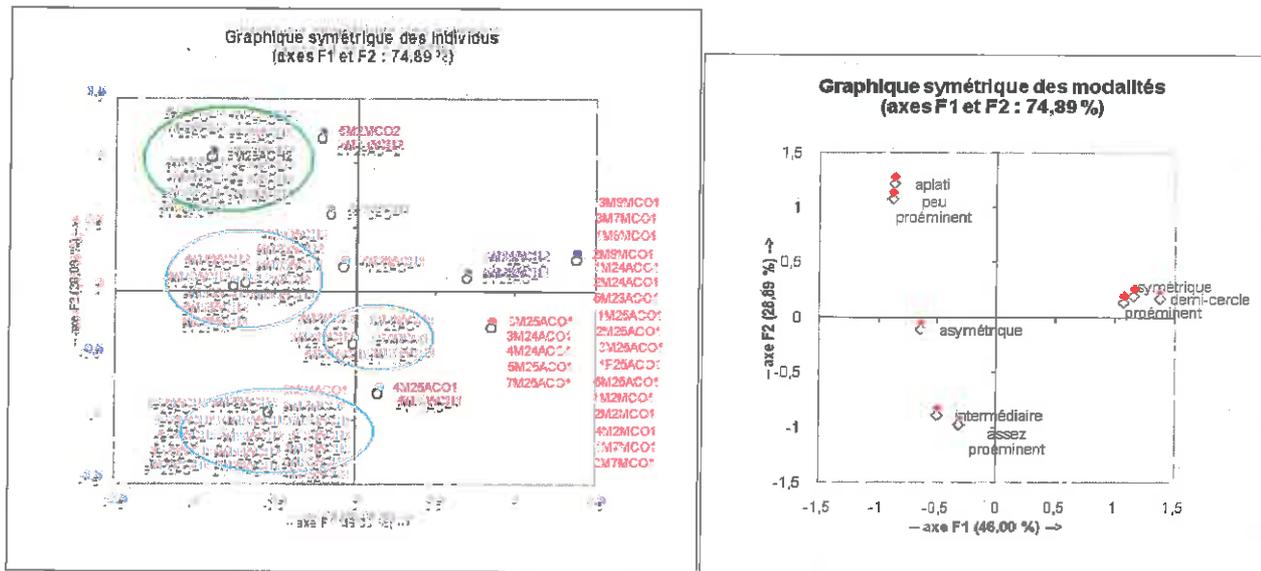
Figure 4 : AFCM réalisée sur les critères du tubercule métatarsien de l'ensemble des grenouilles capturées :

Les individus sont identifiés par un code : numéro de l'individu par ordre de capture, genre (mâle ou femelle), date et lieu de capture. Le diminutif CO signifie le site des couleuvreux, CH le site de Chanfroy.

En rouge : grenouilles type *lessonae*

En noir : grenouilles type *esculentus*

Entourage vert : groupes principaux formés par les hybrides



Les axes F1 et F2 expliquent 74,89% de la variance totale, c'est pourquoi ce plan factoriel a été choisi pour différencier des groupes d'individus.

L'axe 1 oppose les grenouilles avec un tubercule métatarsien symétrique, proéminent et en demi-cercle de celles possédant un tubercule asymétrique, assez ou peu proéminent, intermédiaire ou aplati.

L'axe 2 oppose les grenouilles avec un tubercule métatarsien peu proéminent et aplati de celles en possédant un assez proéminent et intermédiaire.

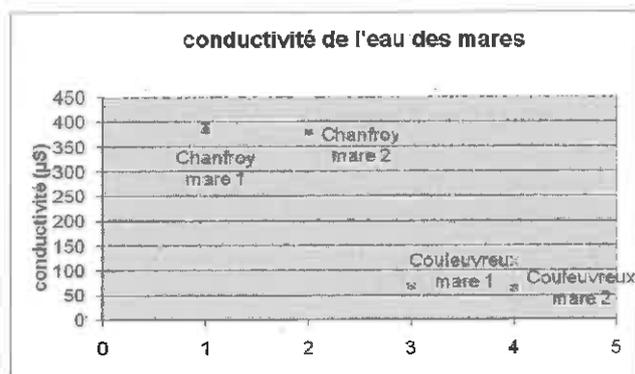
3 - Caractéristiques physico-chimiques des mares :

Les mesures ont été effectuées le 16 avril 2008 et le 16 juin entre 14h et 17h30. Il est à noter que lors de la mesure de juin, pour la conductivité, le pH et l'oxygène dissous, 4 mesures ont été réalisées par mare sur le site des Coulevreux et 2 mesures par mare sur le site de Chanfroy (les mares étant plus petites).

Sur les graphiques présentés ci-dessous, les points représentent les moyennes des mesures effectuées en avril et en juin. L'erreur standard est indiquée.

Mesure de la conductivité de l'eau :

Figure 5 : mesure de conductivité des mares de Chanfroy et des Coulevreux.

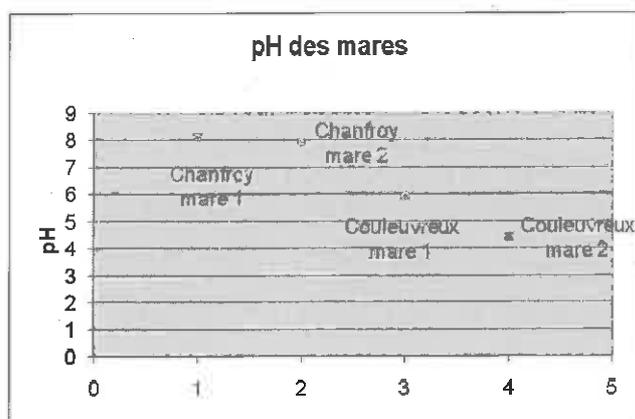


La conductivité des mares de Chanfroy est six fois plus élevée que celle des Coulevreux. Les mares des Coulevreux sont donc très faiblement minéralisées par rapport à celles de Chanfroy.

Les mesures en cations et anions majeurs n'ont pas été faites pour cette étude mais de précédentes données montrent leur faible teneur générale dans l'eau des mares des Coulevreux (Nieves Liron, Thiry et Royaud, 2004).

Mesure du pH :

Figure 6 : mesure du pH des mares de Chanfroy et des Coulevreux.



Les mares des Coulevreux montrent une acidité plus importante que celles de Chanfroy. Celles-ci présentent un pH neutre voire légèrement alcalin et la différence de pH est faible entre les deux mares. En revanche, les mares des Coulevreux sont acides avec une différence de pH entre les deux mares. Le pH de la mare 2 est plus acide que celui de la mare 1.

Analyse chimique de l'eau :

		Ammoniac (mg/l)	Chlore total (mg/l)	Cuivre (µg/l)	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Zinc (µg/l)
Chanfroy	mare 1	0,11	0,05	197	7,2	11	9,4	0
	mare 2	1,83	0,17	51	4,1	3	7,8	0
Coulevreux	mare 1	1,9	0,04	0	1,7	1	DM	0,13
	mare 2	2,05	0,06	DM	0	0	5,3	0

Tableau 5 : prélèvement d'avril

		Ammoniac (mg/l)	Chlore total (mg/l)	Cuivre (µg/l)	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Zinc (µg/l)
Chanfroy	mare 1	0,62	0,18	0	4,4	3	0	0
	mare 2	0,25	0,17	0	9,8	2	4,6	0
Coulevreux	mare 1	DM	0,08	0	5,1	9	0,27	0
	mare 2	DM	0,06	DM	0	DM	0,44	0

Tableau 6 : prélèvement de juin

Discussions :

Mares des Coulevreux, mares de Chanfroy, deux sites géographiquement proches mais deux habitats différents :

Des communautés de *Pelophylax* différentes entre les deux sites :

Au regard de la figures 2 et du tableau 3, on constate dans un premier temps que le nombre de mâles capturés excède largement celui des femelles. Cela s'explique par la plus grande exposition des mâles sur les berges ou à la surface de l'eau pour le chant au moment de la reproduction, les rendant plus facile à capturer.

On remarque ensuite que la totalité des grenouilles répondant aux critères de *Pelophylax lessonae* se trouve dans les mares des Coulevreux. Aucune n'a été identifiée dans les mares de Chanfroy où 100% des grenouilles capturées répondent aux critères des hybrides. Sur le site des Coulevreux on retrouve un peuplement mixte de grenouilles vertes avec une population de *Pelophylax lessonae* largement majoritaire et une population d'hybrides dont le nombre semble restreint. En effet, 83,34% des grenouilles capturées répondent aux critères des *Pelophylax lessonae* et seulement 16,67% aux critères des hybrides.

La présence de *Pelophylax lessonae* est donc confirmée sur le site des Coulevreux, mais pas sur le site de Chanfroy.

Relation avec les paramètres physico-chimiques :

Les analyses chimiques montrent que les mares des Coulevreux possèdent une faible conductivité (cf. figure 5), il s'agit donc d'un milieu oligotrophe, faiblement minéralisé. La figure 6 montre que le pH y est acide, en particulier pour la mare 2. L'eau des mares des Coulevreux repose sur un substrat gréseux, ce qui explique son acidité plus élevée par rapport à l'eau des mares de Chanfroy. La différence d'acidité entre les deux mares des Coulevreux peut s'expliquer par la présence ou non de

nodules carbonatés dans le grès (Nieves Liron et Royaud, 2004). Les deux mares étant indépendantes, la mare profonde 1 doit contenir des nodules carbonatés alors que la mare profonde 2 n'en possède pas, ou beaucoup moins. Ces paramètres opposent les mares des Coulevreux aux mares de Chanfroy dans lesquelles la forte conductivité atteste d'une eau hautement minéralisée. Aussi le pH y est neutre voire légèrement alcalin. En effet, les mares sont alimentées par une nappe d'eau calcaire et repose sur les cailloutis calcaires de la vallée sèche.

Les tests statistiques ne permettent pas de trouver de différence significative entre les mares des deux sites pour les autres paramètres mesurés : oxygène dissous, phosphates et nitrites. En revanche, la différence entre les deux sites est significative pour les nitrates. Il faut savoir que les mares de la plaine de Chanfroy sont alimentées par la nappe de Beauce dont la teneur en nitrate est parfois élevée. Cependant la quantité de nitrates dans l'eau des mares de Chanfroy et des Coulevreux est bien en dessous de la limite fixée par la directive européenne 80/778/CEE pour les eaux destinées à la consommation humaine qui est de 50mg/L.

La comparaison des deux habitats et de leurs populations respectives amène à penser que les mares tourbeuses (et leur végétation associée), acides et oligotrophes des Coulevreux semblent favorables à l'installation d'une population de *Pelophylax lessonae* apparemment peu polluée génétiquement. Les caractéristiques physico-chimiques des mares des Coulevreux limitent probablement l'installation des hybrides et évitent alors des croisements trop nombreux avec *Pelophylax lessonae*, expliquant ainsi la forte proportion de l'espèce dans ce milieu. Cependant, quelques hybrides ont été détectés sur le site des Coulevreux, ce qui montre que certaines de ces grenouilles peuvent supporter les conditions qui y sont présentes. La situation est inverse pour les mares de Chanfroy où les conditions physico-chimiques ne semblent pas limitantes pour les hybrides. Une population de *Pelophylax lessonae* pourrait alors difficilement s'y maintenir sans être polluée génétiquement.

Ces résultats semblent confirmer ce qui est écrit dans la littérature sur l'habitat de *Pelophylax lessonae* (Duguet et Melki, 2003 ; Nollert, 2003) où il est dit que l'espèce occupe souvent les petites zones aquatiques oligotrophes et riches en végétation. En revanche, *Pelophylax kl. esculentus* possède une amplitude écologique beaucoup plus large que *Pelophylax lessonae*. Toujours d'après les mêmes auteurs, tous les plans d'eau sont susceptibles d'être colonisés par le klepton avec cependant une préférence pour les milieux aquatiques plutôt mésotrophes à eutrophes, stagnants, aux berges bien exposées.

Il existe une hypothèse de niche intermédiaire pour les grenouilles hybrides. Dans un article de Pagano A. et al paru en 2001, il est dit que la distribution de *Pelophylax kl. esculentus* suit une partition de niche le long d'un gradient. Cette étude a été faite dans un contexte de vallée alluviale et montre que l'hybride prédomine dans les sites d'influence fluviale intermédiaire alors que *Pelophylax lessonae* prédomine dans les sites peu soumis aux crues (tourbières) et *Pelophylax ridibundus* dans les bras morts proches du cours actif du fleuve.

Dans un article qui se rapproche du contexte de l'étude (Holenweg Peter, 2002), il est montré que la proportion de *Pelophylax lessonae* est plus importante dans les petites mares structurées possédant une végétation aquatique alors que celle de *Pelophylax ridibundus* est plus importante dans les mares plus grandes, moins structurées et avec moins de végétation aquatique. L'hybride est intermédiaire dans sa distribution : on le trouve d'avantage dans des mares plus grandes que *Pelophylax lessonae* mais dans des mares plus riches en végétation que *Pelophylax ridibundus*.

Cependant, dans ces études les grenouilles de type *lessonae* et de type hybride sont retrouvées dans les mêmes mares (avec des proportions différentes). Il en est de même pour les grenouilles capturées dans les mares des Coulevreux mais pas dans les mares de Chanfroy où seules les grenouilles hybrides sont présentes.

Date de mise à l'eau :

Il est à noter que la capture des *Pelophylax lessonae* s'est faite plus tardivement que celle des *Pelophylax kl. esculentus*. En effet, sur le site de Chanfroy, dès la première visite le 31 mars (de jour), les grenouilles étaient bien visibles et actives alors qu'aucune grenouille n'a été observée à la même date aux

Couleuvreux. La première session de capture a débuté le 10 avril à Chanfroy. Sur ce site, les grenouilles se sont révélées actives et cela même lorsque les températures atteignaient des valeurs proches de 0°C (le 14 avril entre 21h et 0h00). Au contraire, sur le site des Couleuvreux, les premières sessions de capture de nuit, entre le 10 et le 24 avril, se sont soldées par des échecs, les grenouilles n'étant pas visibles. De même, les premières prospections de jours n'ont mis en évidence que très peu de grenouilles présentes. Il a fallu attendre que les températures s'élèvent et dépassent les 15°C en après midi pour commencer véritablement les captures.

Ces observations sont en accord avec des études montrant que les *Pelophylax lessonae* ont une migration printanière plus tardive que celle des hybrides (Holenweg et Reyer, 2000) et quittent les mares de reproduction plus tôt.

Etude des critères morphologiques des grenouilles capturées :

La constance des critères morphologiques chez *Pelophylax lessonae* contrastant avec l'hétérogénéité des *Pelophylax kl. esculentus* :

L'identification des *Pelophylax lessonae* a pu se faire grâce au croisement de plusieurs critères morphologiques de référence qui se sont révélés pertinents de part leur constance, comme le montre les résultats illustrés par les photographies (cf photos) et le tableau de synthèse dans la partie résultat (cf tableau 2).

Les critères les plus utilisés pour identifier les *Pelophylax* durant cette étude ont été : le tubercule métatarsien, les replis latéro-dorsaux, la couleur de la face postérieure des cuisses, la couleur des sacs vocaux pour les mâles, la taille du corps et dans une moindre mesure la face ventrale. Cette dernière n'est pas le critère le plus constant mais participe à l'identification de l'espèce lorsqu'il est croisé aux autres.

Cependant, l'identification par les critères morphologiques ne permet pas de savoir avec certitude si les variations exprimées par certains individus sont dues à une variabilité intra-spécifique ou à une hybridation. Seule l'analyse génétique peut apporter une réponse à cette question.

La constance retrouvée chez l'espèce *Pelophylax lessonae* contraste avec la grande variabilité morphologique du klepton. Etant issus d'un croisement entre deux espèces, les hybrides possèdent bien souvent des critères morphologiques intermédiaires. Cette hétérogénéité rend parfois l'identification difficile.

Aucune grenouille rieuse n'a été identifiée, que ce soit à Chanfroy ou aux Couleuvreux. Les hybrides capturés possèdent parfois des critères proches de *Pelophylax ridibundus* mais aucune n'en a suffisamment pour être identifié comme telle.

Analyse de données (ACM) :

Les résultats de l'ACM mettent en évidence ce qui a été évoqué dans la partie précédente : l'opposition constance/variabilité des critères morphologiques entre *Pelophylax lessonae* et *Pelophylax kl. esculentus*. Les *Pelophylax lessonae* forment deux groupes principaux réunissant les grenouilles ayant un tubercule métatarsien caractéristique de l'espèce : proéminent (ou assez proéminent pour le petit groupe), en demi cercle et symétrique.

Chez les grenouilles identifiées comme étant des hybrides, c'est-à-dire la totalité des grenouilles capturées à Chanfroy et 5 grenouilles capturées aux Couleuvreux (7M24ACO, 3M2MCO, 6M2MCO, 1F2MCO, 1F7MCO), 4 groupes principaux apparaissent. L'un d'entre eux regroupe des individus possédant un tubercule métatarsien proche des *Pelophylax ridibundus* : peu proéminent et aplati. Les trois autres groupes comprennent des individus possédant un tubercule métatarsien intermédiaire avec plusieurs formes possibles.

Il est donc difficile de définir un tubercule métatarsien type correspondant au klepton. Dans la théorie, il est peu proéminent, asymétrique et déformé dans la direction de l'orteil 1. C'est le cas pour certains individus mais les variations sont importantes. Ceci illustre ce qui se passe pour les autres critères dont certains varient cependant moins que le tubercule métatarsien. En effet, des critères comme la taille ou les sacs vocaux des mâles *Pelophylax kl. esculentus* sont souvent intermédiaires à ceux des *lessonae* et des *ridibundus*.

CONCLUSION :

La présence d'une population de *Pelophylax lessonae* semble donc être confirmée sur un site : les mares des Coulevreux.

Le système de marquage s'étant révélé satisfaisant, même si une minorité de fils de coton a été retrouvée dès le début des prospections, il pourrait encore être utilisé pour ce type d'étude. L'efficacité est avérée puisque des grenouilles munies des fils de coton, attachés quelques semaines plus tôt, ont été retrouvées à la fin et après l'étude. Il s'agit d'un bon compromis coût/efficacité/environnement.

Dans les mares de Chanfroy, seules les grenouilles hybrides ont été retrouvées, ceci amène à se poser des questions quant à la reproduction. En effet, dans la littérature, il est dit que la reproduction entre hybrides entraîne des descendants rarement viables. Le suivi de la population de Chanfroy semble donc être un objectif intéressant pour d'une part confirmer ou infirmer l'absence des *Pelophylax lessonae* dans ces mares et pour, d'autre part, voir si la population d'hybrides se maintient au fil des années. Des études pourraient alors être menées pour connaître l'origine de cette population (migration, reproduction etc.)

Le site des Coulevreux est-il le seul site abritant une population de *Pelophylax lessonae* en forêt de Fontainebleau ? Cette étude constitue une base et mériterait d'être poursuivie sur tout le massif. La comparaison de tous les milieux ainsi prospectés permettrait d'aboutir à des conclusions plus précises sur les types d'habitats qu'occupe l'espèce en forêt et les critères favorables au maintien d'une population peu polluée génétiquement. Un document contenant des informations sur la présence de grenouilles vertes (sans distinction d'espèce) en forêt de Fontainebleau peut servir de base pour la poursuite des prospections sur tout le massif : « L'inventaire batrachologique des forêts de Fontainebleau et des Trois Pignons » par R. DUGUET.

L'identification via les critères morphologiques est possible et permet d'avoir une bonne idée du type de populations qui occupe un milieu. Cependant, pour certains individus en particulier, il est difficile de dire avec certitude si l'individu est un hybride ou non. Il est donc évident que pour des études portant sur l'hybridation au sein des *Pelophylax*, il est toujours nécessaire d'effectuer des analyses génétiques.

Bibliographie :**Sites Internet :**

www.herpfrance.com

<http://www.espaces-naturels.fr/ATEN>

droitnature.free.fr

inpn.mnhn.fr

Ouvrages :

ACEMAV coll., DUGUET R. et MELKI F. ed., 2003 - *Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Collection parthénope, édition biotope, Mèze (France). 480p.

ARLUISON M. et ARNAL G., 1991 - *Flore et végétation de la plaine de Chanfroy et de ses abords. IV. Les groupements végétaux des sables et graviers calcaires. Comparaison avec des biotopes similaires du massif forestier de Fontainebleau*. Bulletin de l'association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du Massif de Fontainebleau, volume 67, n°3 1991.

ARNABOLDI F. et ALBAN N., 2006 - *La gestion des mares forestières de plaine*, ONF.

DUBOIS A., 2007 - « Phylogeny, taxonomy and nomenclature : the problem of taxonomic categories and of nomenclatural ranks ». *Zootaxa* 1519:27 – 68.

DUGUET R., 1995 - « Inventaire batrachologique des Forêts de Fontainebleau et des Trois- Pignons ». Laboratoire des Reptiles et Amphibiens, Muséum National d'Histoire Naturelle. Etude réalisée pour le compte de l'Office Nationale des Forêts.

GRAF J.D. & POLLS-PELAZ M., 1989 - « Evolutionary genetics of the *Rana esculenta* complex ». Pp 289-302, in : *Evolution and ecology of unisexual vertebrates* (R.M. Dawley & J.P. Bogart, editors). New York State Museum Bulletin, 446, Albany, USA.

HOLENWEG A.-K. et REYER H.-U., 2000 - « Hibernation behavior of *Rana lessonae* and *R. esculenta* in their natural habitat ». *Oecologia* 123:41-47.

HOLENWEG A.-K., 2002 - « Species and sex ratio differences in mixed populations of hybridogenetic water frogs : The influence of pond features ». *Ecoscience* 9:1-11.

MURATET J., 2007 - « Identifier les amphibiens de France métropolitaine, guide de terrain ». Ecodiv, France. 291p.

NEVEU A., 1989 - « *Rana ridibunda* (Pallas, 1771) Grenouille rieuse ». In : *Atlas de répartition des Amphibiens et Reptiles de France* (J. Castanet & R. Guyétant, coordonnateurs). Société Herpétologique de France, Paris, F : 62-63.

NEVEU A., 1997 - L'introduction d'espèces allochtones de grenouilles vertes en France, deux problèmes différents : celui de *R. catesbeiana* et celui des taxons non présents du complexe *esculenta*. *Bull. fr. Pêche Piscic.* 344/345.

NIEVES LIRON M. et ROYAUD A., 2001 - « Réseaux des mares du massif de Fontainebleau. II – Etude des zones humides tourbeuses de la platière des Coulevreux », M.A.B Réserve de biosphère du Pays de Fontainebleau.

NIEVES LIRON M. et ROYAUD A., 2004 - *Hydrologie et végétation des mares tourbeuses de la platière des Coulevreux en forêt de Fontainebleau*. Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing et du Massif de Fontainebleau, volume 81/1, 2005.

NOLLERT A. et Chr. ed. 2003 - *Guide des amphibiens d'Europe*. Collection les guides du naturaliste, édition Delachaux et Niestlé, France. 383p.

PAGANO A., JOLY P., PLENET S., LEHMAN A. et GROLET O., 2001 - « Breeding habitat partitioning in the *Rana esculenta* complex : The intermediate niche hypothesis supported ». *Ecoscience* 8: 294-300.

THOREL S., 2007 - « Les mares de platières essoniennes : habitat du crustacé phyllopode *Tanymastix stagnalis* ».

Figure 1 : Les sites d'étude dans le massif de Fontainebleau



Photo 2 : mares des Coulevreux



Photo 3 : mare de Chanfroy



Photo 4 : marquage sur une grenouille capturée



Photos 5 et 6 : exemples de tubercules métatarsiens de grenouilles capturées caractéristiques correspondant à l'espèce *Pelophylax lessonae*



Photo 7 : grossissement du tubercule métatarsien de l'espèce *Pelophylax lessonae*



Photo 8 : grenouille présentant le critère replis latéro-dorsaux caractéristique des *lessonae*



Photo 9 : détail des replis latéro-dorsaux d'une grenouille identifiée comme étant une *Pelophylax lessonae*



Photos 10 et 11 : exemples d'un sac vocal, au repos puis gonflé, caractéristique des *Pelophylax lessonae*



Photos 12 et 13 : exemples de coloration de la face postérieure des cuisses chez des individus identifiés comme des *Pelophylax lessonae*



Photos 14, 15 et 16 : faces dorsales de grenouilles identifiées comme étant des *Pelophylax lessonae*



Photos 17 et 18 : faces ventrales de grenouilles identifiées comme étant des *Pelophylax lessonae*



ZOOLOGIE

LES MARES DE PLATIÈRES DU MASSIF DE FONTAINEBLEAU, HABITAT DU CRUSTACE PHYLLOPODE *TANYMASTIX STAGNALIS*

Par Claire POYER²

INTRODUCTION

Les platières de Fontainebleau ont fait l'objet de nombreuses observations et études. Ces attentions particulières pour un milieu particulier ont démontré l'importance de ces milieux gréseux qui abritent des espèces rares et spécifiques. Seulement, une espèce fragile et rare, *Tanymastix stagnalis* n'a pas été, jusqu'à présent, prise en compte.

Une étude réalisée du 3 mars au 25 avril 2008 a permis de conforter l'importance de *Tanymastix stagnalis* pour Fontainebleau, et l'importance de Fontainebleau pour l'espèce. Ce lien étroit entre le milieu et l'espèce est le cœur de cet article dont l'objectif est de décrire le plus précisément possible l'habitat de *Tanymastix stagnalis*.

1. Situation de *Tanymastix stagnalis* à Fontainebleau

Cette étude doit mettre à jour les connaissances sur la répartition de *Tanymastix stagnalis* et décrire le plus finement possible les mares l'abritant afin de déterminer les caractéristiques indispensables à sa présence. Dans un souci de cohérence avec une étude effectuée en 2006 [Thorel, 2006] sur les platières essonniennes, la grille de description des habitats utilisée sera similaire et sensiblement complétée. Les résultats précédents et à venir seront de cette manière plus homogènes et donc plus pertinents et pourront faire l'objet de traitement statistique.

1.1. Présentation des objectifs

Comme signalé précédemment, une étude récente en Essonne [Thorel, 2006], dont les zones étaient proches et parfois les mêmes que celle menée aujourd'hui (Trois pignons), a montré des résultats, jusqu'à présent, cohérents. Ils seront repris et explorés.

A la différence de l'étude menée en Essonne où tous les milieux potentiels ont été considérés, il a été choisi de se recentrer uniquement sur les platières en présence de l'espèce, pour décrire au mieux son habitat. Le fondement repose donc sur une prospection minutieuse des habitats potentiels de l'espèce. L'existence d'une base de données sur la répartition de *Tanymastix stagnalis* à Fontainebleau permettra de délimiter une zone de prospection. Les platières visitées feront l'objet d'une description sommaire ou globale en fonction de la présence ou non d'individus. Une comparaison des différents facteurs des stations relevées permettra une première analyse des besoins de l'espèce, qui seront appuyés par les résultats obtenus en Essonne et sur d'autres sites. L'objectif principal reste de définir et de synthétiser l'habitat de prédilection de *Tanymastix stagnalis*.

² ANVL, Laboratoire de biologie végétale, Route de la Tour Dénecourt, 77300 Fontainebleau

1.2. Elaboration du protocole

► Actualiser la base de données.

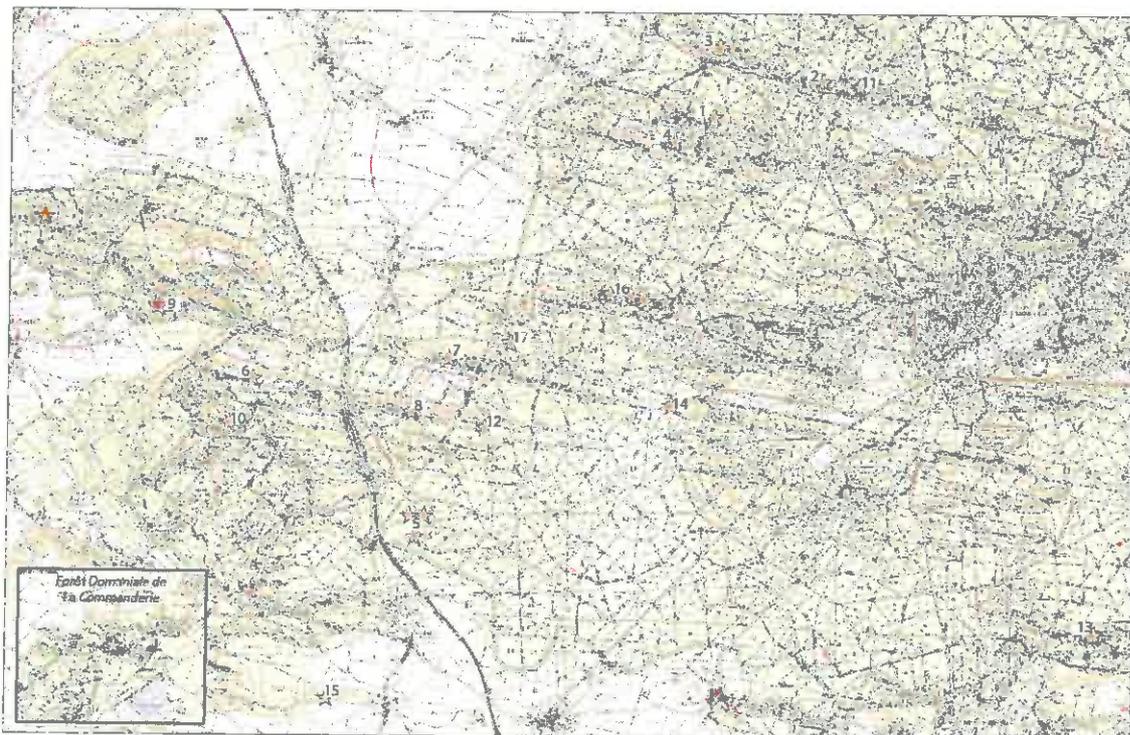
Tanymastix stagnalis est de longue date signalé à Fontainebleau. Les premières observations remontent à plus d'un siècle (1901). L'historique (annexe 1) va servir de référence pour une première prospection, l'espèce ayant déjà été mentionnée sur les 17 sites dont voici les données les plus récentes :

	Sites	Parcelles	Observateurs	Observations précédentes
1	Platières d'Apremont	717, 718	Anonyme	Sept 1901
2	Bellecroix	880, 881, 242	G. TODA	1987
3	Rocher Cuvier Châtillon	88, 883	G. TODA	1987
4	Envers d'Apremont	711, 712	N. RABET	1993
5	Mares des Coulevreux	631, 632	N. RABET	1960 / 70 / 93 / 94
6	Laris qui Parle	101	N. RABET	1960 / 92 / 94
7	Rocher du Corne-Biche	74	N. RABET	1994
8	Rocher de la Reine	84	N. RABET	1994
9	Le Coquibus	54, 56	N. RABET	1956 / 94
10	Les Marchais	117	Anonyme	1996
11	Rocher de St Germain	242	N. RABET	1998
12	La Touche au Mulets	610	N. RABET	1994
13	Restant du Long Rocher	537, 538	Ph. DE MIRE	2001
14	Carrefour d'Occident	783, 137	N. RABET	1957 / 2001
15	Le Belet (meun)	Occidentale	Anonyme	2001
16	Gorges de Franchard	762, 763	S. THOREL	1960 / 94 / 2006
17	Point de vue de Hurlevent	-	-	-

Tableau 1 : Historique des sites à *Tanymastix stagnalis*

 : Domaine des Trois pignons

► À partir de la base de données, cartographie des zones de prospection.



Carte 1: sites à *Tanymastix stagnalis*, IGN - 1 : 25 000 . 1 cm = 250m.

► Prospecter les platières correspondantes à la carte précédente.

La difficulté réside dans la densité des vasques sur une platière. L'espèce peut être dans chacune d'elles, comme dans une seule. L'observation devra être minutieuse lors de journées, au possible, très ensoleillées, car l'espèce est sensible à la luminosité et peut s'enfouir lors de fort ombrage.

► Compléter des fiches de caractérisation par platière en présence de l'espèce.

Platière			
Parcelle			
Heure			
Type de mare dominant			
Réseau hydrographique dominant			
	connexion(s)		
	réseau		
	isolée		
Taille de la mare			
superficie dominante (m²)			
Vasque	S<0,05		
	[0,05<S<0,5[
	[0,5<S<1[
Mare	[1<S<5[
	S>=5		
Profondeur dominante (cm)			
	[5<P<10[
	[10<P<20[
	[20<P<50[
	P<=50		
Ombrage dominant (à 10 m autour)			
	peu		
	modéré		
	important		
Végétation dominante des l'impluviums			
	pelouse		
	landes		
	fruticée		
	boisement		
Pin à moins de 10 m des mares			
Substrat des mares			
	matière organique		
	substrat minéral		
	sol para tourbeux		
Présence de phanérogames			
Paramètres physico-chimiques			
	valeur pH dominante		
	T° de l'eau moyenne		
	µs/cm moyenne		
Présence de l'espèce			
Présence d'autres espèces			
	zooplancton		
	vertébrés (amphibiens)		
Observations			

Type des mares :

Type1 = Mare temporaire :

1a Présentant des berges abruptes et des berges à faible pente

1b Présentant des berges à faible pente

1c Présentant des berges abruptes

Type2 = Mare permanente :

2a Présentant des berges abruptes et des berges à faible pente

2b Présentant des berges à faible pente

2c Présentant des berges abruptes

La superficie :

Elle joue un rôle sur le réchauffement de l'eau par le soleil.

La profondeur :

Elle permet d'évaluer le potentiel d'assèchement.

L'ombrage :

Il influe sur l'ensoleillement, donc la température de l'eau et la végétation.

La végétation de l'impluvium :

Elle caractérise la dynamique de la platière et ainsi permet d'appréhender le devenir des points d'eau.

Présence de Pin :

Les conifères sont source d'acidification par la décomposition des aiguilles, et influent le pH.

Le substrat :

Sa composition est déterminante pour l'installation des végétaux, responsables de l'apport de matière organique pouvant modifier les propriétés physico-chimiques de la mare.

Les paramètres physico-chimiques :

Ils permettent de connaître les conditions favorables à l'espèce.

La présence d'autres espèces :

Cette observation permet d'évaluer le potentiel de cohabitation de *Tanymastix stagnalis*.

La fiche de caractérisation utilisée est celle élaborée dans l'étude essonniennne de 2006. Ces données vont permettre de caractériser en partie le type d'habitat privilégié de *Tanymastix stagnalis*. Elles vont être complétées par une description globale des milieux et accompagnées par des photographies de chaque vasque et mare.

Cependant, les critères choisis ne prennent pas en compte l'évolution ni les facteurs anthropiques. Un tableau les présentant simplement sous forme de notation est rajouté, la fiche de prospection globale, décrite ci-dessous.

► Comprendre l'évolution des milieux, la fiche de prospection globale.

Les milieux ne sont pas figés et répondent à une dynamique naturelle. Ils ont aussi été énormément modifiés par les activités anthropiques, telles que les routes ou les systèmes de production. Ces critères seront sommairement décrits, afin de relativiser la disparition éventuelle de l'espèce sur certains sites (proximité des routes, degrés de comblement / de fermeture du milieu, incidences de la fréquentation).

Parcelles	Sites	Situation géographique ¹	Pollutions rencontrées ²	Situation du milieu ³	T.S	nb de station
717 - 718	Platières d'Apremont					
881 - 880	Bellecroix					
882	Rocher Cuvier Châtillon					
711 - 712	Envers d'Apremont					
631 - 632	Mares des Couleuvreux					
101	Laris qui Parle					
74	Rocher du Corne-Biche					
84	Rocher de la Reine					
7, 9, 54, 56	Le Coquibus					
117	Les Marchais					
242	Rocher St Germain					
610	La Touche aux Mulets					
537 - 538	Restant du Long Rocher					
783 - 137	Carrefour d'Occident					
Achères la forêt	Le Belet (Meun)					
762 - 763	Gorges de Franchard					
-	Point de vue de Hurlevent					

Tableau 2 : Fiche de prospection globale vierge

 : Domaine des Trois pignons

Légendes du tableau 2 (Fiche de prospection globale)

¹ Situation géographique : proximité des infrastructures, degrés d'isolement.

- Habitations (H), très proche +++, proche ++, sans incidence -
- Routes (R), très proche +++, proche ++
- Isolés (I)

² Pollutions rencontrées (naturelles ou anthropiques) :

- Agricoles (Ag)
- Touristiques : Piétinement : (Tp) / Déchets : (Td)
- Faible +, modérément ++, dégradant +++

³ Situation du milieu :

- Ouvert : O (sol nu ...)
- Stade de fermeture : F (pelouse)
- Faible F+ (landes ...)
- Avancé F++ (dépôts humique important, tapis végétal ...)
- Critique F+++ (boisement dont bouleau ...).

► Analyser et synthétiser les besoins de *Tanymastix stagnalis*.

Tous les éléments identifiés pourront permettre d'élaborer une fiche identité de l'habitat de *Tanymastix stagnalis*, où y figureront notamment un descriptif de son habitat et l'exposition à quelques risques relevés.

2. Mise en application du protocole ; phase de prospection

2.1. Mise à jour, stades des milieux

La notion d'évolution est importante car un milieu naturel a un passé, un présent et un futur qui peuvent être très différents. Les modifications suivent des successions écologiques. Ainsi, un site observé « hier » peut être méconnaissable « aujourd'hui », être propice « hier » et inhospitalier « aujourd'hui » ... Ce concept de chronologie permettra d'estimer et d'aborder l'évolution des milieux pour connaître les conséquences sur la présence ou non de l'espèce *Tanymastix stagnalis*.

Une platière définie par un affleurement rocheux est assimilée à un stade pionnier, la dynamique est donc progressive. La colonisation débute avec des bryophytes et des lichens puis des micro pelouses et enfin de la lande à bruyère et à callune (lande éricacée) associée à de la molinie. Le stade extrême atteint, le climax, est le boisement, qui aboutit à un comblement des mares.



Photo 7 : Franchard

Stade pionnier

Pelouse



Photo 8 : Coquibus

Landes

Fruticée



Photo 9 : Long Rocher

Boisement

La fiche de prospection globale centralise les stades des milieux observés lors des prospections :

Parcelles	Sites	Situation géographique ¹	Pollutions rencontrées ²	Situation du milieu ³	T.S	nb de station
717 - 718	Platières d'Apremont	I	Tp (varappe) +++	O	X	1
881 - 880	Bellecroix	R +++	Tp + Td	F ++	/	0
882	Rocher Cuvier Châtillon	R ++ puis I	Tp + Td	F+	/	0
711 - 712	Envers d'Apremont	R +++	/	F +	/	0
631 - 632	Mares des Coulevreux	R ++	/	F +	/	0
101	Laris qui Parle		Tp ++	F +	X	1
74	Rocher du Corne-Biche	I	Tp ++	F ++	/	0
84	Rocher de la Reine	I	/	F +	X	5
7, 9, 54, 56	Le Couibus	I	/	F ++	X	5
117	Les Marchais	I	Tp ++	O	X	2
242	Rocher St Germain	R +	/	F ++	/	0
610	La Touche aux Mulets	I	/	F ++	/	0
537 - 538	Restant du Long Rocher	I	/	F ++	/	0
783 - 137	Carrefour d'Occident	R+++ (bord)	Td +	F ++	/	0
Achères la forêt	Le Belet (Meun)	R+++	Ag +++	F	/	0
762 - 763	Gorges de Franchard	R++ puis I	Tp +++ / Td +	O	X	17
-	Point de vue de Hurlevent	I	/	F ++	/	0

Tableau 3 : Fiche de prospection globale

 : Domaine des Trois pignons

2.2. Description

Sur 17 platières (sites) prospectées, 5 abritent de façon certaine l'espèce représentant au total 32 stations, vasques et mares confondues. Afin de relativiser ces chiffres, un comptage exhaustif a été fait ponctuellement sur l'ensemble des mares de deux sites, Franchard et le chemin de Sambine dont le total de points prospectés est de 302. Les platières dont les prospections n'ont pas révélées la présence de *Tanymastix stagnalis* sont à prendre avec réserves, car l'observation n'est pas infaillible, d'autant plus que l'espèce peut apparaître à tout moment et donc être absente le jour de l'observation.

NB : Toutes les photographies des stations présentées sont associées à des fiches de caractérisation, disponibles en annexe 2. Elles détaillent les relevés et sont datées du jour de prospection.

Platières connues dont l'observation réactualise la présence de l'espèce :

► Platière de Franchard : 17 stations

L'approche globale du site se définit par un milieu ouvert, où la roche est le plus souvent nue. Beaucoup visitée par les touristes le piétinement y est important et la pollution par des déchets présente, mais pas systématique. Il semble que la pression touristique exercée empêche l'implantation des végétaux, seuls quelques arbres subsistent.

La première prospection a été fructueuse, *Tanymastix stagnalis* y est bien représentée sur une large répartition. Environ 250 stations ont été soumises à l'observation et seulement 17 ont révélées la présence de l'espèce. Hormis *Tanymastix stagnalis*, peu de représentants d'autres espèces sont présents. Il y a ponctuellement des invertébrés, comme par exemple une larve d'odonate dans une vasque de quelques cm, qui laisse supposer une présence accidentelle.

Les relevés mettent l'accent sur des caractéristiques déjà signalées.

- Les stations sont exposées à l'ensoleillement, l'impluvium³ est nu.
- Le substrat est minéral avec peu de matière organique.
- *Tanymastix stagnalis* est parfois associée à du zooplancton (5 stations).
- Les Pins les plus proches sont peu nombreux et à plus de 10 mètres de distance.
- La profondeur des stations varie de 2,3cm à 14cm et la superficie entre 0,5m² et 3m².
- Le pH varie entre 5,5 et 7,5 avec une moyenne de 6,61.
- La conductivité est souvent faible, en moyenne 20,37 µs/cm

Une originalité est à noter, c'est l'abondance d'algues filamenteuses vertes (9 stations).

Les planches de photographies, qui suivent, illustrent et confirment les résultats obtenus sur les caractères géomorphologiques favorables de l'habitat de *Tanymastix stagnalis*, des pentes douces.

La station du cliché 1 n'est pas sur la même partie de la platière que les autres mais à l'entrée du site, en sous bois.

Le comblement est important mais la présence d'un seul individu de *Tanymastix stagnalis* a été relevée.



³ Impluvium : zone qui correspond aux ruissellements des eaux de pluies qui vont venir alimentés une mare, une vasque ... créée par le relief.





► Platière du Rocher de la Reine : 5 stations

Ce milieu est d'accès difficile, le préservant un peu du piétinement. Le paysage est hétérogène et sur une faible superficie, les essences d'arbres, l'importance de la lande et même l'agencement des rochers changent. Les vasques sont réparties sur la platière et présentent des caractéristiques différentes suivant leur localisation. Certaines sont fortement exposées à l'ensoleillement, d'autres sont envahies par des mousses.

Cinq stations proches abritent *Tanymastix stagnalis* (parcelle 84, niveau du chemin des Mares). Même si la densité des mares est propice à la colonisation de l'espèce, les observations démontrent le contraire. Deux stations comptabilisent plus de 50 individus de *Tanymastix stagnalis*.



Les stations ont des pentes douces et sont de faibles profondeurs. Ces critères les rendent sensibles à l'ensoleillement influant favorablement sur leur température. De plus le dépôt de matière organique est peu épais, il ne permet pas d'accueillir d'autres espèces mais offre assez de possibilités à *Tanymastix stagnalis* pour se réfugier lors de fort ombrage par exemple.

- Les stations sont exposées à l'ensoleillement, l'impluvium présente une mixité boisement, landes.
- Le substrat est minéral avec peu de matière organique.
- Peu de Pin.
- La profondeur varie de 5cm à 30cm et la superficie entre 0,42m² et 1,49m².
- Le pH est entre 5,63 et 6,15 pour une moyenne de 5,96.
- La conductivité est en moyenne de 29 µs/cm

► Platière d'Apremont : 1 station

Au départ du carrefour des Gorges d'Apremont, c'est une zone très fréquentée par les varappeurs. Il faut s'avancer pour trouver quelques points d'eau. Plus en altitude, même si le piétinement reste important, une végétation rase existe, ainsi que quelques conifères. C'est un milieu « accidenté » où quelques arbres sont à même le sol. Les rares points d'eau existants sont le plus souvent gorgés de dépôts dus aux chutes des arbres.

Il subsiste une station de *Tanyastix stagnalis*, non loin de la route de la solitude (p 712). Cette mare un peu isolée sur le bord de la platière est large, peu profonde et disposant d'une pente douce. Elle est bien exposée à la lumière par rapport à celles avoisinantes. Notons que cette donnée réactualise une donnée de 1901.



- La station est exposée à l'ensoleillement, l'impluvium proche est nu.
- Le substrat est minéral avec peu de matière organique.
- Présence de Pins.
- La profondeur est de 10cm et la superficie de 1,7m².
- Le pH est de 5,21.
- La conductivité est de 230 µs/cm

► Platière du Laris qui Parle – Gorges aux Châts : 1 station

Cette platière est réservée aux entraînements militaires et semble peu fréquentée. Le piétinement est négligeable. La lande d'éricacées est abondante et la roche reste affleurante sur ces rehaussements. Elle présente de nombreux points d'eau où sont abrités entre autre des tritons palmés (1 station relevée de 3 individus).

La platière longe le chemin de la Gorge aux Châts jusqu'au Laris où se trouve une station hébergeant *Tanyastix stagnalis* à la hauteur du chemin de Sucremont (parcelle 101). Contrairement aux stations précédentes, celle-ci présente une berge avec un bourrelé (accumulation de silice) « cassant » la continuité entre la berge et la mare. Même si la pente est douce, le dénivelé est accentué.



- La station est exposée à l'ensoleillement, l'impluvium est constitué de landes.
- Le substrat est minéral avec peu de matière organique.
- Pas de Pin.
- La profondeur est de 10 cm et la superficie de 0,47m².
- Le pH est de 6,23.
- La conductivité est de 132 µs/cm.

► Platière des Marchais : 2 stations

Le bord de la platière du Marchais est le long du sentier de Grande Randonnée. Emprunté par de nombreux promeneurs, l'érosion est accentuée. De manière générale, la roche est nue entourée de landes d'éricacées. Le centre de la platière héberge de nombreuses essences d'arbres de bois blancs et des conifères. L'enrésinement y est parfois important, de nombreux creux sont comblés par les aiguilles.

Les deux stations à *Tanymastix stagnalis* relevées sont situées à la Maison Poteau (parcelle 114) et vers la Vallée Closé (parcelle 115). Elles sont proches de sentiers et sont entretenues par le piétinement. Toutefois, la proximité des ligneux est suffisante pour être responsable des quelques traces de matière organique. Comme le montre les photographies, les deux sont larges et présentent des pentes douces.



- Les stations sont exposées à l'ensoleillement, l'impluvium proche est nu.
- Le substrat est minéral avec matière organique favorable aux phanérogames.
- Peu de Pins.
- La profondeur est respectivement de 8cm à 6cm et la superficie de 1,98m² et 0,78m².
- Le pH est respectivement de 7,38 et 5,94.
- La conductivité est respectivement de 106 µs/cm et 26 µs/cm

► Platière du Coquibus : 5 stations

Cette platière située dans une Réserve Biologique Dirigée (parcelle 53-54) est très vaste. C'est une lande d'éricacées dépourvue d'arbres. Il y a beaucoup de points d'eau temporaires connectés et deux mares permanentes.

Les vasques et mares temporaires prospectées ne présentent pas une abondance d'espèces comme sur les autres platières. C'est sûrement une des raisons qui justifie la présence de *Tanymastix stagnalis* dans au moins cinq stations. Les photographies illustrent d'autres facteurs favorables, comme les pentes douces associées à un creux abrupt, et la faible présence de dépôt.

- Les stations sont exposées à l'ensoleillement, l'impluvium est une lande.
- Le substrat est minéral avec peu de matière organique.
- Pas de Pin.
- La profondeur varie de 9cm à 15cm et la superficie entre 0,8m² et 1,8m².
- Le pH est de 5,45 et 6,25 pour une moyenne de 5,80.
- La conductivité est en moyenne de 45,6 µs/cm



Deux stations présentent des algues filamenteuses vertes.

Platières dont l'observation a décelé une nouvelle station de l'espèce :

► Platière du chemin de la Sambine : 1 station

Cette nouvelle station est sur une platière proche de la route et en phase très avancé de boisement, au stade fructifié. Elle compte une mare permanente très proche de celles temporaires ou de nombreux têtards sont présents.

Pour la première fois, *Tanymastix stagnalis* est présent en même temps que d'autres espèces comme des Gerris. La station relevée est une des plus importantes jusqu'à présent noté.



- La station est peu exposée à l'ensoleillement, l'impluvium est en phase de boisement.
- Le substrat est minéral, couche de matière organique épaisse.
- Présence de nombreux Pins.
- La profondeur est de 20cm et la superficie de 4,4m².
- Le pH est de 6.
- La conductivité est de 8µs/cm.

La station présente des algues filamenteuses vertes.

Platières connues dont l'observation n'a pas révélé la présence de l'espèce :

► Platière d'Occident :

Ce site est en bord de route et présente une mare permanente abritant de nombreux œufs d'amphibiens. Les zones humides temporaires sont réparties en milieu boisés et ouverts. Dans les deux cas, elles sont exposées à la colonisation de végétaux.

En sous bois, la fougère domine par son abondance. En zone bien dégagée, ce sont la molinie et la lande à éricacées qui s'étalent, accompagnées par de la canche et quelques genets à balai. Tous ces végétaux favorisent l'accumulation de matière organique, premier signe de fermeture d'un milieu. De nombreux invertébrés y ont trouvé refuge, tel que larves d'Anisoptères, de Diptères, de Coléoptères ...

Les prospections n'ont pas révélé la présence de *Tanyastix stagnalis*.

► Platière du Point de vue de Hurlevent :

C'est un site très exposé au vent et pauvre en point d'eau. Très pauvre en espèce, il semble exceptionnellement mis en eau car les mousses y sont très abondantes.

► Platière de Couleuvreux :

Ce milieu présente des mares temporaires et permanentes. La présence de tourbe dans certaines mares, indiquée par les sphaignes, est importante. La végétation est représentée par différents types d'espèces, de la molinie, de la lande à éricacées et des fougères. Les ligneux sont majoritairement des conifères (Pin sylvestre), et ils sont sous forme de futaie régulière⁴ aux abords de la platière. De statut Réserve Biologique Dirigée, elle est protégée du piétinement. Associé à la progression des végétaux, le comblement est bien avancé dans cette zone.

► Platière de la Touche aux Mulets :

Elle est dans la continuité de celle du Rocher de la Reine et présente la même hétérogénéité de paysage. Il faut rajouter une mare permanente.

► Platière d'Envers d'Apremont :

Ce milieu présente une mixité de zones humides et de types de mares dont l'aspect dominant est des pentes abruptes. Le réseau hydrique est très complexe et est structuré par différents végétaux (joncs, molinie,...). De nombreuses espèces faunistiques sont présentes, des amphibiens (tritons palmés), des larves d'invertébrés (Diptères, Odonates,..). L'abondance d'espèces et la morphologie des stations font probablement défaut à *Tanyastix stagnalis* absent.

⁴ Futaie régulière : boisements composés d'arbres de même âge et issus de graines

► Platière du Rocher Cuvier Châtillon :

C'est une référence dans le monde de la varappe qui est très fréquentée. Néanmoins, il suffit de s'avancer dans la forêt pour trouver un aspect « sauvage ». Les platières sont soumises à un fort enrésinement dû à la présence de nombreux conifères. Beaucoup de creux successibles de recevoir de l'eau accumulent des aiguilles, qui les rendent inhospitaliers à *Tanymastix stagnalis*. Les mares qui subsistent sont assez larges (plus de 1 m) et profondes (environ 30 cm). Ces critères sont propices à d'autres espèces, mais a priori pas à *Tanymastix stagnalis*.

► Platière du Restant du Long Rocher :

Ce site présente une accumulation de matière organique importante. Peu fréquenté, la végétation abonde et comble les vasques. Le boisement participe également à cette évolution. Quelques points d'eau subsistent, mais ils sont à caractère permanent et n'hébergent pas *Tanymastix stagnalis*. Ceux qui semblent temporaires sont créés par les sangliers sous formes de souilles.

► Platière de Meun :

Sa répartition débute dans le village de Meun et s'étend jusque dans la forêt. Au sein du village, elle est entretenue par le service espace vert de la commune (tontes régulières, traces d'hydrocarbures ...). Aucune espèce jusqu'à présent notée n'est présente, hormis une abondance de zooplancton.

La partie située dans la forêt est en bordure de champs, on peut supposer que la platière reçoit des résidus de traitements phytosanitaires (engrais, pesticides ...).

En plus des activités humaines omniprésentes, le niveau d'eau est élevé, et de nombreux têtards s'y trouvent. D'un point de vue paysager, la platière est relativement ouverte malgré l'évolution qui tend vers une fruticée.

► Platière de Bellecroix :

Situé en bord de route, ce site est très pollué par des visiteurs occasionnels. Le piétinement est cependant modéré. Le stade du milieu est très avancé, et même si les conifères sont bien implantés, d'autres essences de type « bois blanc » commencent à s'installer (bouleau, tremble, houx). La formation de mouillère⁵ a permis aux sphaignes de se développer au milieu de la molinie et des fougères. De manière globale, le sol est recouvert d'un mince tapis végétal et ne présente pas de station de *Tanymastix stagnalis*.

► Platière de Corne biche (tour vierge) :

La flore implantée est caractéristique d'une fermeture de milieu. Il s'agit de bouleau, de quelques conifères, de fougères, de ronces, et surtout de jeunes chênes (30 ans) en abondance. Cependant, il semble que le site soit entretenu modérément par le piétinement des touristes, puisque la roche est toujours affleurante.

Remarque générale observée sur une majorité des platières:

Bien que certains sites, d'après les données historiques, soient favorables pour l'espèce, elle est absente et parfois abondent d'autres espèces d'invertébrés. Les vasques et mares temporaires ont un niveau d'eau élevé, influant sûrement sur la répartition des différentes espèces.

Lorsque *Tanymastix stagnalis* a déjà été signalée sur un site, il y a une probabilité qu'elle y soit encore. L'état de diapause lui permet de résister aux facteurs d'un milieu et d'en appréhender les potentialités d'accueil. Pour déterminer l'aire de répartition la plus exhaustive possible de *Tanymastix stagnalis* sur

⁵ Mouillère : zone de faible étendue affectée par un apport d'eau extérieur et de durée variable

Fontainebleau, il faut prévoir un plan d'observation annuel échelonné en fonction de la pluviométrie et de la température. Tous les critères décrits jusqu'à présents sont à prendre en compte, même si *Tanymastix stagnalis* est une espèce instable.

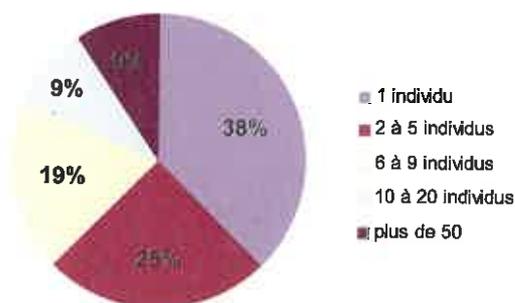
3. Analyse

3.1. Bilan 2008

Le premier signalement de *Tanymastix stagnalis* a été donné le 11 mars pas O. SCHER (adhérent de l'ANVL). Les prospections ont été réalisées du 25 mars au 21 avril. Chaque platière a été visitée une fois par le même observateur. Elles ont donc toutes bénéficié de la même méthode de prospection, hormis les aléas climatiques. Sur 17 sites connus, 5 ont révélé la présence de *Tanymastix stagnalis*.

Nous constatons des écarts d'effectifs allant de 1 individu visible à plus de 50 et d'après le diagramme, la probabilité qu'une station héberge moins de 10 individus est de 82 %.

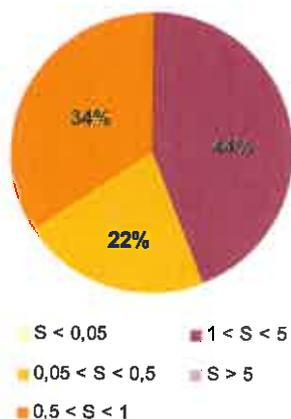
NB : Les individus sont plus facilement observables lors de journées très ensoleillées.



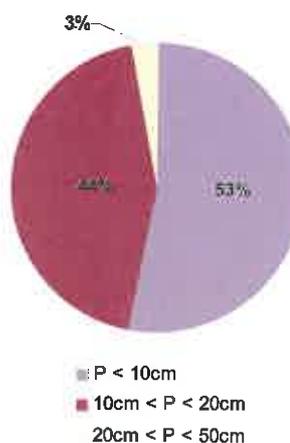
Pourcentage des stations en fonction du nombre d'individus présents.

La superficie des stations oscille entre 0,08m² et 4,4m², dont la moyenne est de 1,12m² impliquant qu'elles sont majoritairement de faible superficie. La profondeur maximale est de 30cm, et la moyenne est de 9,8cm. *Tanymastix stagnalis* est réparti entre vasques et mares suivant les proportions notées ci-dessous.

66 % sont des vasques
44 % sont des mares

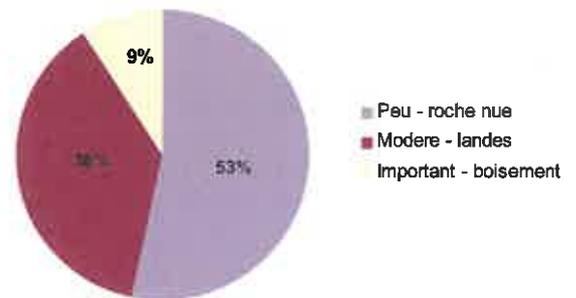


Répartition de *Tanymastix stagnalis* en fonction de la surface des stations

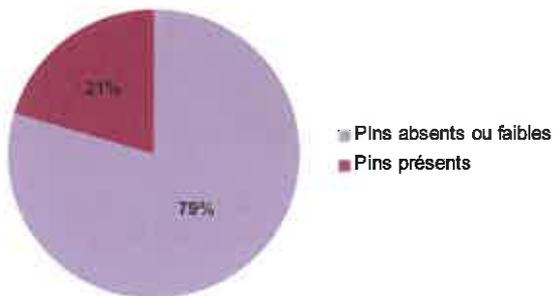


Répartition de *Tanymastix stagnalis* en fonction de la profondeur des stations

La végétation sur l'impluvium caractérise le stade évolutif des milieux. En dépendra l'ensoleillement des platières. Les résultats montrent que l'espèce préfère les milieux nus, puis la lande et enfin les milieux boisés dans une faible proportion.



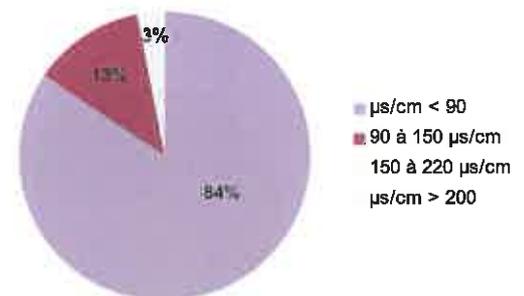
Répartition de *Tanymastix stagnalis* en fonction de l'ombre sur les platières



Répartition de *Tanymastix stagnalis* en fonction de la présence de pin à moins de 10 mètres des mares

La présence de Pins est en partie responsable du comblement des mares et de la disparition de l'habitat de *Tanymastix stagnalis*. Elle est constatée dans seulement 21 % des cas.

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. D'après le diagramme elle est dans 84 % inférieur à 90 $\mu\text{s}/\text{cm}$, *Tanymastix stagnalis* est donc favorisé dans des milieux ayant un faible taux de minéraux dissout, et donc par définition des milieux pauvres.



Répartition de *Tanymastix stagnalis* en fonction de la conductivité des platières

Certains caractères sont récurrents sur toutes les stations :

La présence d'espèces prédatrices est nulle.

Seul du zooplancton cohabite dans 31,2 % des cas.

Le substrat est minéral sur toutes les stations.

Le pH est presque toujours acide, compris entre 5,21 et 7,5 avec une moyenne de 6,31, 5 stations sont au dessus de 7.

Les résultats peuvent être synthétisés ainsi :

Critères des platières	Résultats	Analyse
Superficie	66 % des stations < 1m ²	Faible
Profondeur	97% des stations < 20cm	Faible
milieux	Ouverts - landes	Oligotrophes ⁶
pH	5,2 à 7	Acide
Conductivité	84 % des stations < 90 s/cm	Pauvre en éléments minéraux
Ensoleillement	81 % des stations exposées	Bien exposées
Faune	quelques Invertébrés	Peu de prédation
Nature du substrat	rocheux	étanche
Végétaux	Présents / Pins	Comblements/Enrésinement

3.2. Bilan des études précédentes

Exploiter les données d'autres études permet d'enrichir et de conforter les résultats récents. Avant de tirer des conclusions de ces analyses, il paraît nécessaire de préciser que pour leur utilisation dans cette étude sur Fontainebleau, il existe des lacunes. L'absence de quelques données, telle que parfois les effectifs observés et les protocoles utilisés. Pour que l'exploitation des données soit fiable, il faut utiliser le même protocole sur des milieux hétérogènes, en relevant l'abondance des individus présents.

Cependant, les sites étudiés sont géographiquement éloignés les uns des autres et certains facteurs sont récurrents. Il faut également souligner qu'il s'agit d'une espèce pour laquelle on a peu d'informations scientifiques. Ce bilan permet de les regrouper et de se rendre compte que les résultats obtenus sont pour le moment cohérents.

Caractéristiques favorables retenues d'une étude menée par Sylvie THOREL en 2006 sur les platières de l'Essonne :

Critères des platières	Résultats	Analyse
Superficie	0,5 m ² à 2 m ²	Faible
Profondeur	10 à 30 cm	Faible
milieux	Ouverts	Oligotrophes
pH	4 à 6	Acide
Conductivité ⁷	33 à 234 µs/cm	Pauvre en éléments minéraux
Ensoleillement	T°c de l'eau : 20°C	bien exposées
Faune	quelques Invertébrés	Peu de prédation
Nature du substrat	rocheux	étanche
Végétaux	Présents / Pins	Comblements/Enrésinement

Remarque : L'étude a été rendue difficile par une forte proportion de mares asséchées.

⁶ Oligotrophe : Milieu très pauvre en éléments nutritifs et ne permettant qu'une activité biologique très réduite

⁷ Elle est liée à la présence d'ions dans la solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous. Elle caractérise la capacité de conduction (électrique ou thermique) d'une substance.

Caractéristiques favorables retenues d'une prospection menée par Nicolas RABET en 1992 / 94 sur Fontainebleau (source : bul.anvl n° 2, 1994, vol. 70) :

Critères des platières	Résultats	Analyse
Superficie	Faible	Faible
Profondeur	< à 20 cm	Faible
milieu	-	-
pH	-	-
Conductivité	-	-
Ensoleillement	-	-
Faune	-	-
Nature du substrat	-	-
Végétaux	Présents / Pins	Complements/Enrésinement

Remarque : Il a été constaté que lorsqu'une pluviométrie continue ne permettait pas d'assèchement, il n'y a pas de nouvelle éclosion.

Caractéristiques favorables retenues d'une étude menée par Nicolas RABET en 2001 sur Fontainebleau (source : bul.anvl n°1, 2001, vol. 77) :

Critères des platières	Résultats	Analyse
Superficie	1 dm ² < - < 10 dm ²	faible
Profondeur	5 à 15 cm	faible
milieu	ouvert / fermé	++ / --
pH	5 à 7	Acide a neutre
Conductivité	10 à 300 µs/cm	Pauvre en éléments minéraux
Ensoleillement		
Faune	quelques Invertébrés	Peu de prédation
Nature du substrat	rocheux	étanche
Végétaux	Présents / Pins	Comblement/Enrésinement

Caractéristiques globales favorables par Grillas P (source : les mares temporaires méditerranéennes vol.2):

Critères des platières	Résultats	Analyse
Superficie	quelques dm ²	faible
Profondeur	5 à 10 cm	faible
milieu	pionnier	Oligotrophes
pH	5,2	Acide
Conductivité	< 200 µs/cm	Pauvre en éléments minéraux
Ensoleillement		
Faune	quelques Invertébrés	Peu de prédation
Nature du substrat	Rocheux / herbeux ou sansouire	étanche
Végétaux		

Caractères récurrents :

- Mare temporaire (assèchement), persistance du stade pionner.
- pH inférieur à 5 peut entraîner la mort des individus.
- Temps de développement et de longévité dépend de la T°c, de l'ensoleillement
- Sensible à la prédation (hétéroptères & amphibiens)
- Milieux oligotrophes, substrats pauvres.
- Milieux peu profonds et de faible superficie

3.3. Comparaison

Il semble que les précédentes études soient basées sur des observations empiriques. Notre démarche les conforte de façons scientifiques car les résultats sont cohérents sur les conditions favorables à *Tanyastix stagnalis*. Elles font ressortir des critères récurrents sur habitat.

C'est une espèce nécessairement exigeante pour survivre. Les milieux sont propices à l'espèce si certaines conditions sont respectées indépendamment de la localisation géographique.

4. Fiche identité de l'habitat de *Tanymastix stagnalis*

Embranchement	Arthropodes
Classe	Crustacés
Sous-classe	Branchiopode
Ordre	Anostracés
Famille	Branchipodide



Tanymastix stagnalis femelle

Habitat « global » - inféodé aux milieux pionniers

- **Platières nues**
- **Landes laissant la roche affleurante**
 - Milieu humide temporaire
 - Substrat minéral
 - Sensible à l'ensoleillement
 - Réchauffement rapide

Habitat local - exigences écologiques

- **Caractères physiques : géomorphologie**
 - Pente douce
 - Faible superficie : inférieur à 2m²
 - Faible profondeur : inférieur à 20cm
- **Caractères physico-chimiques :**
 - pH de 5 à 7
 - Conductivité : 10 - 90 µs/cm

Si un site réunit ces conditions, alors il y a eu forte probabilité que *Tanymastix stagnalis* soit présent. Il offre les conditions optimales pour son apparition.

Risques et menaces – très sensible à son habitat

- **Pollution**
 - Modifications des paramètres de l'eau (hydrocarbures..)
- **Dynamique naturelle**
 - Colonisation des végétaux, comblement
 - Présence de Pins, enrésinement

Référence : Fiche établie d'après une collecte d'études

Conclusion

Les platières ont longtemps été entretenues par des phénomènes naturels (grands herbivores, incendies..) et l'homme par ses diverses interventions en a modifié les influences sur les milieux.

Le fait d'avoir interagi sur tous les milieux leur a fait perdre leur équilibre naturel et sans gestion, certains habitats et certaines espèces sont voués à disparaître. L'étude a démontré que *Tanymastix stagnalis*, après avoir traversé le temps, est aujourd'hui menacé si on n'y prend pas garde.

Cette espèce accumule les conditions les plus sensibles : individus de petite taille, pas de protection contre les prédateurs, habitat de faible surface, et de nombreuses autres exigences écologiques déterminées dans l'étude.

Sa seule défense reste sa capacité à résister à l'assèchement, qui permet de maintenir à chaque retour de pluie, un habitat hospitalier. Ainsi pour favoriser le maintien de ses effectifs, et pour assurer une large aire de répartition, il est vivement souhaité de lui attribuer une mesure de protection.

Tous les aspects développés dans cet article montrent qu'il est dorénavant établi que *Tanymastix stagnalis*, dont la valeur patrimoniale est passée sous silence faute de connaissance, renforce le caractère remarquable de Fontainebleau. C'est pourquoi cette espèce doit être prise en compte dans les futurs plans de gestion élaborés sur le massif de Fontainebleau et les environs. La mesure minimum à prendre et à effet immédiat est de réaliser des notes d'information et de localisation des stations hébergeant l'espèce.

La difficulté majeure réside dans la méconnaissance et le désintéressement collectif de cette espèce. Certains scientifiques ont reconnu son intérêt écologique, mais il est délicat d'entreprendre de grandes mesures pour une petite espèce dont les habitudes sur Fontainebleau commencent seulement à être percées. Il convient donc de solliciter d'autres études afin d'étendre ces connaissances pour conforter les choix faits ce jour.

BIBLIOGRAPHIE

ARNAL Gérard, 2005

Les mares de platières d'Ile de France

Revue trimestrielle de l'ANVL, volume 81, n°1

DEFAYE Danielle, RABET Nicolas et THIERY Alain, 1998

Atlas et bibliographie des crustacés Branchiopodes de France métropolitaine.

MNHN Paris

DEQUE Michel

Forêt et milieux naturels face aux changements climatiques.

Rendez-vous technique, hors série n°3, ONF

GRILLAS P. & al., 2004

Les mares temporaires méditerranéennes

Volume 1, enjeux de conservation, fonctionnement et gestion

Volume 2, fiches espèces.

LIRON Marie Nieves, THIRY Médard, ROYAUD Alain, 2005

Hydrologie et végétation des mares tourbeuses de la platière des Coulevreux en forêt de Fontainebleau.

Revue trimestrielle de l'ANVL, volume 81, n°1

RABET Nicolas, 1994

Le crustacé *Tanymastix stagnalis* (L. 1758) dans la région de Fontainebleau.

Revue trimestrielle de l'ANVL, volume 70, n°2

RABET Nicolas, 1996

Présentation des crustacés « phyllopoques » de la région de Fontainebleau.

Revue trimestrielle de l'ANVL, volume 72, n°4

RABET Nicolas, 2001

Présence de *Tanymastix stagnalis* dans le massif de Fontainebleau : Etat actuel.

Revue trimestrielle de l'ANVL, volume 77, n°1

SCHER Olivier, 2007

Le crustacé phyllopoque *Chirocephalus diaphanus* dans le massif forestier de Fontainebleau et ses environs.

Revue trimestrielle de l'ANVL, volume 83, n°3

THOREL Sylvie, 2007

Les mares de platières essonniennes, habitat du crustacé phyllopoque *Tanymastix stagnalis*.

Rapport d'activité de l'ANVL.

Carte IGN au 1 : 25 000, Forêt de Fontainebleau.

Sites web

<http://www.onf.fr/>, site officiel de l'Office National des Forêt.

<http://natura2000.environnement.gouv.fr/>, Portail du réseau natura2000

<http://carmen.fr/>, données sig

<http://www.cig.ensmp.fr/~thiry> publication de Médard Thiry.

<http://www.meteofrance.com/>

<http://www.cenlr.org/> site officiel du conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc Roussillon.

<http://www.essonne.fr/>

<http://www.champagne-ardenne.ecologie.gouv.fr/>

Annexe 1 :
Données historiques de *Tanymastix stagnalis*

(Recueillies dans les bulletins de l'association vol 70/2 1994 et vol 77/1 2001, articles de Nicolas Rabet et données transmises par Chr. Parisot, Directeur ANVL)

En forêt de Fontainebleau :

1901 anonyme :

Platière d'apremont (*Parcelles 717 et 718*).

1936 par Pacaud :

Platière du rocher de la salamandre (*Parcelles 134, 135 et 136*).

1956 :

Platière du Coquibus (*Parcelles 54 et 56*).

1957 :

Platière du carrefour d'occident (*Parcelle 783 et 137*).

1960 par Beaudoin :

Platière de Franchard, présence d'une des plus grandes flaques, de laquelle sont issus les individus à partir desquels diverses études ont été réalisées sur *Tanymastix* par Garreau de Loubresse (1965, 1967, 1974, 1978), (Beaudoin communication personnelle).

1960-1970 par Ph. Bruneau de Miré :

Platières des Coulevreux (*Parcelle 631 et 632*).

1987 par Guy Toda :

Platières dans les environs de Belle Croix (*Parcelles 880, 881, 242*) ;
Platières de Cuvier Châtillon (*Parcelles 88 et 883*).

1993 par Nicolas Rabet :

Platière près des mares de Coulevreux (*Parcelle 631*) ;
Platières d'Envers d'Apremont (*Parcelles 711 et 712*), plus d'une douzaine de vasques caractéristiques.

1994 Par Nicolas Rabet :

Platière des Coulevreux (*Parcelles 631 et 632*) ;
Platière de la touche au Mulet (*Parcelle 610*) ;
Platière de Franchard (*Parcelles 762 et 763*) 30 mares minimum abritaient *Tanymastix*

1998 par Nicolas Rabet :

Rochet de St Germain (*Parcelle 242*).

2001 Par Nicolas Rabet :

Platières du carrefour d'occident (*Parcelles 783 et 137*), stations confirmées par Ph. De Miré et Chr. Parisot ;
Platières du Rocher du restant du Long Rocher (*Parcelles 537 et 538*).

2006 par Sylvie Thorel :

Gorges de Franchard.

En forêt des Trois Pignons :

1960 par Beudoin :

Platière du Laris qui parle (*Parcelle 101*).

1992 par Nicolas Rabet :

Platière du Laris qui parle (*Parcelle 101*).

1994 par Nicolas Rabet :

Platière du Rocher de la Reine (*Parcelle 84*) ;

Platière du Laris qui parle (*Parcelle 101*) ;

Platières de Coquibus (*Parcelles 54 et 56*) ;

Platière du Rocher de Corne Biche (*Parcelle 74*).

1996 :

Platière au Nord de la Vallée close (*Parcelle 117*), le 10 novembre présence d'une population dans une vasque située non loin du chemin de randonnée des Trois pignons.

En forêt de Larchant :

1996 par Nicolas Rabet :

Platière du Rocher de la Dame Jouanne.

Autres Stations : En Essonne.

1886 par Simon :

Platière dans le Bois de Misery, commune de Vayres-sur-Essonne.

1903 anonyme :

Platière dans le bois du vieux cimetière, commune de Champcueil.

1994 Par Nicolas Rabet :

Platière dans le Bois de Jarron, commune d'Huisson-Longueville ;

Platière dans le Bois de Misery, commune de Vayres-sur-Essonne.

1998 par Nicolas Rabet :

Platières et Rocher près de Beauvais, commune de Champcueil ;

Platières dans le Bois de Charron, commune d'Huisson-Longueville, confirmée par C.

Longuet, D.Pecquet et Chr.Parisot.

2001 :

Platière dans le Bois de Misery, commune de Vayres-sur-Essonne.



Annexe 2 :
Fiches de caractérisations

Fiche de caractérisation 1 : Franchard

Fiche de caractérisation 2 : Franchard

Fiche de caractérisation 3 : Rocher de la Reine et Apremont

Fiche de caractérisation 4 : Laris qui Parle et Le Marchais

Fiche de caractérisation 5 : Le Coquibus et le chemin de Sambine

Fiche 2 : 26/03/2008 - nuageux - Franchard - Route de l'Ermitage

	11	12	13	14	15	16	17
Platière	763	763	763	763	763	763	763
Parcelle	10h00	10h10	12h00	12h10	13h50	14h10	16h00
Heure	1b	1b	1a	1a	1a	1a	1b
Type de mare dominant							
Réseau hydrographique dominant							
connexion(s)							
réseau	X	X	X	X	X	X	X
isolée							
Taille de la mare							
superficie dominante (m²)							
S<0,05							
0,05<S<0,5]	0,42			0,22		0,22	0,3
0,5<S<1]					0,54		
1<S<5]		1,10	1,2				
S>=5							
Profondeur dominante (cm)							
5<P<10]	3,5	5	11	3,5		2,3	2,5
10<P<20]					14		
20<P<50]							
P<=50							
Ombrage dominant (à 10 m autour)							
peu	X	X	X	X	X	X	X
modéré							
important							
Végétation dominante des limpiums							
pelouse							
landes	X	X	X	X	X	X	X
fruticée							
boisement				Un peu		--Un peu--	
Pin à moins de 10 m des mares	2	2	Quelqu'1				
Substrat des mares							
matière organique	fraîche	fraîche	fraîche		fraîche	fraîche	fraîche
substrat minéral	X	X	X	X	X	X	X
sol para tourbeux							
Présence de phanérogames							
Paramètres physico-chimiques							
valeur pH dominante	6,47	6,2	5,8	6,61	7,5	6,7	6,32
T° de l'eau moyenne	10,1	9	10,1	9,4	11,7	12	12,4
µs/cm moyenne	60	15	50	17	15	12	14
Présence de l'espèce	1	11	1	4	2	6	1
Présence d'autres espèces							
zooplancton	vers	vers		X		X	
vertébrés (amphibiens)							
Observations			Algues filaments				

Fiche 3 : 01/04/2008 - Pluie / soleil / nuageux - Rocher de la Reine 04/04 - soleil - Platières d'Aprémont

	18	19	20	21	22	23
Platière	34	34	44	34	84	23
Parcelle						712
Heure	17h00	12h10	13h45	14h10	14h40	16h15
Type de mare dominant	1b	1b	1b+trou	1b	1b+trou	1b
Réseau hydrographique dominant						
connexion(s)	X					
réseau isolée		X	X	X	X	X
Taille de la mare						
superficie dominante (m ²)						
S<0.05						
0.05<S<0.5						
0.5<S<1			0.73	0.6	0.42	
1<S<5	1.27	1.49				1.7
S>=5						
Profondeur dominante (cm)						
5<P<10			9	5		
10<P<20		13				10
20<P<50	30				13	
P<=50						
Ombrage dominant (à 10 m autour)						
peu	X	X	X	X	X	X
modéré						
important						
Végétation dominante de l'impluvium						
pelouse						
landes	X	X	X	X	X	X
fruticée						
boisement						
Pin à moins de 10 m des mares	X			Quelqu'		X
Substrat des mares						X
matière organique	Peu	Peu	Beaucoup	Peu	Peu	Peu
substrat minéral	X	X	X	X	X	X
sol para tourbeux						
Présence de phanérogames						
Paramètres physico-chimiques						
valeur pH	5.63	6.07	6.15	5.8	6.15	5.21
T° de l'eau	15.8	13.6	16	17.6	17	22.5
µs/cm moyenne	38	67	12	17	11	230
Présence de l'espèce	50+	50+	6	9	1	50+
Présence d'autres espèces						
zooplancton	Vers	X			X	
vertébrés (amphibiens)						
Observations		Molinie é épine	Tapis de mousse	Bouleau		Mousse Bouleau

Fiche 4 : 09/04/2008 - Pluie - Laris qui Parle 10/04/2008 - Nuageux - Le Marchais

Platière	24	25	26
Parcelle	101	114	115
Heure	12h15	12h20	14h20
Type de mare dominant	1a	1b	1b
Réseau hydrographique dominant			
connexion(s)			
réseau			
isolée	X	X	X
Taille de la mare			
superficie dominante (m²)			
S<0,05			
0,05<S<0,5			
0,5<S<1	0.47		0.78
1<S<5		1.98	
S>=5			
Profondeur dominante (cm)			
[5<P<10]	10	8	6
[10<P<20]			
[20<P<50]			
P<=50			
Ombrage dominant (à 10 m autour)			
peu	X	X	X
modéré			
important			
Végétation dominante de l'impluvium			
pelouse			
landes	X	X	X
fruticée			
boisement		X	
Pin à moins de 10 m des mares		X	
Substrat des mares			
matière organique	peu	peu	peu
substrat minéral	X	X	X
sol para tourbeux			
Présence de phanérogames		X	
Paramètres physico-chimiques			
valeur pH dominante	6.23	7.38	5.94
T° de l'eau moyenne	9	17.4	17.9
µs/cm moyenne	132	106	26
Présence de l'espèce	8	5	16
Présence d'autres espèces			
zooplancton			
vertébrés (amphibiens)		X	
Observations	1 mort	Algues filamenteuses	Tapis de mousses

Fiche 5 : 14/04/2008 - Pluie - Le Coquibus

21/04/2008 - Nuageux - ch. de la Sambine

	27	28	29	30	31	32
Platière	54	54	54	54	54	54
Parcelle	54	54	54	54	54	54
Heure	14h20	15h00	15h15	15h30	16h00	15h00
Type de mare dominant	Doux+Tro	Dx+trou	Dx+trou	1a	1b	1a
Réseau hydrographique dominant						
connexion(s)						
réseau	X	X	X	X	X	X
isolée						
Taille de la mare						
superficie dominante (m²)						
S<0,05						
[0,05<S<0,5]	0.25					
[0,5<S<1]		0.54		0.08		
[1<S<5]			1.65		1.8	4.4
S>=5						
Profondeur dominante (cm)						
[5<P<10]				9		
[10<P<20]	11	13	15		13	20
[20<P<50]						
P<=50						
Ombrage dominant (à 10 m autour)						
peu	X	X	X	X	X	X
modéré						
important						
Végétation dominante des l'impluviums						
pelouse						
landes	X	X	X	X	X	X
fruticée						
boisement						
Pin à moins de 10 m des mares	/	/	/	/	/	X
Substrat des mares						Oui
matière organique	Oui	Oui	Peu	Oui	Oui	Peu
substrat minéral	X	X	X	X	X	X
sol para tourbeux						
Présence de phanérogames						
Paramètres physico-chimiques						
valeur pH dominante	6	6.25	5.47	5.86	5.45	6
T° de l'eau moyenne	14.5	15.6	15.5	15	15.9	16.2
µs/cm moyenne	63	130	6	3	26	8
Présence de l'espèce	2	2	2	1	10+	6
Présence d'autres espèces						
zooplankton						
vertébrés (amphibiens)	asticots			X		X+derris
Observations	Algues filaments	Algues filaments	Algues filaments	Algues	Mousses	Algues filaments

Le peuplier noir *Populus nigra* L. en Bassée seine-et-marnaise

Répartition, diversité génétique, état de conservation et propositions de gestion

Introduction

Espèce importante du cortège floristique des ripisylves, *Populus nigra* L. présente de nombreux intérêts tant pour les écosystèmes alluviaux que pour la société. Les forêts ripicoles où cette espèce se développe possèdent de nombreux atouts écologiques : habitat particulier pour la faune et la flore, rôle épurateur des eaux, zone tampon entre rivière et milieux adjacents (agriculture, urbain...), action protectrice vis-à-vis des berges. Le peuplier noir possède également un intérêt sylvicole en étant impliqué dans des programmes européens d'améliorations génétiques. Cette espèce autochtone est parente des peupliers « euraméricains » cultivés, par conséquent c'est précisément dans ce réservoir que les améliorateurs puisent pour rechercher des gènes de résistance à des maladies comme la rouille foliaire du peuplier *Melampsora larici populina* (VILLAR *et al.*, 2005).

Malgré ces multiples intérêts, *Populus nigra* L. présente une vulnérabilité et une menace de conservation à long terme sur certaines plaines des grands fleuves français et européens. Le renouvellement des générations de cette espèce pionnière est mis en péril par l'absence de sites disponibles pour sa régénération, par la pollution génétique par hybridation avec les différents cultivars « euraméricains » et « interaméricains » utilisés en populiculture et par l'introgresion avec le cultivar « peuplier noir d'Italie ». Ainsi, il existe un risque de perte de capacité d'adaptation à long terme. Différents sites majeurs de la conservation où la dynamique fluviale s'exprime encore sont présents sur la Drôme, l'Allier et la Loire. Dans d'autres plaines, comme celles du Rhône, de la Garonne et du Rhin, les régénérations ne sont plus possibles car ces grands fleuves sont fortement canalisés (VILLAR et FORESTIER, 2006).

Engagé dans le programme national de conservation génétique de *Populus nigra*, l'unité « amélioration, génétique et physiologie forestière » de l'INRA d'Orléans a souhaité mener une étude sur le peuplier noir dans la vallée de la Seine où la répartition de l'espèce est encore méconnue. Cette initiative fut concrétisée en 2008 par un partenariat entre l'ANVL et l'INRA. Une étude permis d'amorcer un état des lieux de la conservation du peuplier noir dans la Bassée et de proposer des mesures de gestion sur la partie seine-et-marnaise de la vallée.

Afin de comprendre les menaces potentielles qui pèsent sur le peuplier noir, la biologie et les exigences de cette espèce ont tout d'abord été étudiées. Elle met en évidence des exigences spécifiques fortement liées au milieu fluvial dont la dynamique est de nos jours souvent altérée par les activités humaines. Qu'en est-il dans la Bassée ? Ensuite, une description du territoire met en exergue la dynamique du paysage résultant des principales activités qui s'exercent sur les milieux naturels, fluviaux, agricoles et sylvicoles. Cette description révèle des risques potentiels pour le maintien de l'espèce. Au regard de la biologie du peuplier noir et des risques qui le menacent sur le territoire, un diagnostic des populations de *Populus nigra* de la Bassée est ensuite effectué afin d'évaluer son état de conservation. Enfin, différentes stratégies de conservation sont proposées.

1 Biologie de *Populus nigra* L. : une espèce pionnière liée à une dynamique fluviale très active

1.1 Classification

Populus nigra L. appartient à la famille des Salicacées, au genre *Populus* et à la section *aigeiros* Duby. Les données concernant la section permettent de connaître ses possibilités d'hybridation avec les autres espèces de peupliers. Le genre *Populus* est divisé en 6 sections réparties sur l'hémisphère Nord. Les hybridations spontanées sont fréquentes, ce qui a conduit à de nombreux débats sur le nombre d'espèces : Eckenwalder (1996) en retient 29, in LEFEVRE 2001. En Europe, la populiculture utilise essentiellement trois espèces et leurs hybrides : *Populus nigra* L., espèce eurasiatique, *Populus deltoïdes* et *Populus trichocarpa* Torr. & Gray., espèces nord-américaines. Les principaux cultivars sont des hybrides « euraméricains » entre *Populus deltoïdes* et *Populus nigra*, ou des hybrides « interaméricains » entre *Populus deltoïdes* et *Populus trichocarpa*. *Populus nigra* apporte aux hybrides sa rusticité vis-à-vis des conditions édapho-climatiques, sa résistance au chancre bactérien et au virus de la mosaïque, sa moindre sensibilité à *Marssonina brunnea* et sa grande aptitude au bouturage. Le clone « euraméricain » 'I-214', sélectionné en Italie dans les années 1930, est aujourd'hui l'un des clones les plus cultivés en Europe.

1.2 Critères de déterminations

Populus nigra L. est un arbre élevé. Son écorce se gerçure en long, ses rameaux sont étalés et arrondis. Les bourgeons et les jeunes pousses sont glabres et très visqueux. Les feuilles deltoïdes ou ovales triangulaires acuminées, sont régulièrement crénelées et dentées tout autour avec des dents conniventes (cf. figure 1). Les limbes sont très glabres, verts et luisants sur les deux faces et le pétiole est comprimé au sommet.

Les chatons possèdent des écailles laciniées frangées et glabres. La fleur est constituée de 12-20 étamines, de 4 stigmates réfléchis. Les chatons mâles sont pourpres et les chatons femelles jaunes-verts. Enfin, la capsule est ovoïde conique, à 4 sillons, s'ouvrant par 2 valves.

Le peuplier noir peut être confondu avec des peupliers hybrides qui ont colonisé le milieu naturel ou qui ont été plantés. Les peupliers « interaméricains » sont des hybrides entre deux espèces de peupliers américains (*Populus trichocarpa* x *deltoïdes*). Leurs écorces restent lisses et gris verdâtre et leurs feuilles sont de très grande taille. *Populus deltoïdes* se distingue du peuplier noir par ses jeunes rameaux anguleux, voire ailés, et par ses feuilles assez grandes, triangulaires et légèrement en cœur à la base. Les peupliers hybrides « euraméricains » (*Populus* x *canadensis*) constituent un ensemble d'hybrides entre *Populus nigra* mâle et *Populus deltoïdes* femelles. Ils présentent des caractères intermédiaires entre ces deux parents.



Figure 1 : Planche représentative de *Populus nigra* L. (COSTE 1937)

1.3 Répartition géographique

Populus nigra occupe une aire très vaste, de l'Europe de l'Ouest à l'Asie, comprenant également une étroite frange nord-africaine (cf. figure 2). L'espèce est présente jusqu'à 1800m d'altitude. Selon RAMEAU et al. (1989), le peuplier noir était présent autrefois un peu partout dans les vallées. Aujourd'hui, en raison d'un abâtardissement consécutif au développement de la populiculture, l'espèce autochtone non hybridée ne se rencontre plus que dans les hautes vallées des Alpes, du Massif Central et des Pyrénées. Ces données sont à nuancer car les travaux menés par LEFEVRE et VILLAR (Communication personnelle) montrent que seulement 6% des peupliers noirs de la collection nationale de Guéméné-Penfao sont des hybrides avec la variété '*italica*'. Cette collection est composée de peupliers noirs provenant de diverses origines géographiques afin de représenter la variété génétique française.



Figure 2 : Aire de répartition de *Populus nigra* L.
(VANDEN BROECK, 2003b)

1.4 Reproduction

Le peuplier noir est une espèce dioïque. La pollinisation entre l'individu mâle et l'individu femelle est anémophile. La maturité sexuelle est atteinte en général entre 6 et 15 ans. La production des fleurs mâles et femelles a lieu très tôt de mars à avril. Le pollen est dispersé par le vent et l'ovule est fécondé en 24 heures. Ensuite, le processus de maturation des graines s'étale sur 4 à 6 semaines. Les grappes qui en résultent contiennent chacune 20 à 50 fruits, soit environ 225 graines de 2mm. Ces très nombreuses graines sont ensuite transportées par le vent, puis secondairement par l'eau grâce à un coton hydrophobe. Elles ont une viabilité très réduite, de l'ordre de quelques jours, et il n'existe pas de banque de graines dans le sol (LEFEVRE, 2001). La période de dispersion s'effectue durant l'abattement de l'inondation printanière durant une courte période, condition idéale pour l'établissement des graines.

Il existe également une propagation par voie végétative. L'arbre se clone naturellement par l'intermédiaire des transferts de boutures et de rameaux transportés par l'eau ou les oiseaux, par drageonnage ou encore par marcottage.

1.5 Exigences écologiques

Populus nigra est une espèce pionnière héliophile. Ses graines germent uniquement sur des zones mises à nu par des inondations (bancs de sable, limons, ou gravières). La régénération de cette espèce dépend donc de la dynamique naturelle du cours d'eau qui va créer ces zones de dépôts colonisables. Les graines ne vivent que quelques jours et ont donc des conditions de germination assez strictes : lumière, humidité continue, sol alluvionnaire minéral. Si ces conditions sont satisfaites les graines germent en formant des colonies denses.

1.6 Dynamique des populations

Le peuplier noir se développe dans les forêts alluviales localisées dans le lit majeur des fleuves et des rivières. Ces formations végétales sont liées à la dynamique des cours d'eau qui crée ou détruit les milieux qui leurs sont associés : rives, dépôts d'alluvions, îles, noues¹. Ces écosystèmes forestiers naturels sont liés à la présence d'une nappe phréatique peu profonde et inondés de façon régulière ou exceptionnelle. Leur existence, leur composition floristique et leur extension spatiale sont dépendantes des écoulements superficiels et phréatiques.

La zonation des espèces et des habitats de la plaine fluviale correspond à leur répartition en fonction des capacités adaptatives des espèces ainsi que des facteurs abiotiques tels que le régime hydrologique ou encore la géochimie des alluvions (SCHNITZLER-LENOBLE et CARBIENER, 2007). Différentes formations végétales sont à distinguer selon le stade de succession écologique de la végétation.

Les ripisylves à bois tendre (*Salix alba*, *Salix purpurea*, *Salix eleagnos*, *Salix viminalis*, *Populus nigra*...) colonisent les dépôts d'alluvions récemment apportés par les crues. Saules et peupliers se répartissent en fonction des conditions édaphiques. Les saules qui supportent d'avantage les conditions hydromorphes sont plus nombreux sur les levées fréquemment inondées, voire sur les chenaux en voie de colmatage, tandis que les peupleraies noires peuvent former des populations denses sur les parties élevées (îles hautes ou bordures de rivières endiguées) moins systématiquement inondées. Les forêts à bois tendre évoluent naturellement vers des ripisylves à bois dur (*Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus campestris*, *Ulmus laevis*, *Quercus robur*, *Prunus avium*...). Néanmoins, cette évolution a lieu uniquement si la nappe phréatique baisse et/ou la terrasse alluviale se rehausse sinon la forêt de bois tendre peut se succéder à elle-même. Lorsque la dynamique du cours d'eau est profondément modifiée (diminution ou disparition du nombre et de l'intensité des crues), ou lorsque le lit se déplace ou cours du temps, la ripisylve évolue de façon irréversible vers une forêt à bois dur. Ces boisements naturels sont très intéressants par les espèces patrimoniales qui s'y développent (*Ulmus laevis*, *Vitis vinifera*...) et par leur aspect de sylvie primitive (nombreux chablis, bois morts, arbres morts sur pieds, lianes...).

o o o

Le peuplier noir est une espèce fortement liée aux fleuves qui possèdent une dynamique latérale morphogène, créatrice de bancs d'alluvions favorables à la germination des graines. Les exigences écologiques de cette espèce pionnière sont donc très particulières d'autant plus que *Populus nigra* fonctionne en métapopulation. La colonisation de nouvelles zones de l'hydrosystème par ses graines permet la survie à long terme de l'espèce en assurant le renouvellement des générations. Cette survie dépend également de la richesse et du nombre des populations présentes le long des fleuves. Plus les populations sont nombreuses et interconnectées entre elles, plus elles échangent des gènes via la pollinisation croisée. Ensuite, la sélection naturelle contribue au développement des individus les mieux adaptés aux conditions du milieu.

Quelle est la situation du peuplier noir le long de la Seine en Seine-et-Marne ? Le maintien de l'espèce est-il assuré à long terme ? L'espèce est-elle menacée ? Une présentation de la Bassée a permis de mettre en exergue les principales dynamiques des milieux et les menaces qui pèsent sur le peuplier noir dans ce territoire aux nombreux enjeux.

¹ Annexes fluviales : bras secondaire obturé à l'amont soit naturellement, soit par une digue submersible. Bras mort, bras isolé, ancien méandre.

2 Présentation du secteur d'étude et des menaces potentielles pour le maintien de l'espèce

2.1 Localisation

Le secteur d'étude correspond à la grande plaine alluviale constituée par le lit majeur de la Seine entre Montereau-Fault-Yonne, en Seine-et-Marne, et Nogent-sur-Seine (cf. figure 3). La faible pente de 0,6 ‰ de la Bassée confère à la Seine son aspect méandrique dans les secteurs non canalisés. La morphodynamique du lit correspond à celle d'un lit à méandres libres. Des recoupements de méandres ont eu lieu et des vestiges subsistent en particulier entre Marcilly-sur-Seine et Marnay-sur-Seine (SAFEGE, 2004). Cet hydrosystème autrefois très actif a pu favoriser la création de nombreux milieux riverains au gré des divagations du fleuve. L'évolution du tracé de ce dernier au travers des siècles a engendré de nombreux délaissés, noues et bras de décharge.

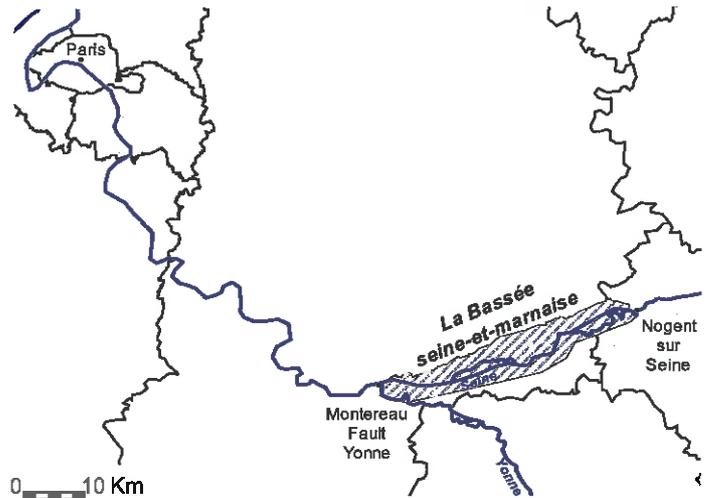


Figure 3 : Localisation de la Bassée

2.2 Menaces potentielles sur le territoire

- **Dynamique fluviale, espace de mobilité et régénération**

La modification de la dynamique fluviale, par les endiguements et les aménagements, peut provoquer la régression des sites favorables au développement des semis. Les documents d'archives, insuffisants, ne renseignent que très peu sur la métamorphose fluviale enregistrée au cours du siècle dernier néanmoins les études réalisées par LEVASSOR, 1994, DZANA, 1997 et GAILLARD 1998, *in* SAFEGE, 2004, apportent des informations sur la mobilité du lit mineur de la Seine.

Dans le secteur compris entre Ponts-sur-Seine et Nogent-sur-Seine, un allongement significatif du tracé en plan (+18%) a été constaté entre 1828 et 1990, associé à un accroissement de la sinuosité du lit. L'instabilité du lit mineur dans le plan horizontal est essentiellement due aux caractéristiques granulométriques du matériel composant le fond du lit et les berges. En opposition, dans la partie située entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne, notre secteur d'étude, la Seine n'est pas mobile. Les études du Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine (PIREN Seine) montrent que le lit de la Seine est en voie de fixation. Les raisons avancées sont d'une part l'enfoncement du lit qui arrive à son terme (roche atteinte) et d'autre part la multiplication des travaux en berges qui réduisent les possibilités de divagation du lit. La Seine est en effet un axe de transport par voie d'eau pour les matériaux alluvionnaires extraits de la Bassée et les céréales produites sur le territoire. Cette activité a engendré un recalibrage du lit mineur et notamment la mise en grand gabarit de la Seine en aval. Cette situation ne permet plus la création de zones de dépôts alluvionnaires dans le lit mineur et a pratiquement supprimé tout débordement dans la plaine alluviale

à l'aval de Bray-sur-Seine, appauvrissant ainsi l'écosystème le long des corridors fluviaux. L'espace de mobilité quasi inexistant sur le secteur d'étude ne favorise donc pas la création de surfaces colonisables par les salicacées pionnières telles que *Populus nigra*.

- **La populiculture et le risque d'hybridation**

Des interactions existent entre les peupleraies cultivées de variétés hybrides et les peupliers noirs autochtones du compartiment sauvage. Le pollen des variétés cultivées et ornementales peut polliniser les peupliers noirs du compartiment naturel et réciproquement. La descendance dispersée dans le milieu naturel sera ainsi polluée génétiquement.

Il faut distinguer l'introgression¹ d'origine interspécifique, au travers des hybrides cultivés, d'une introgression d'origine intraspécifique à travers le cultivar mâle universellement répandu *Populus nigra 'italica'*. Différents travaux, basés sur des marqueurs génétiques (protéines, ADN), ont montré que l'introgression de gènes de *Populus deltoïdes* est possible et qu'elle est détectable au niveau des jeunes semis, mais on la retrouve très rarement au niveau des arbres adultes (LEFEVRE, 2001). Les mécanismes permettant de limiter ce processus restent à ce jour inexpliqués. Toutefois, les cultivars hybrides mâles ont une floraison généralement plus précoce que celles des *Populus nigra* femelles, ce qui limite une des voies d'introgression.

Les ressources génétiques en *Populus nigra* sont donc influencées par l'évolution de la peupleraie cultivée à laquelle elles contribuent. Le peuplier noir sert à produire des variétés d'hybrides pour la populiculture et ces derniers lorsqu'ils sont plantés dans l'environnement risquent de polluer le patrimoine génétique des peupliers noirs. Il s'agit d'une boucle d'interaction positive où l'on peut voir à long terme le patrimoine génétique de *Populus nigra* devenir de moins en moins pur.

La sylviculture dans les plaines alluviales est souvent marquée par le modèle intensif de populiculture. Les terrains alloués à la peupleraie sont passés de 19 % de l'occupation du sol de la Bassée en 1949 à 12% en 1997 (BENDJOUDI, 2000). Ceci tient pour partie à des pratiques de sylviculture extensive (les peupleraies non entretenues prennent l'aspect de boisements naturels) et pour partie à l'abandon pur et simple des peupleraies. Les peupleraies se situent entre Nogent-sur-Seine et Marcilly-sur-Seine d'une part, et dans une moindre mesure entre Bray-sur-Seine et Nogent-sur-Seine. Dans la Bassée, il existe donc un risque d'interactions inopportunes entre les peupliers noirs autochtones et les peupliers cultivés.

¹ Hybridation.

3 Evaluation de la conservation du peuplier noir dans la Bassée seine-et-marnaise

3.1 Critères d'appréciation de la conservation

- **L'état de l'hydrosystème**

La dynamique latérale du fleuve va conditionner la destruction et la construction de zones favorables à l'installation des semis d'espèces pionnières. Cet espace de mobilité est un facteur clé pour la sauvegarde du peuplier noir qui ne colonise que les zones de dépôts d'alluvions grossières façonnées par les fleuves. En outre, l'inondabilité callée sur les rythmes de crue et décrue du fleuve va jouer un rôle dans la sélection des espèces.

- **Le principe de métapopulation**

Populus nigra fonctionne en métapopulation: la régénération se fait au travers la colonisation d'espaces ouverts par les perturbations de l'écosystème (LEFEVRE, 2001). Une espèce ne peut survivre que si elle rencontre des conditions conformes à ses besoins biologiques, à sa niche. Mais à cause de la nature stochastique de leur propre dynamique et de celle de leur environnement, les populations sont vouées à s'éteindre. La survie d'une métapopulation, dès lors, dépend du balancier entre l'inéluctable extinction locale et la colonisation incessante de nouveaux espaces (MUNOZ, 2006).

Cette particularité soulève de nombreuses questions : à quels stades de la dynamique de la végétation les populations de peupliers noirs appartiennent-elles ? Quelles sont les communautés végétales rencontrées ? Existe-t-il assez de populations florifères pour assurer une dispersion de graines assurant la colonisation de nouveaux espaces ? Existe-t-il des zones favorables à la germination de ces graines ? Ces interrogations sont primordiales car les études spécifiques sur le peuplier noir sont rares sur le territoire.

La conservation *in-situ* doit par conséquent protéger et/ou créer des populations combinant une diversité génétique et une mosaïque de milieux qui reflète les différentes étapes du cycle pionnier, des jeunes semis aux peuplements adultes florifères (LEFEVRE, 2001).

- **La qualité et la diversité génétique au sein des populations**

Dans une perspective évolutionniste, la conservation dynamique des ressources consiste à favoriser la recombinaison génétique par la reproduction sexuée et à laisser la sélection naturelle s'exercer sous la pression du milieu. Ainsi, le but est de favoriser l'apparition de nouvelles combinaisons de gènes pour produire une variance adaptative élevée. Il convient de protéger des populations d'arbres riches et diverses, mais aussi de veiller à ce que le renouvellement des générations d'arbres s'effectue au mieux : floraison et fructification aussi généralisées que possible pour un brassage génétique optimal (VILLAR et FORESTIER, 2006). Ainsi, un nombre important d'individus adultes florifères, de souche naturelle et pouvant se féconder entre eux est un indice positif pour mesurer un potentiel séminal.

D'un point de vue génétique des interactions existent entre le compartiment naturel et les peupleraies cultivées d'hybrides. Les peupliers noirs autochtones de la Bassée sont-ils alors de pure souche ou bien ont-ils subi une pollution génétique de la part des populations d'hybrides utilisées en sylviculture ? Les zones de populiculture sont-elles localisées à proximité des populations de *Populus nigra* du milieu naturel et la concordance des floraisons de ces deux compartiments induit-elle des risques de pollinisations croisées ?

- **Les connexions écologiques**

Pour que le brassage génétique s'effectue au maximum, les différentes stations d'individus florifères doivent être interconnectées. La pollinisation chez le peuplier noir étant anémophile un véritable *continuum* n'est pas nécessaire, néanmoins selon LEFEVRE et *al.*, (2001), les petites unités de

conservation utilisées comme pont entre de plus grandes populations doivent être distante de moins de 5 km. Selon POSPIŠKOVÁ M., SÁLKOVÁ I., (2006), la distance parcourue dans l'air par le pollen varie de 10 à 230 m et de 163 à 370 m pour les graines. L'existence de ces continuités va permettre d'estimer les capacités d'échange de gènes entre les adultes le long du fleuve. Néanmoins, le manque de données et d'études à ce sujet ne permet pas de conclure avec certitude sur une distance minimale à préconiser entre les populations.

En outre, la voie d'eau est, avec le vent, l'agent qui disperse les graines dans la vallée. Plus le fleuve sera connecté à d'autres milieux (annexes fluviales, plans d'eau de carrières) plus les chances de colonisation de nouveaux espaces seront élevées.

3.2 Définition des études à réaliser pour effectuer un diagnostic

Le tableau 1 résume les études à réaliser pour effectuer un diagnostic de l'état de la ressource en peuplier noir dans la Bassée.

Deux types d'études de terrain ont permis :

D'une part de localiser et de décrire les boisements à *Populus nigra* et les zones favorables à sa régénération. Suite à la campagne de localisation des populations, les connexions écologiques ont pu être également évaluées.

D'autre part d'évaluer *in-situ* la diversité génétique des individus par une méthode d'observation de la phénologie florale.

Enfin, l'état de l'hydrosystème, et plus particulièrement de l'espace de divagation de la Seine dans le secteur d'étude, est évoqué dans la sous-partie 2.2 c'est pourquoi nous n'aborderons pas à nouveau ce sujet.

Tableau 1 : Objectifs et études à réaliser pour évaluer l'état de conservation de *Populus nigra*

Objectifs	Etudes à réaliser
Evaluer l'état de l'hydrosystème et l'espace de divagation du fleuve	Recherche bibliographique
Localiser les peuplements existants Rechercher les zones favorables à la régénération & Caractériser les formations végétales afin d'évaluer la mosaïque forestière	Localisation par prospection de terrain et photo- interprétation & Inventaires floristiques et description physiionomique des groupements
Estimer et Connaître la diversité génétique dans les populations de la Bassée Evaluer la capacité de fécondation intra et inter population	Etude de la phénologie florale d'une centaine d'individus et étude des connexions écologiques
Evaluer le risque de fécondation croisée entre peupliers noirs du compartiment naturel et peupliers hybrides des parcelles en populiculture	Etude de la phénologie florale des différentes populations et étude des connexions écologiques

3.3 Localisation et description des boisements

• Méthode et outils

L'objectif est de dresser un premier état des lieux de la répartition du peuplier noir. Une campagne de terrain a permis de localiser l'espèce et de décrire les formations végétales rencontrées ainsi que la richesse spécifique qu'elles renfermaient.

Dans un premier temps, une analyse de photos aériennes et de cartes a contribué à localiser les boisements où l'espèce pourrait se trouver potentiellement et d'écarter les zones de peupleraies cultivées d'hybrides. Ces dernières sont facilement reconnaissables sur les photos aériennes par leur plantation en maillage. Ensuite les boisements à peupliers noirs furent localisés précisément lors de prospections de terrain. Les relevés floristiques des boisements ont été réalisés selon la méthode Braun Blanquet.

La phénologie et la physiologie du peuplier noir ont influencé la période adéquate pour effectuer cette campagne de localisation. La fin de l'hiver et le début du printemps correspondent aux débourrements des bourgeons floraux. Les fleurs de peupliers noirs mâles et femelles se voient de très loin grâce à leurs couleurs vives : chatons rouges-carmins pour les mâles et jaunes-verts pour les femelles. Ainsi, les individus sont visibles dans le paysage et à travers les boisements. En outre, le port des arbres discrimine le peuplier noir autochtone du cultivar « peuplier noir d'Italie ». Néanmoins, la vérification de l'espèce est nécessaire à posteriori après le débourrement foliaire, la feuille étant un critère d'identification important.

Différentes portions de la vallée de la Seine ont été parcourues entre Montereau-Fault-Yonne et Nogent-sur-Seine. Toutefois, du fait du temps restreint, il n'a pas été possible de prospecter l'ensemble du terrain d'étude et encore moins de tout inventorier. Une nouvelle campagne sera nécessaire.

• Résultats

La présence de l'espèce est constatée sur différents secteurs de la vallée : le long de la Seine, le long des plans d'eau résultant de l'extraction de granulats dans le lit majeur et dans les boisements alluviaux. Les peuplements se différencient en fonction du degré de maturation de la formation végétale et en fonction des espèces dominantes. En annexe 1, différents relevés floristiques rendent compte des espèces présentes dans les formations à peupliers noirs rencontrées dans la Bassée.

Les populations d'amont en aval s'organisent de la manière suivante :

Entre Nogent-sur-Seine et Grisy-sur-Seine de nombreuses populations se développent (cf. carte 1 en annexe). Les formations de bois tendres à peupliers noirs florifères y sont nombreuses le long des plans d'eau et le long des noues. Dans ce secteur, le peuplier noir se mélange également à des bois durs dans les boisements riverains plus matures de types Chênaie-Ormaie sur les bords de la Seine (cf. figure 4). Quelques stades arbustifs sont présents dans les carrières en cours d'exploitation où parfois des semis trouvent les conditions favorables à la germination.



Figure 4 : Chênaie-Ormaie bordant la Seine au nord de Noyen-sur-Seine

Entre Grisy-sur-Seine et Bray-sur-Seine, le peuplier noir semble absent sur les bords de Seine. Des habitations, jardins et peupleraies cultivées d'hybrides occupent le lit moyen. Des formations arbustives sont tout de même localisées le long des plans d'eau d'anciennes gravières au nord de Neuville où l'espèce semble se régénérer. Des gaulis ont été observés mais pas de semis.

Entre Bray-sur-Seine et Balloy, l'absence de prospection ne permet pas de conclure sur la présence ou l'absence de l'espèce.

Entre Balloy et La Tombe, différentes formations arborescentes de bois tendres et de bois durs sont localisées sur les rives d'anciennes gravières réhabilitées ainsi que le long des nombreuses noues de cette partie de la Seine (cf. carte 2 en annexe). Enfin des gaulis se développent dans des zones de carrières, telles que la carrière de l'entreprise GSM granulats, ou d'anciennes carrières telles que le plan d'eau de *Chammorin*.

Entre Marolles-sur-Seine et la Grande Paroisse, le manque de prospection ne permet pas de conclure sur la distribution de l'espèce mais quelques populations sont présentes le long des berges de plans d'eau d'anciennes carrières comme sur les sites *Les Loges*, *Les Seiglats* et *Les Préaux*.

Différentes éco-unités sont à différencier :

Le peuplier noir se localise principalement le long de plans d'eau d'anciennes carrières dans des ripisylves à bois tendres telles que des Saulaies blanches. Ces peuplements sont assez jeunes, les plus âgés ayant une vingtaine d'années. Les peupliers noirs y sont très nombreux et florifères. Un effectif de 200 à 300 peupliers noirs peut être recensé sur une ripisylve de 1 km de long et 6 m de large.

Deux faciès de cette formation sont à distinguer :

- **Les saules dominant** lorsque les berges sont en pentes douces et que le niveau de la station n'excède pas 0,3 m au dessus du niveau de l'eau. Les herbacées compagnes sont des hygrophiles et meso-hygrophiles telles que *Equisetum palustre*, *Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus*, *Carex spicata*, *Juncus articulatus*, *Juncus sylvaticus*... Ce type de milieu résulte d'une reconstitution de berge à faibles pentes à la suite d'un réaménagement. La colonisation par les peupliers noirs et les saules s'est ensuite faite naturellement. La faible hauteur de la station par rapport au plan d'eau et les berges douces augmente le contact entre l'eau et le sol favorisant cette végétation de zones humides. De plus les fluctuations du niveau par remontées de nappes ou lors de crues, quand le plan d'eau est connecté à la Seine, maintiennent la sélection en faveur de ce type de végétation.
- **Le peuplier noir domine** lorsque les berges sont généralement en pentes fortes et que la station est située à plus de 1 m au dessus du niveau du plan d'eau. La strate arbustive est assez dense composée de *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Salix cinerea*, *Salix purpurea*, *Salix viminalis*, *Viburnum lantana*, *Acer campestre*, *Prunus avium*. Parfois, des espèces annonçant le cortège de la Chénaie-Ormaie apparaissent dans la strate arbustive. Ce milieu résulte d'une colonisation spontanée le long de plans d'eau qui n'ont pas fait l'objet d'un réaménagement. Les fronts de tailles n'ont pas été aplanis. Les rives se trouvant dans des positions topographiques plus élevées ont favorisées la dominance du peuplier noir, moins exigeant en eau que le saule, et d'autres espèces des forêts mixtes du lit majeur des fleuves.

Les rives de ces plans d'eau jouent donc le rôle de milieux de substitution aux zones de dépôts alluvionnaires qui font défaut dans le lit mineur et moyen de la Seine. Les salicacées pionnières comme le peuplier noir peuvent par conséquent les coloniser (cf. figure 5).



Figure 5 : Saulaie blanche à faciès de peupliers noirs sur les rives du plan d'eau de Villiers-l'écluse

Le peuplier noir se localise également en haut des berges endiguées de la Seine et sur les annexes fluviales de la Seine dans des ripisylves de type Saulaies blanches. La position topographique des stations est élevée (+1,5 à + 2,5 m au dessus du niveau) mais la proximité de la Seine permet aux crues de maintenir une hygrométrie dans le sol au profit des bois tendres.

Populus nigra se développe dans des forêts alluviales plus anciennes, de type Chênaie-Ormaie, mélangeant bois tendres et bois durs, localisées dans le lit moyen de la Seine. Les individus y sont de grandes tailles atteignant parfois 25 à 30 m de hauteur. Ces boisements sont composés de nombreux chablis, bois morts et arbres morts sur pieds et de nombreuses lianes s'y développent. Certains de ces boisements sont d'une grande valeur patrimoniale par leur structure et la flore qu'il renferment (*Ulmus laevis* et *Vitis vinifera* spp *sylvestris*).

Enfin, la régénération de l'espèce ne s'effectue que le long des plans d'eau des carrières et d'anciennes carrières sur les alluvions mises à nu par l'extraction de granulats.

La figure 6 synthétise la dynamique de la végétation en lien avec le peuplier noir suite à l'extraction des granulats dans les zones de carrières de la Bassée.

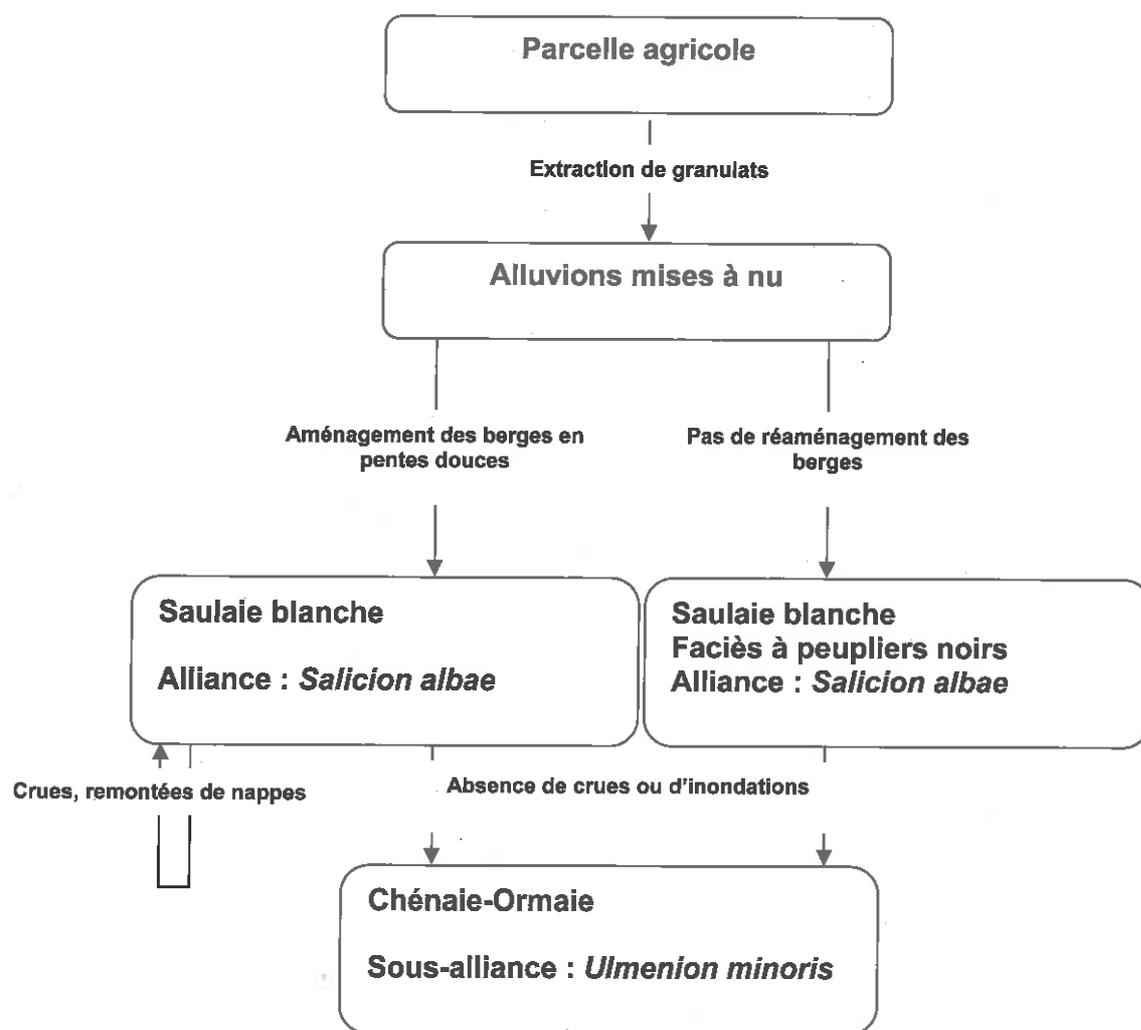


Figure 6 : Dynamique de la végétation après extraction de granulats dans les carrières (Sébastien SOL, 2008)

3.4 Evaluation *in-situ* de la diversité génétique par l'étude de la phénologie florale

• Méthode et outils

Dans des conditions naturelles, la diversité génétique ne peut être visualisée que par des caractères qui sont connus pour présenter un fort contrôle, comme le sont la précocité ou la tardiveté des floraisons (fin d'hiver début de printemps), des débournements foliaires (printemps) ou encore de la sénescence des feuilles (automne). A ce titre, une différence de débournement des bourgeons à fleurs de 3 à 4 semaines est fréquemment observée en Loire ce qui implique que les peupliers d'une même population ne sont pas forcément en fleurs tous en même temps (VILLAR *et al.*, 2005).

Les hypothèses sont les suivantes : des sujets de *Populus nigra* étant côte à côte ont de fortes chances d'être des clones s'ils fleurissent et débourrent en même temps. Le peuplier noir se reproduisant facilement par rejet, des petites formations issues d'un seul individu se retrouvent souvent dans le milieu naturel. En revanche, deux sujets voisins possédant des dates de floraisons et une évolution du bourgeon floral différents sont deux individus génétiquement distincts.

L'étude de la phénologie florale permet également d'évaluer les capacités de brassage génétique intra et inter-populations. Il s'agit de mesurer la concordance des floraisons entre les *Populus nigra* femelles et mâles au sein des différentes populations et entre les populations géographiquement proches. D'autre part, il est également possible d'évaluer les risques d'hybridation et de pollution génétique par les peupliers hybrides environnants. Il s'agit de mesurer cette fois-ci la concordance des floraisons entre *Populus nigra* femelle et *Populus x euramericana* (mâle) et *Populus nigra var italica* (mâle) et la concordance des floraisons entre *Populus x euramericana* (femelle) et *Populus nigra* (mâle) (VILLAR *et al.*, 2005)

Un protocole élaboré par Marc VILLAR de l'INRA d'Orléans, utilisé par des gestionnaires de réserve naturelle, permet une observation de l'évolution des fleurs mâles et femelles selon cinq stades d'évolution, illustrés par une clé d'identification (*cf.* figure 7 et 8)

Pour la femelle

0 : Bourgeon floral non éclo.

1 : Bourgeon entrouvert, laissant apparaître quelques fleurs. Les écailles sont plaquées contre l'inflorescence.

2 : Bourgeon ouvert. Les écailles s'écartent et laissent apparaître les fleurs femelles groupées. La longueur de l'inflorescence est supérieure à la longueur des écailles.

3 : Chaton pendant, les fleurs femelles sont encore groupées. Les écailles tombent

4 : L'axe central est bien allongé. Les fleurs femelles sont bien détachées. Les stigmates sont bien verts et turgescents.

5 : L'axe central s'est beaucoup allongé. Les stigmates sont marrons et ne sont plus réceptifs. Les capsules commencent à grossir.



Stade 1

Stade 2



Stade 3

Stade 4

Stade 5

Figure 7 : Planches de l'évolution de la fleur femelle
(Source : VILLARD, INRA)

Pour le mâle

0 : Bourgeon floral non éclo.

1 : Bourgeon entrouvert, laissant apparaître quelques étamines rouges. Les écailles sont plaquées contre l'inflorescence

2 : Bourgeon ouvert. Les écailles s'écartent et laissent apparaître les étamines rouges groupées. La longueur de l'inflorescence est très nettement supérieure à la longueur des écailles

3 : Chaton pendant. L'ensemble des étamines rouges apparaît. Les écailles à la base du bourgeon tombent

4 : L'axe central est bien allongé. Les étamines deviennent jaunes et sèches. Le pollen s'échappe.

5 : L'axe central est complètement allongé. Les étamines rouges ne sont plus visibles. Les étamines sont vides et sèchent. Stade juste avant la chute du chaton.



Stade 1

Stade 2



Stade 3

Stade 4

Stade 5

Figure 7 : Planches de l'évolution de la fleur mâle
(Source : VILLARD, INRA)

Le but est de suivre de 50 à 100 individus par station, quand cette dernière est suffisamment grande, et de les observer tous les 2 ou 3 jours pour noter le stade d'évolution des bourgeons floraux de chaque sujet. Chaque arbre suivi a été identifié par un numéro à l'aide d'une plaque métallique clouée au tronc. Un marqueur indélébile peut être utilisé sur les sujets jeunes à écorce lisse. La période d'observation a lieu dès le début du mois de mars, le peuplier noir étant une espèce fleurissant en fin d'hiver et début de printemps.

Les variables à recueillir pour chaque arbre suivi sont :

Le sexe et la circonférence à 1,3 m de hauteur (lors de la première observation). Lorsque le peuplier est sous la forme d'un taillis avec plusieurs troncs, la circonférence mesurée est celle du plus gros (cf. figure 9)

Le stade d'évolution de la fleur noté de 0 à 5 (lors de chaque observation) : 0 correspondant au bourgeon floral non éclo, 1 à 5 représentant les cinq stades d'évolution des fleurs.

Un point GPS est utile pour localiser des sujets remarquables ou des populations, néanmoins nous ne l'avons pas utilisé.



Figure 8 : Marquage et mesure de la circonférence

Le suivi phénologique fut effectué sur une centaine de peupliers noirs le long de deux plans d'eau : le plan d'eau de Noyen-sur-Seine et le plan d'eau de Villiers-l'Écluse. Le suivi de Noyen-sur-Seine est noté S1 et celui de Villiers-l'Écluse S2 (cf. figure 10).

Ces deux plans d'eau sont le commencement d'un ensemble de cinq plans d'eau situés entre Noyen-sur-Seine et la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine. Il s'agit d'anciennes sablières qui permirent la construction de la centrale tout en préfigurant un projet de canal de navigation de péniches à haut tonnage. Ce dernier projet n'a toujours pas vu le jour. Les rives nord-ouest de ces canaux sont bordées d'une ripisylve de 6 m de large où des peupliers noirs de 15 à 20 m de hauteur dominent parmi les saules. Ils constituent le plus grand linéaire de peupliers noirs observé dans la Bassée au moment du début de l'étude. L'âge de ces individus est d'environ 18 ans.

28 individus mâles et 22 femelles furent suivis sur le plan d'eau de Noyen. Ils sont numérotés de 1 à 50. 24 individus mâles et 26 femelles furent suivis sur le plan d'eau de Villiers-l'Écluse. Ils sont numérotés de 51 à 100.

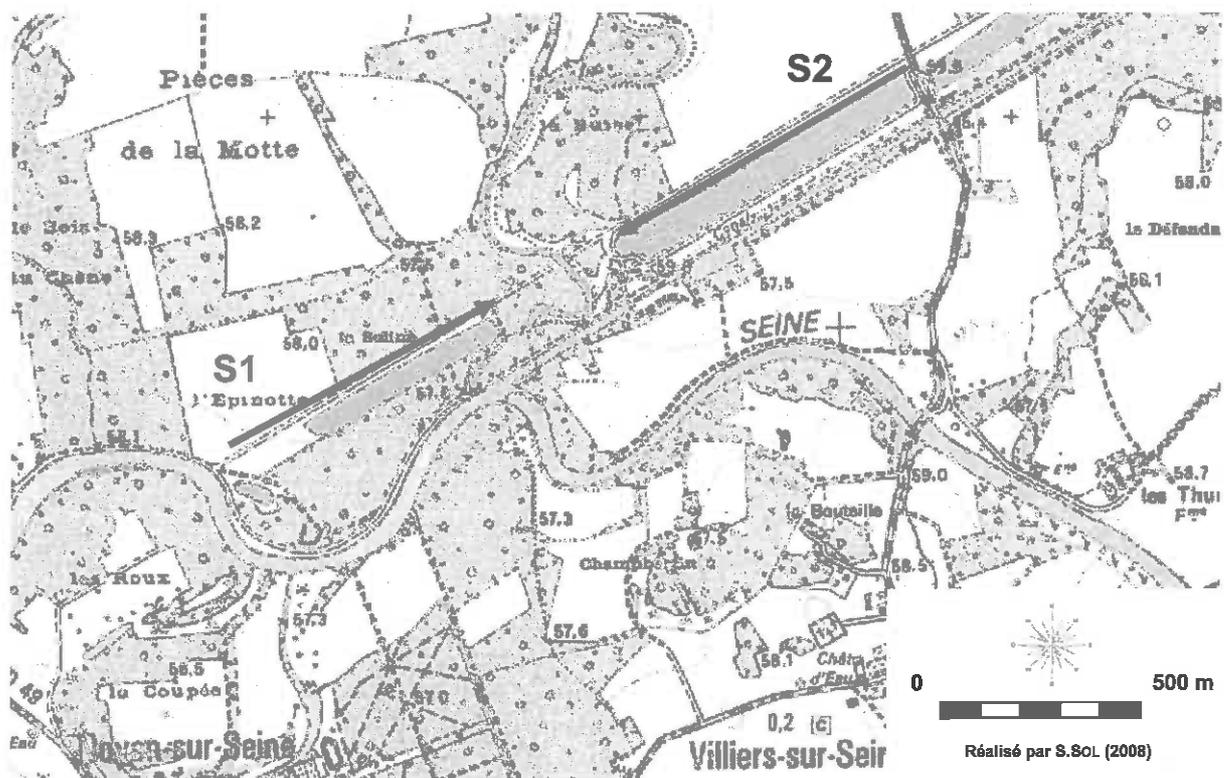


Figure 9 : Localisation du terrain d'étude du suivi phénologique

A partir d'un tableau de données décrivant ces 100 individus de *Populus nigra* en fonction du stade d'évolution de leurs bourgeons floraux au cours de différentes journées de suivi, nous avons effectué une classification d'individus de phénotypes différents. Celle-ci aboutit à une partition de l'ensemble des peupliers avec une variance interne des groupes minimale et une variance entre les groupes maximale. La première étape fut de distinguer les individus mâles des individus femelles. Cette première partition est simple à effectuer, le sexe de l'individu étant reconnaissable à la couleur de ses chatons.

- **Résultats**

- **La classification des peupliers noirs de phénotype floral différent**

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a créé des groupes d'individus qui se différencient en fonction de la précocité ou de la tardiveté de leur floraison. Dans chaque groupe figurent les peupliers qui possèdent des concordances dans l'évolution de leurs bourgeons floraux dans le temps. Le tableau 2 reprend les résultats de la CAH. Pour une meilleure visibilité, dans ce tableau chaque stade d'évolution du bourgeon floral est représenté par une couleur, permettant une visualisation des ressemblances et des différences entre les individus.

Individus femelles

La classification a créé 8 groupes de peupliers noirs femelles qui ont une évolution de leurs bourgeons floraux assez distincte en fonction de la tardiveté ou de la précocité de la floraison et en fonction de l'étalement de celle-ci dans le temps. Les peupliers de chaque groupe ayant de bonnes concordances de floraison sont souvent éloignés spatialement les uns des autres. Ce facteur justifie que ce ne sont pas des clones issus d'une multiplication végétative de l'un ou de l'autre.

Les peupliers noirs femelles des plans d'eau de Noyen-sur-Seine et de Villiers-l'écluse ont des phénotypes floraux assez hétérogènes alors nous pouvons conclure sur l'existence d'une diversité génétique au sein de cette population.

Comme nous le verrons, la sélection de certains individus, parmi les groupes formés par la CAH, pourra servir à la création d'une banque de plants. Celle-ci sera constituée d'individus ayant un patrimoine génétique distinct.

Individus mâles

La classification a créé 7 groupes de peupliers noirs mâles qui ont des évolutions de leurs bourgeons floraux assez distinctes. Les peupliers de chaque groupe ayant de bonnes concordances de floraison sont souvent éloignés spatialement les uns des autres.

Les peupliers noirs mâles des plans d'eau de Noyen-sur-Seine et de Villiers-l'écluse ont des phénotypes floraux assez hétérogènes alors nous pouvons conclure également sur l'existence d'une diversité génétique au sein de cette population.

Tableau 2 : Résultats de la CAH des peuliers noirs en fonction de l'évolution du bourgeon floral. Population des plans d'eau de Noyen-sur-Seine et Villiers-l'Écluse

		♀								♂										
Dates en 2008		03	04	04	04	04	04	04	04	03	04	04	04	04	04	04	04	04	Dates en 2009	
Groupe 1	52	0	0	1	2	2	3	3	79	0	0	1	2	3	2	2	3	Groupe 1		
	54	1	1	2	2	2	2	2	86	0	0	0	2	2	2	2	2			
Groupe 2	89	1	2	2	2	3	3	3	77	0	1	2	2	2	2	2	2	Groupe 2		
	75	0	1	1	1	1	1	1	45	0	1	2	2	2	2	2	2			
Groupe 3	58	0	1	2	2	2	2	2	83	1	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 3		
	78	0	1	2	2	2	2	2	88	1	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 4	100	0	1	2	2	2	2	2	59	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 4		
	15	2	2	2	2	2	2	2	41	1	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 5	74	2	2	2	2	2	2	2	71	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 5		
	28	2	2	2	2	2	2	2	77	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 6	76	2	2	2	2	2	2	2	87	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 6		
	88	2	2	2	2	2	2	2	86	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 7	24	2	2	2	2	2	2	2	89	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 7		
	86	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 8	15	2	2	2	2	2	2	2	22	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 8		
	12	2	2	2	2	2	2	2	24	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 9	81	2	2	2	2	2	2	2	69	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 9		
	9	2	2	2	2	2	2	2	84	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 10	5	2	2	2	2	2	2	2	25	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 10		
	4	2	2	2	2	2	2	2	19	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 11	29	2	2	2	2	2	2	2	19	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 11		
	26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 12	20	2	2	2	2	2	2	2	7	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 12		
	42	2	2	2	2	2	2	2	87	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 13	47	2	2	2	2	2	2	2	21	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 13		
	30	2	2	2	2	2	2	2	76	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 14	80	2	2	2	2	2	2	2	50	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 14		
	91	2	2	2	2	2	2	2	85	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 15	98	2	2	2	2	2	2	2	86	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 15		
	99	2	2	2	2	2	2	2	48	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 16	95	2	2	2	2	2	2	2	19	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 16		
	72	2	2	2	2	2	2	2	89	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 17	56	2	2	2	2	2	2	2	82	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 17		
	66	2	2	2	2	2	2	2	8	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 18	8	2	2	2	2	2	2	2	11	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 18		
	92	1	2	2	2	2	2	2	48	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 19	87	0	2	2	2	2	2	2	42	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 19		
	93	1	2	2	2	2	2	2	88	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 20	79	1	2	2	2	2	2	2	85	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 20		
	43	1	2	2	2	2	2	2	94	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 21	30	1	2	2	2	2	2	2	33	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 21		
	45	1	2	2	2	2	2	2	90	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 22	8	2	2	2	2	2	2	2	55	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 22		
	61	2	2	2	2	2	2	2	86	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 23	21	2	2	2	2	2	2	2	64	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 23		
	51	2	2	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 24	85	0	0	0	0	0	0	1	25	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 24		
	97	0	0	0	0	0	0	2	32	2	2	2	2	2	2	2	2			
Groupe 25									44	2	2	2	2	2	2	2	2	Groupe 25		
									14	2	2	2	2	2	2	2	2			

Légende du tableau

0	Bourgeons au Stade 0
1	Bourgeons au Stade 1
2	Bourgeons au Stade 2
3	Bourgeons au Stade 3
4	Bourgeons au Stade 4

- Variabilité de la floraison intra-population et inter-population

Les figures 11 et 12 expriment respectivement la variabilité de la floraison des peupliers noirs représentée par le pourcentage de mâles et de femelles pour chaque stade de floraison au cours de 8 relevés qui s'échelonnent sur 4 semaines, soient 2 relevés par semaine. L'expression graphique de l'évolution des bourgeons floraux au cours du temps montre une certaine diversité.

Les stades de floraison des mâles au cours du temps sont assez distincts d'un peuplier à l'autre. Il existe une diversité de stades qui apparaît nettement mais qui ne dure pas longtemps, comme le montrent les relevés du 27/03/08 au 08/04/08. Ensuite, du 11/04/08 au 18/04/08, plus de 80% des peupliers sont au stade 5 ce qui correspond à la fin de la floraison mâle. Le 22/04/08, la quasi totalité des peupliers mâles ont terminé leur floraison. En outre, à cette date ils ont tous effectué leur débourrement foliaire. Cette même diversité est présente chez les individus femelles.

Ainsi, la floraison de la population des peupliers s'étale sur 7 semaines pour les mâles et sur environ 5 semaines pour les femelles. Néanmoins, il faut majorer ces résultats car dès le début du suivi, c'est-à-dire le 27/03/08, de nombreux peupliers mâles comme femelles avaient déjà des stades de floraison avancés, signifiant que le début de celle-ci se situe avant cette date. Ce suivi n'a pu s'effectuer plus tôt car l'étude nécessita des travaux bibliographiques et des rencontres préalables à la mise en place du protocole de suivi. Les prochaines études phénologiques dans la Bassée devront par conséquent débuter dès le début du mois de mars.

Un des objectifs du suivi phénologique du bourgeon floral est de mesurer la synchronisation entre la floraison des mâles et la floraison des femelles d'une population. Le graphique de la figure 13 exprime le pourcentage de *Populus nigra* mâles au stade de floraison 4, correspondant au maximum de dispersion du pollen, et le pourcentage de *Populus nigra* femelle au stade de floraison

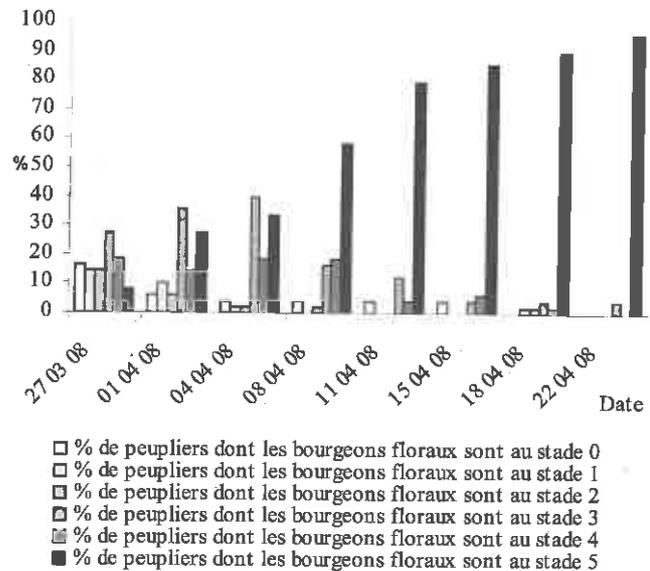


Figure 12 : Floraison de 52 peupliers noirs mâles du plan d'eau de Noyen-sur-Seine et de Villiers-l'Écluse

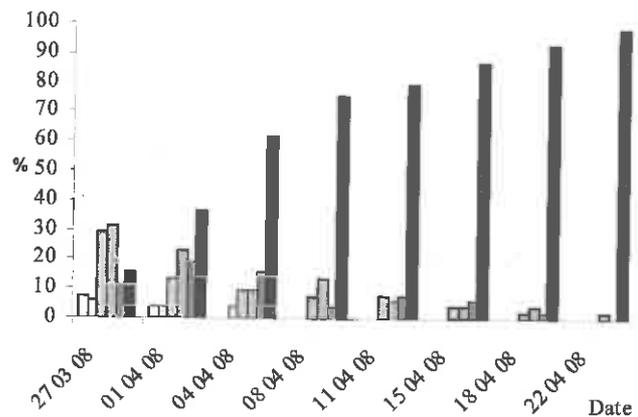


Figure 11 : Floraison de 48 peupliers noirs femelles du plan d'eau de Noyen-sur-Seine et de Villiers-l'Écluse

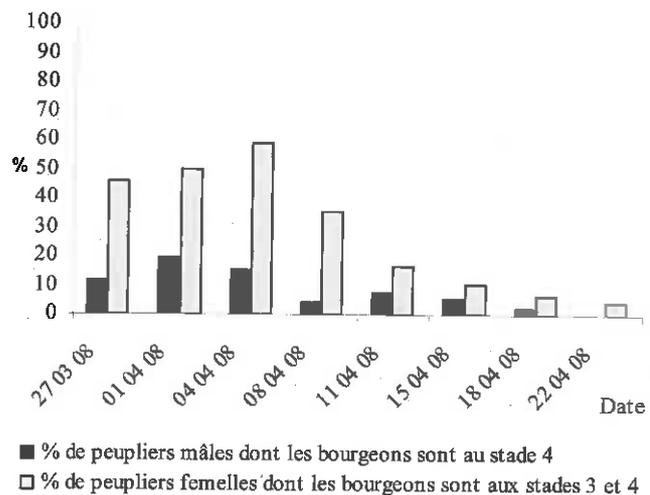


Figure 10 : Synchronisation de la floraison des peupliers noirs mâles et femelles du plan d'eau de Noyen-sur-Seine et de Villiers-l'Écluse

« 3 et 4 », correspondant au maximum de réceptivité des fleurs femelles, au cours des différents relevés. S'il y a de bonnes synchronisations mâles/femelles cela représente les bonnes conditions pour avoir des graines (VILLAR, communication personnelle). La durée de réceptivité pollinique s'étale du 27/03/08 au 22/04/08 soit une durée de 27 jours tandis que l'émission s'étale du 27/03/08 au 18/04/08 soit 23 jours. Ainsi, la synchronisation est bonne entre l'ensemble des peupliers mâles et femelles avec un brassage génétique *optimum* entre le 27/03/04 et le 04/04/08, correspondant aux pics de réceptivité femelles et aux pics d'émission mâles. Ces résultats sont aussi à majorer. La figure 14 représente ces possibilités de pollinisations croisées.

En comparaison, une étude menée en 2004 à la réserve naturelle de Saint-Mesmin sur 57 individus (32 individus femelles et 25 individus mâles) a montré une durée de réceptivité de 35 jours et une émission de pollen de 28 jours avec un bon brassage génétique sur une période de 16 jours (VILLAR, communication personnelle).

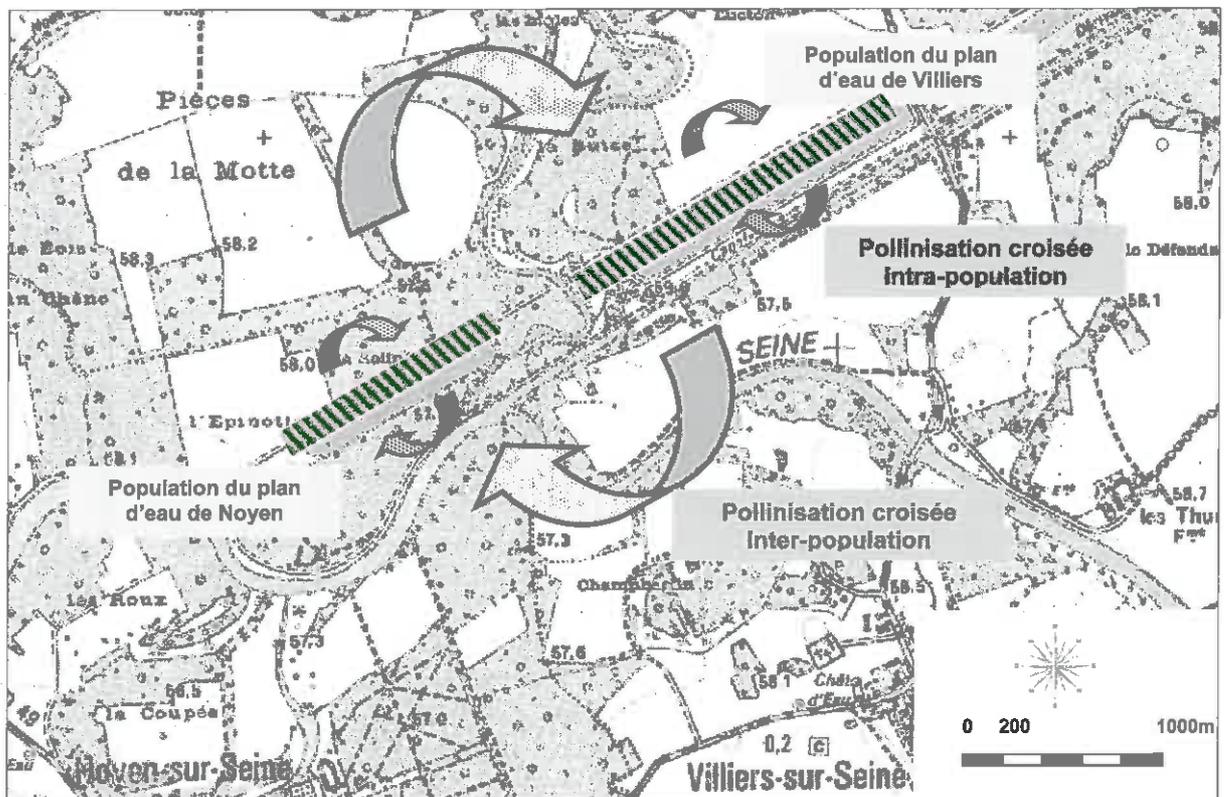


Figure 13 : pollinisation croisée intra et inter-populations des plans d'eau de Noyen-sur-Seine et de Villiers-l'écluse

3.5 Interactions entre la populiculture et les boisements naturels à peupliers noirs autour de Noyen-sur-Seine

La figure 15 représente les populations de peupliers noirs florifères du secteur de Noyen-sur-Seine aux cotés des peupleraies cultivées. Le risque de fécondation croisée entre ces deux entités existe car de faibles distances les séparent. Certaines peupleraies sont cultivées à proximité immédiate des boisements naturels à *Populus nigra*. D'autres sont situées à 200 ou 300 m ce qui constitue une distance de parcours réalisable par les grains de pollen.

La présente étude n'a pas mesuré la concordance des floraisons entre les peupliers des deux compartiments. Pour évaluer avec précisions les risques d'interaction et de pollinisation de l'un vers l'autre, une étude de phénologie florale (cf. 3.4) permettrait de mesurer cette concordance entre les peupliers hybrides « euraméricains » et les peupliers noirs.

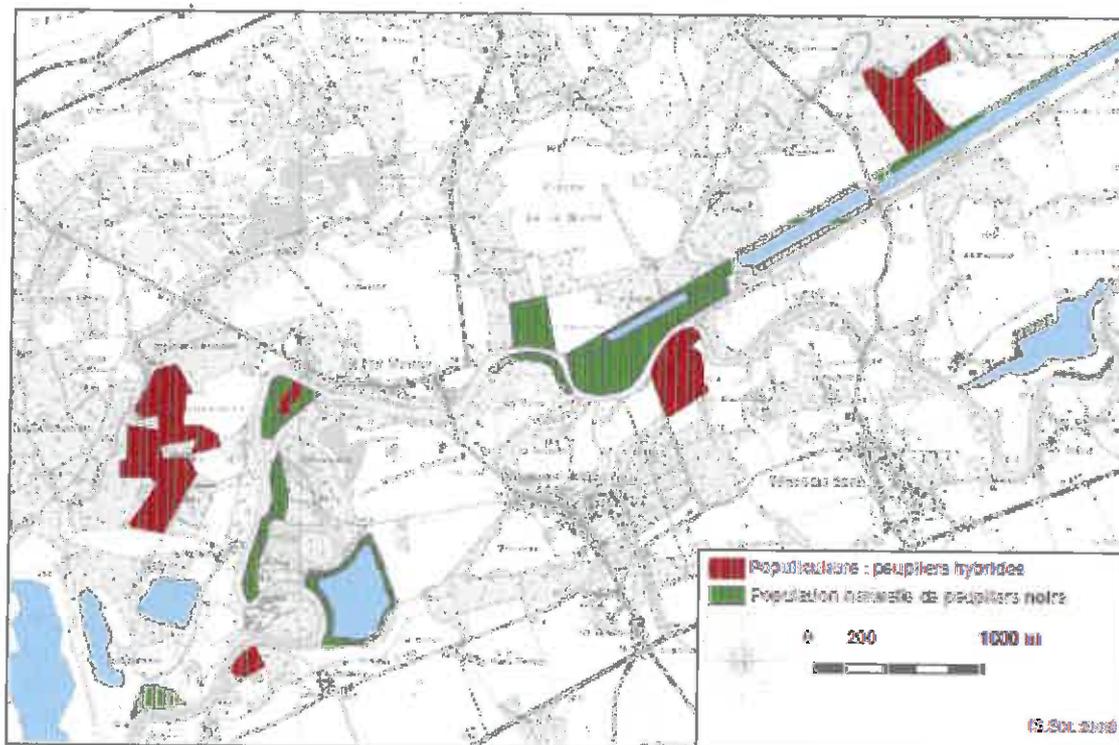


Figure 14 : Localisation des peupleraies cultivées autour des populations naturelles de peupliers noirs. Secteur de Noyen-sur-Seine.

3.6 Evaluation des connexions écologiques

Pour un brassage génétique optimal entre les mâles et les femelles adultes des différentes populations du secteur d'étude, ces dernières doivent être interconnectées. Le manque de données sur les distances parcourues par le pollen des peupliers rend difficile l'estimation d'une distance maximale entre deux populations pouvant permettre ce brassage. Selon POSPIŠKOVÁ M., SÁLKOVÁ I., (2006), la distance parcourue par le pollen des peupliers varie de 10 à 230 m et de 163 à 370 m pour les graines. Mais peut-être est-il probable que ce pollen puisse parcourir plusieurs kilomètres, lorsque les vents sont forts par exemple. Il n'est donc pas possible de conclure de manière certaine, d'autant plus que toute la Bassée n'a pas été prospectée. Les populations de peupliers noirs ne sont pas encore toutes recensées et localisées.

Dans la zone comprise entre Marolles-sur-Seine et Bray-sur-Seine, la sous-prospection ne permet pas de conclure sur la présence d'un *continuum* mais quelques stations sont reliées : deux stations au nord de Balloy sont distantes de 1 km et deux stations au nord de La Tombe également.

Dans la zone comprise entre Bray-sur-Seine et Nogent-sur-Seine de nombreuses populations sont interconnectées. Néanmoins, une discontinuité est présente le long de la Seine entre Grisy-sur-Seine et Bray-sur-Seine.

Enfin, les populations adultes capables de produire des graines doivent être localisées à proximité de zones favorables à leur germination. Ces dernières n'existant plus dans le lit mineur, les seules surfaces adéquates se situent dans les carrières en cours d'exploitation où des zones de substrat alluvionnaire dénudé permettent le développement des graines. Quand la Seine est en connexion avec une carrière en cours d'exploitation, comme celle des *Thurets* au nord de Villiers-sur-Seine, elle contribue à propager par voie d'eau les graines venues de l'aval flottant à la surface.

o o o

La Seine entre Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne est un fleuve fortement anthropisé qui ne possède plus d'espace de divagation. L'état de l'hydrosystème s'oppose donc à la création de zones favorables à la colonisation de nouveaux espaces par les graines de peupliers noirs produites chaque année par les adultes florifères du secteur d'étude. Le peuplier noir fonctionnant en métapopulation, il y a donc un risque d'extinction de l'espèce dans le secteur si de nouvelles zones ne peuvent être colonisées.

Les adultes sont souvent localisés le long de plans d'eau d'anciennes carrières d'extraction de granulats, très nombreuses dans la Bassée. Sur les rives de ces plans d'eau, ils se développent dans des ripisylves constituées en majorité de bois tendres. D'autre part, dans les carrières en cours d'activité, où des surfaces alluvionnaires sans végétation sont présentes, des fourrés de peupliers et de saules confirment que la régénération s'y effectue. Ces éléments suggèrent que si des activités humaines, telle que la canalisation de la Seine, s'opposent au renouvellement des générations du peuplier noir d'autres, comme l'activité de granulats, le favorisent. Ce phénomène peut être comparé à certains secteurs Rhénan où des peupleraies noires ont fort probablement été favorisées par les grands travaux du Rhin, notamment dans les zones décapées (CONSERVATOIRE DES SITES ALSACIENS & OFFICE NATIONAL DES FORETS, 2004). Par conséquent, dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie de conservation, les secteurs de carrières doivent être pris en compte sérieusement, notamment dans le cadre de leur réaménagement.

D'autres populations, plus matures sont localisées dans des boisements alluviaux de la Seine et le long des noues. Ces boisements sont mixtes à bois tendres et à bois durs. Pour préserver les peupliers noirs qui y sont présents des mesures de gestions *in-situ* devront être prises et être incluses dans la stratégie de conservation.

Les connexions écologiques entre toutes ces populations sont encore à étudier car ces dernières ne sont pas encore toutes connues. Néanmoins, une discontinuité existe entre Grisy-sur-Seine et Bray-sur-Seine où l'espèce est absente. Ce secteur mérite donc une attention particulière pour assurer un *continuum*.

Enfin, l'étude de phénologie florale a révélé une diversité génétique au sein des populations étudiées. Cette étude a permis de différencier des individus qui vont pouvoir entrer dans la collection nationale de conservation génétique de l'INRA après bouturage. De plus, la concordance des floraisons montre que les conditions pour la création de graines sont bonnes.

4 Proposition d'une stratégie de conservation de *Populus nigra* L. dans la Bassée

Deux principes de conservation sont à distinguer. La conservation dynamique *in-situ* vise à préserver des populations capables de se maintenir et de se multiplier par la reproduction sexuée et la régénération naturelle. En opposition, la conservation *ex-situ* permet de conserver par bouturage des individus du milieu naturel à des fins de recherche génétique et sylvicole. Cette dernière peut également servir de ressource et de banque de plants pour le renforcement des populations ou la réintroduction du peuplier noir dans les secteurs où celui-ci ne se régénère plus.

4.1 La conservation *in-situ* des stations existantes

- **Principes de la conservation *in-situ***

Dans une perspective évolutionniste, la conservation dynamique des ressources consiste à favoriser la recombinaison génétique par la reproduction sexuée et à laisser la sélection naturelle s'exercer sous la pression du milieu. Ainsi, le but est de favoriser l'apparition de nouvelles combinaisons de gènes pour produire une variance adaptative élevée. Il convient de protéger des populations d'arbres riches et diverses, mais aussi de veiller à ce que le renouvellement des générations d'arbres s'effectue au mieux : floraison et fructification aussi généralisées que possible pour un brassage génétique optimal (VILLAR *et al.*, 2006). L'objectif est de protéger et/ou créer des unités de conservation pouvant combiner une diversité génétique et une mosaïque de milieux reflétant les différentes étapes du cycle pionnier : peuplements adultes florifères, jeunes semis et zones en cours d'ouverture pour de futures colonisations. Si les conditions optimales peuvent être réunies dans les fleuves ou la dynamique naturelle s'exerce dans le cas de la Bassée les interventions humaines sont nécessaires au maintien du peuplier noir.

- **Propositions de gestion**

- **La renaturation de la Seine : une opération impossible ?**

La protection du milieu forestier alluvial doit avant tout reposer sur le maintien de la nappe, des inondations, des mécanismes de régénération et des connexions écologiques (MICHELOT, 1995 ; PIEGAY *et al.*, 2003). Les enjeux de la navigation sont tels qu'entre Montereau-Fault-Yonne et Nogent-sur-Seine cette opération paraît difficilement réalisable et ne constitue probablement pas un objectif pour Voies Navigables de France (VNF). Néanmoins, la nouvelle loi cadre sur l'eau met l'accent sur la prise en compte du milieu biologique c'est pourquoi le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) doit intégrer cette nécessité de rendre à la Seine un fonctionnement plus naturel. Ce type de projet existe sur des fleuves navigables très canalisés comme le Rhin. Cette problématique soulève la question du bien fondé écologique du transport par voie d'eau. Si ce dernier s'avère moins consommateur d'énergie, les aménagements nécessaires à la navigation ont en opposition un impact important sur les milieux riverains des grands fleuves.

- **L'acquisition de parcelles**

La protection de milieux naturels par l'acquisition est une alternative à la mise en place d'une protection réglementaire. Certaines stations situées sur des zones d'emprises de barrettes de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) font l'objet d'une proposition d'achat de la part de cet organisme. L'objectif de ces forêts de protection est de préserver la ressource en eau potable. Cette acquisition permettrait de soustraire les parcelles de l'exploitation, d'avoir une gestion écologique du boisement pour préserver, entre autres, les peupliers noirs florifères. Une station concernée par cette mesure est le *Bois au chêne*, à l'ouest du lieu dit *L'Épinotte* au nord de Noyen-sur-Seine.

- La gestion des boisements existants

La gestion d'un boisement alluvial s'apparente souvent à une non intervention afin de conserver la naturalité existante quand l'habitat possède un bon état de conservation. Si ce mode de gestion est sans doute possible sur des parcelles où l'intérêt économique ne prédomine pas, il en est autrement sur les parcelles qui font l'objet d'une exploitation sylvicole. Afin de maintenir des peupliers noirs adultes intéressants pour leur potentiel florifère, il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des contractualisations avec les propriétaires forestiers. Un certain nombre de stations à peupliers noirs ont été localisées sur des Zones spéciales de conservation (ZSC) au titre de Natura 2000 et peuvent probablement faire l'objet de mesures sylvo-environnementales. Celles-ci permettent d'inciter les exploitants à respecter un cahier des charges contraignant en finançant le manque à gagner de pratiques sylvicoles à logique écologique et non économique. Néanmoins, il est indispensable de définir au préalable l'état de conservation de ces boisements et des habitats avant de définir les mesures de gestion permettant de conserver ou de restaurer le milieu. Deux stations sont concernées par ce type de mesure : le *Bois au chêne* cité précédemment à l'ouest du lieu dit *L'Epinotte*, au nord de Noyen-sur-Seine, ainsi que le bois situé à l'est de ce même lieu dit. Il serait intéressant que ces boisements soient intégrés dans un DOCOB, notamment celui de la Réserve naturelle nationale de la Bassée.

- La plantation de boisements riverains

Le manque de surfaces nécessaires à la régénération soulève la question du renforcement des populations de peupliers noirs le long de la Seine. Tout effort de reboisement doit prendre en compte la disparité existante en absence/présence en *Populus nigra* le long de la vallée. La partie située entre Grisy-sur-Seine et Bray-sur-Seine étant dépourvue de population doit constituer une priorité pour ce type d'opération. La réintroduction peut se faire sur les rives de la Seine en partenariat avec VNF ou dans la carrière qui sera ouverte prochainement dans ce secteur par l'exploitant A2C. Néanmoins, le plan de remise en état de ce site ne préconise pas de zone de boisements (WEINBRECK, communication personnelle) c'est pourquoi la mise en place de plants ne pourra se faire qu'après la visite de recollement¹.

La réintroduction sur les rives de l'hydrosystème doit s'effectuer avec du matériel d'origine locale, soit des clones ou des jeunes plants de deux ans. Une stratégie est de planter une rangée de 30 à 50 mâles et 30 à 50 femelles issus d'une banque de gènes, préalablement constituée localement, et de laisser la nature faire son travail (LEFEVRE *et al.*, 1998). Un arbre femelle se croise préférentiellement avec un nombre restreint de mâles dû à la distance et à la phénologie. Un nombre supplémentaire de mâles est par conséquent nécessaire pour la reconstitution de peuplements (LEFEVRE *et al.* 2001).

Les gestionnaires s'intéressant à la réintroduction et à la reconstitution de ripisylves doivent donc mettre en œuvre des opérations de sélection d'individus locaux à reproduire en pépinière. Une demande de plants existe déjà pour la restauration des ripisylves, des paysages dégradés ou encore pour la protection des zones de captages et la phytoremédiation. Hélas, le peuplier noir ne fait pas partie des espèces reproduites en pépinière et commercialisables où l'on ne propose que des variétés hybrides. A présent, les gestionnaires constituent eux-mêmes leurs collections de clones de souches locales en partenariat avec l'INRA d'Orléans et doivent par conséquent trouver des sites et des partenaires pour constituer une pépinière. Un conservatoire *ex-situ* de la ressource locale en *Populus nigra* (cf. 5.3) permettra de fournir le matériel végétal pour la multiplication de plants de peupliers noirs mâles et femelles pour les éventuelles réintroductions dans le milieu évoquées précédemment.

A titre d'exemple, dans la Meuse, le manque d'individus ne permet pas de fournir une source de graines susceptibles d'assurer la recolonisation, c'est pourquoi des efforts de reforestation sont envisagés, accompagnés d'une restauration de la dynamique de la rivière et des habitats de la plaine

¹ Etat des lieux effectué par les inspecteurs de la DRIRE pour vérifier que le réaménagement de la carrière est conforme au plan de réaménagement validé lors de la demande d'autorisation d'exploitation.

d'inondation (VANDEN BROECK, 2003a). Quatre cent plants âgés de 2 ans provenant de 20 génotypes indigènes furent plantés sur les rives sur 45 km, en 2002. Cent cinquante génotypes nouveaux provenant de population naturelle du Rhin, localisée autour de 200 km de la restauration, ont été multipliés en pépinière. Les plants furent plantés en hiver 2004 sur différentes zones pour former des métapopulations qui joueront le rôle de source de graines pour la colonisation naturelle des rives.

- La gestion et la protection des semis et des fourrés de salicacées

Le manque de sites favorables à la régénération du peuplier noir pourrait inciter des gestionnaires à favoriser l'installation de jeunes semis par des décapages de sol au mois de mai/ juin au moment de la dispersion des graines (LEFEVRE *et al.*, 1998 ; VILLAR *et al.*, 2006). A titre d'exemple, sur la rivière Eder en Allemagne, pour assister la régénération naturelle, des sols nus ont été créés artificiellement et trois terrains furent clôturés et protégés du pâturage et des rongeurs. Pour aider la régénération plusieurs emplacements dispersés sont probablement plus efficaces pour l'installation des semis qu'un seul grand espace (LEFEVRE *et al.*, 2001).

Dans la Bassée, la gestion et la protection des fourrés dans les zones d'extraction de granulats (cf. figure 16) doit constituer un objectif principal pour répondre à la problématique de conservation de *Populus nigra*. Cette opération sera traitée dans la partie suivante (cf. 4.2).



Figure 15 : Fourrés de *Salix alba* et *Populus nigra* en bord de plan d'eau d'une ancienne carrière. Site de PRO NATURA IDF du Bois Brioux. Neuvry-sur-Seine (Sébastien SOL, avril 2008).

4.2 La conservation *in-situ* dans le cadre de réaménagements écologiques de carrières

- **L'extraction de granulats : la création de nouveaux plans d'eau et de zones humides favorables au peuplier noir**

La Bassée est un paysage en constante évolution. Chaque année de nouveaux plans d'eau apparaissent et succèdent aux parcelles agricoles après l'extraction des granulats. La réglementation impose et garantit une remise en état des sites. Dans la Bassée, et plus particulièrement en amont de Bray-sur-Seine, les objectifs de réaménagement définis par le Schéma Directeur des Carrières de Seine-et-Marne, préconise une vocation écologique.

Ces nouveaux espaces constituent une bonne opportunité pour l'installation d'espèces pionnières et mésohygrophiles tel que *Populus nigra* et ce pour différentes raisons. Tout d'abord, les carrières sont localisées dans le lit moyen et majeur de la Seine où existent des populations de peupliers noirs pouvant servir de portes graines. De plus, l'extraction est créatrice de zones dénudées sur du substrat alluvionnaire grossier en bords de plans d'eau où la nappe phréatique est peu profonde.

- **Les stratégies du réaménagement écologique : atouts et contraintes pour la reconstitution de boisements alluviaux à peupliers noirs dans les carrières**

Il existe plusieurs stratégies dans le domaine du réaménagement écologique des espaces perturbés. Celles-ci se distinguent selon le degré d'interventionnisme humain : le terrassement raisonné en vue d'une recolonisation floristique et faunistique naturelle mais dirigée, le terrassement avec semis et/ou avec plantations de végétaux.

- Préparer une zone et assister la régénération naturelle

La mise en oeuvre de cette technique suppose que l'on détermine des objectifs précis en terme de milieux à reconstituer et que l'on établisse un plan de remise en état. Elle s'appuie sur une connaissance des potentialités du site en fonction de son environnement (milieux périphériques, espèces présentes...). Cette technique se traduit par la création de berges en pente douce, l'aménagement d'îlots et de hauts fonds. Malgré ses nombreux avantages (coût limité, recolonisation naturelle...), cette technique présente des limites. Les principales sont la lenteur parfois constatée de la colonisation naturelle par la végétation et la colonisation par des formations végétales non souhaitées (DRIRE, 2000).

Pour la réimplantation d'un boisement à peuplier noir le risque est multiple. Il faudrait tout d'abord que l'espèce se régénère dans la zone spécifiée par le plan de remise en état du site tout en arrivant à se maintenir malgré la compétition interspécifique et les conditions du milieu. La deuxième condition de réussite serait que l'exploitation dure assez de temps pour que les fourrés de peupliers noirs arrivent jusqu'au stade arbustif pour être considéré comme un boisement lors de la visite de recollement effectuée par la DRIRE.

S'il n'existe pas de population d'adultes florifères à proximité capable de produire des graines, il est envisageable d'expérimenter le semis à partir de graines prélevées dans le milieu naturel. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer différents passages dans les stations à peupliers noirs de la Bassée pour récolter des grappes commençant à disperser leurs graines. Une fois récoltées, ces grappes doivent passer quelques jours à 25°C pour continuer de s'ouvrir et laisser échapper les graines enrobées de coton (cf. figure 17). Ensuite, les graines et le coton sont ramassés. Pour le semis, il est essentiel que le sol soit constitué d'un substrat d'alluvions sans régalage¹ de terre végétale. Des semis sont en cours d'expérimentation pour d'autres espèces d'arbres sur des exploitations de l'entreprise GSM (FREBOURG, communication personnelle).



Figure 16 : Grappe de peuplier noir libérant ses graines. (Villard)

¹ Aplanissement d'un terrain de façon à lui donner une surface régulière. Dans les travaux de réaménagement des carrières cette opération consiste le plus souvent à remettre sur le substrat la terre végétale qui avait été enlevée et stockée en marge de l'exploitation.

Un solide argumentaire scientifique est nécessaire pour justifier auprès de la DRIRE le choix de reconstitution d'un boisement par la voie de la dynamique naturelle. Selon la DIREN d'Ile-de-France, il n'y a pas d'inconvénients à ce que des boisements spontanés de peupliers noirs soient considérés comme des boisements tels qu'ils sont exigés par un arrêté préfectoral dans le volet relatif à la remise en état de carrières, et constatés comme tels lors du recollement. Dans la pratique, compte tenu des phasages, la régénération naturelle n'a pas le temps de se faire partout au moment de la fin des travaux. Donc pour constater la conformité de la remise en état avec ce qui était prévue par l'arrêté, il faut souvent que cela s'accompagne de plantations.

Les préconisations de réaménagement écologique des carrières dans la Bassée s'orientent vers la reconstitution de milieux ouverts tel que les prairies humides. Ce type de milieux constitue un état de référence car en Bassée les prairies humides étaient autrefois fortement présentes dans le paysage et leur régression est très importante depuis les années 50. L'idée de restaurer ou de créer un écosystème renvoie inéluctablement au choix d'un modèle de référence à copier. L'approche européenne cherche plutôt à établir des milieux d'avant l'intensification agricole, donc un état de référence de 50 à 100 ans (CNRS *et al.*, 2002). Les bureaux d'études ne devraient-ils pas inclure dans les réaménagements de carrières des reconstitutions de boisements alluviaux ? Si les surfaces de bois d'aspects naturels ont légèrement augmenté depuis les années 50 dans la Bassée (BENDJOUDI, 2000), la question de l'évolution des surfaces de boisements pionniers dans le paysage est à éclaircir. Les boisements pionniers rivulaires ne seraient-ils pas eux aussi en régression suite aux travaux d'aménagement de la Seine ? Ces milieux ne pourraient-ils pas aussi être considérés comme un état de référence pour le réaménagement écologique de carrières ?

- Préparer une zone et effectuer des plantations

Cette technique est proche de la précédente mais s'accompagne d'une mise en place artificielle de la végétation. L'intérêt est de pouvoir contrôler le résultat. Au niveau, économique il s'agit du scénario le plus onéreux qui nécessite un approvisionnement en végétaux de souche locale, des opérations de plantations et un entretien.

D'un point de vu réglementaire, cette opération est très satisfaisante. Les plantations de végétaux constituent un critère d'appréciation très positif pour la DRIRE en terme de réaménagement. Parfois, cette opération est même mieux acceptée que la régénération naturelle ce qui peut être en contradiction avec une certaine éthique de la gestion des milieux naturels.

Le peuplier noir n'étant pas une espèce protégée, il est possible d'en prélever des échantillons dans le milieu naturel afin de le multiplier en pépinière. Il est également possible de transplanter des sujets d'un endroit à un autre. Hélas certains verrous juridiques persistent concernant sa commercialisation. La réglementation sur la commercialisation des « *Matériels Forestiers de Reproduction* » (décret n°2003-971 paru dans le n°237 du Journal Officiel) est bien adaptée aux besoins des populteurs producteurs de bois mais ne convient pas aux besoins écologiques et paysagers émergents. La réglementation impose l'utilisation des seuls clones de peupliers noirs admis dans les registres nationaux des pays de l'Union européenne, et ces clones sont à la fois très peu nombreux (un seul dans le registre français, le peuplier d'Italie) et destinés initialement à un usage ornemental. Ils représentent donc une source d'appauvrissement génétique et leur plantation dans les ripisylves doit être vigoureusement déconseillée. Il y a par conséquent nécessité de faire évoluer cette législation (VILLAR *et al.*, 2005).

Des demandes d'autorisation de commercialisation de « *variétés multi-clonales* » de peupliers noirs sont actuellement en cours pour satisfaire la demande en plants dans différentes plaines. Une « *variété multi-clonales* » est composée d'un bouquet de 25 individus mâles et femelles représentant la diversité génétique d'une plaine alluviale. Les demandes d'autorisation évoquées concernent le Rhin, la Loire et la Garonne. Cette disponibilité dans les pépinières faciliterait l'emploi d'espèces autochtones pour la réhabilitation de ripisylves ou de carrières. Une demande d'autorisation de cultiver et de commercialiser une variété *plaine de Seine* pourrait s'effectuer s'il s'avère que cette dernière est

totallement différente de celle de la Loire. La Seine et la Loire n'étant pas loin géographiquement, il est possible que les génomes des deux populations soit proches.

4.3 La conservation *ex-situ* en *populetum*

- **Rappel des objectifs : l'exemple du *populetum* de l'INRA**

La conservation *ex-situ* se fait sous la forme d'une collection de clones en parcs à pieds mères et en *populetum* d'arbres adultes. Cette stratégie de conservation permet de garder des individus au patrimoine génétique particulier en dehors du compartiment naturel, en l'occurrence hors de la ripisylve pour le peuplier noir. Cet outil s'apparente à un instrument d'étude et de conservation de la ressource génétique.

La collection française nationale, progressivement constituée par l'INRA, est actuellement gérée par la pépinière expérimentale forestière du ministère de l'agriculture située à Guémené-Penfao (Loire atlantique). Depuis 1971, les chercheurs de l'INRA ont établi une collection de 350 peupliers noirs représentatifs de la diversité française. L'objectif est de rassembler 500 clones d'individus représentant l'ensemble des origines géographiques françaises. Chaque site naturel prospecté est représenté dans la collection par 1 à 5 génotypes (récoltés sous forme de boutures) selon le nombre d'arbres florifères présents sur le site.

Pour sélectionner les individus du milieu naturel qui sont étudiés puis conservés dans le *populetum*, Marc VILLAR a mis au point une méthode basée sur l'étude de la phénologie florale *in-situ* (cf. partie 3.4). Des boutures sont effectuées en hiver. Ensuite, on conserve 3 copies par génotype en parc à pieds mères et 3 arbres adultes par clone en *populetum*. Il faut prévoir le renouvellement du parc à pieds mères tous les 7 ans.

- **Atouts et contraintes pour la création d'un *populetum* dans la Bassée**

La première contrainte réside dans la sélection des peupliers noirs mâles et femelles qui feront partie de la collection. Pour cela il est primordial d'estimer la diversité génétique au sein des populations présentes dans la Bassée. Le protocole d'évaluation *in-situ* de la variété génétique par des variations de phénotypes, telles que l'évolution du bourgeon floral, est la méthode la plus simple à mettre en œuvre pour effectuer ce type d'étude. De plus, lors de l'exportation de matériel végétal, il est primordial d'en contrôler le taux d'hybridation par des tests enzymatiques et d'ADN (BENSETTITI *et al.*, 2001). Un clonage d'individus pollués génétiquement n'aurait pas de sens.

Ensuite, il est indispensable de rechercher un site suffisamment grand pour accueillir la future collection de clones. La surface va être déterminée par la quantité de stations présentes dans la Bassée où le protocole de sélection est possible, c'est-à-dire où il y a suffisamment d'individus adultes florifères. En outre, cette surface doit anticiper l'arrivée progressive de nouveaux individus chaque année en fonction d'un calendrier pluriannuel d'études de diversité génétique, de bouturages et de plantations. Il est préférable que chaque individu soit cloné deux fois sur le *populetum* pour optimiser les chances de conservation. Ainsi, si l'on souhaite conserver une quarantaine d'individus il faudra disposer d'une surface pouvant accueillir 80 peupliers noirs. La recherche de partenaires pour une convention de gestion doit permettre de réaliser ce *populetum* si la voie de l'acquisition d'un terrain n'est pas possible.

Un *populetum* s'apparentant à une plantation mono-spécifique risque d'avoir peu de valeur écologique si l'on ne prend pas garde à réfléchir à une structure de peuplement adéquate. Effectivement, les boisements en traitement régulier constitués d'une seule espèce favorisent peu la diversité biologique. En opposition, un peuplement irrégulier avec plusieurs strates favorise l'avifaune. La question d'un peuplement avec de peupliers noirs d'âges différents, et complété par d'autres espèces arborées ou arbustives, se pose. Ce *populetum* pourrait prendre la forme d'un *arboretum*

(PARISOT, communication personnelle) où les espèces d'arbres de la Bassée (orme lisse, frêne oxyphylle...) viendraient compléter la collection. En outre, la localisation dans le lit moyen de la Seine dans une zone où l'espèce est absente, permettrait en plus de maintenir une connexion écologique le long du cours d'eau entre différentes populations.

La plantation de plants âgés de deux ans est préconisée pour optimiser les chances de survie des individus (LEFEVRE *et al.* 1998, VANDEN BROECK 2003a, CNRS *et al.* 2002). La réalisation du *populetum* nécessite par conséquent une culture des boutures en pépinière pendant deux années pour que celles-ci se développent suffisamment avant leur plantation. Le peuplier noir ne pose pas de problème particulier pour ce genre d'opération car c'est une espèce qui se bouture facilement (RAMEAU *et al.* 1989). Néanmoins, un partenariat sera à mener entre l'A.N.V.L et une autre structure pour réaliser cet élevage en pépinière.

- **Proposition de création et de gestion du populetum**

- **Détermination de la surface nécessaire au site de conservation**

Suite à la prospection de terrain effectuée de mars à juillet 2008, différentes populations constituées de nombreux individus florifères ont été localisées entre Montereau-Fault-Yonne et Nogent-sur-Seine. Le nombre de stations où une étude phénologique est possible va permettre de déterminer la surface du site de conservation *ex-situ*. Ces stations sont aux nombres de cinq :

Ripsisylves du plan d'eau *des Loges*
 Ripsisylves et boisements du secteur de La Tombe
 Ripsisylves du plan d'eau au nord du lieu dit *Ouinotte* au sud de Port-Montain
 Forêts alluviales au nord de Noyen-sur-Seine à l'ouest et au sud du lieu dit *L'Epinotte*
 Ripsisylves des casiers SEDA

Cette dernière station a fait l'objet d'une étude de diversité de phénotype sur une centaine d'individus en 2008 (*cf.* 3.4 *Evaluation in-situ de la diversité génétique*) ayant permis de différencier 7 groupes d'individus mâles et 8 groupes d'individus femelles.

Si l'on admet qu'une vingtaine d'individus puissent être choisis de la même manière dans les années à venir sur les quatre autres stations, la collection comportera un effectif d'une centaine de phénotypes différents, 50 mâles et 50 femelles. Si l'on conserve deux clones de chaque génotype, le site devra pouvoir accueillir un effectif de 200 arbres. Il faudra bien entendu rajouter quelques individus d'espèces d'arbres représentatives de la vallée pour donner un caractère plurispécifique à la plantation. En admettant que chaque individu soit espacé de 6 m, la surface du site devra être de 0,72ha. En majorant, nous pouvons dire que la surface à préconiser pour le *populetum* est de 1 ha.

- **Localisation du site**

Il serait judicieux que le site de conservation *ex-situ* soit localisé dans la vallée de la Seine et plus particulièrement dans un des secteurs où le peuplier noir est absent. L'étude de localisation des populations montre une absence de l'espèce entre Grisy-sur-Seine et Bray-sur-Seine. Cette portion de la vallée de la Seine est actuellement exploitée par l'entreprise d'extraction de granulats A2c au nord et à l'est de Neuvry. Une nouvelle carrière va également s'ouvrir au lieu dit *Les Gravières*. Les plans de réaménagement du site, préconisent la création et le maintien de milieux ouverts de type prairie humide sur le pourtour des futurs plans d'eau. Cette particularité ne permet pas d'envisager une plantation de peupliers noirs, du moins pas avant la visite de recollement.

- **Le clonage et la reproduction des individus**

Pour constituer la collection, les individus de peupliers noirs doivent être prélevés dans le milieu naturel. Plusieurs boutures de chaque sujet permettront d'optimiser les chances de réussite d'enracinement et de développement des jeunes plants.

Cette opération nécessite un partenariat entre l'A.N.V.L et une structure compétente en matière de multiplication et de culture de végétaux. En effet, un développement des boutures durant deux ans est nécessaire avant la plantation. Cette particularité induit la mise en place d'un entretien et d'un suivi des jeunes plants par du personnel formé aux travaux de pépinière.

Différents partenariats sont envisagés. Tout d'abord, la présente étude, effectuée en partenariat avec l'INRA d'Orléans, doit permettre dès l'hiver et le printemps prochain de bouturer, de multiplier et d'étudier une quinzaine d'individus des stations des plans d'eau de Noyen-sur-Seine et Villiers-l'Écluse. Une partie des clones de ces plants permettront de compléter le conservatoire national de Guéméné-Penfao. Suite aux travaux de l'INRA, une autre partie des clones pourra être transportée dans la Bassée pour y être plantée. Ainsi, dès le printemps 2011, plusieurs dizaines de plants de *Populus nigra* de souche locale et de génotypes différents seront disponibles. Le JARDIN BOTANIQUE DE MARNAY SUR SEINE souhaite également s'investir dans ce projet. Il est envisageable d'y cultiver des boutures dans les années à venir afin de compléter la collection. Enfin, les locaux de l'A.N.V.L sont situés à la STATION DE BIOLOGIE VEGETALE DE L'UNIVERSITE PARIS VII de Fontainebleau avec qui un partenariat de longue date est en cours. Ce site pourrait servir également à élever des boutures avec l'aide des techniciens travaillant sur place.

o o o

La conservation *in-situ* du peuplier noir vise à maintenir des populations à des stades différents de la succession végétale des boisements riverains. Pour cela, il est nécessaire de conserver des populations d'adultes florifères connectées entre elles et des surfaces favorables à la régénération des graines. La figure 18 synthétise les principes de la stratégie de conservation élaborée.

Dans la Bassée, la régénération du peuplier noir s'effectue le long des plans d'eau des carrières d'extraction de granulats, dans le lit moyen de la Seine. Hélas, les contraintes réglementaires en matière de réaménagement de carrières complexifient les possibilités de préserver ces boisements spontanés. Pour que ces boisements pionniers puissent se maintenir dans les zones où ils se développent, il est nécessaire que le plan de réaménagement de la carrière soit en accord avec ce type de milieu. Or aujourd'hui, la plupart des formations végétales préconisées pour le réaménagement sont des milieux ouverts de types prairies humides qui constituent un état de référence pour le réaménagement écologique des carrières. S'il est vrai que les surfaces en prairie sont en recul, les boisements pionniers à peupliers noirs méritent également une attention particulière. Ces derniers ne sont-ils pas également en régression suite aux travaux hydrauliques de la Seine ?

La conservation *ex-situ* du peuplier noir dans un *populetum* représentant une part de la variété génétique de la Bassée va permettre de mettre en place la collection qui servira à cette éventuelle réintroduction ou renforcement de populations dans le lit moyen de la Seine. Ce projet demandant peu de surface est réalisable grâce à l'appui de différents partenaires locaux.

Enfin, concernant la conservation des boisements adultes identifiés, la voie de l'acquisition par l'Agence de l'eau semble être une bonne opportunité pour certaines parcelles. La contractualisation avec les propriétaires des boisements situés en ZSC, dont les DOCOB n'ont toujours pas été élaborés, est également une solution pour préserver des peupliers noirs adultes florifères. Néanmoins, pour réaliser une gestion conservatoire cohérente des habitats, il est nécessaire d'évaluer leur état de conservation ce qui nécessite des études complémentaires.

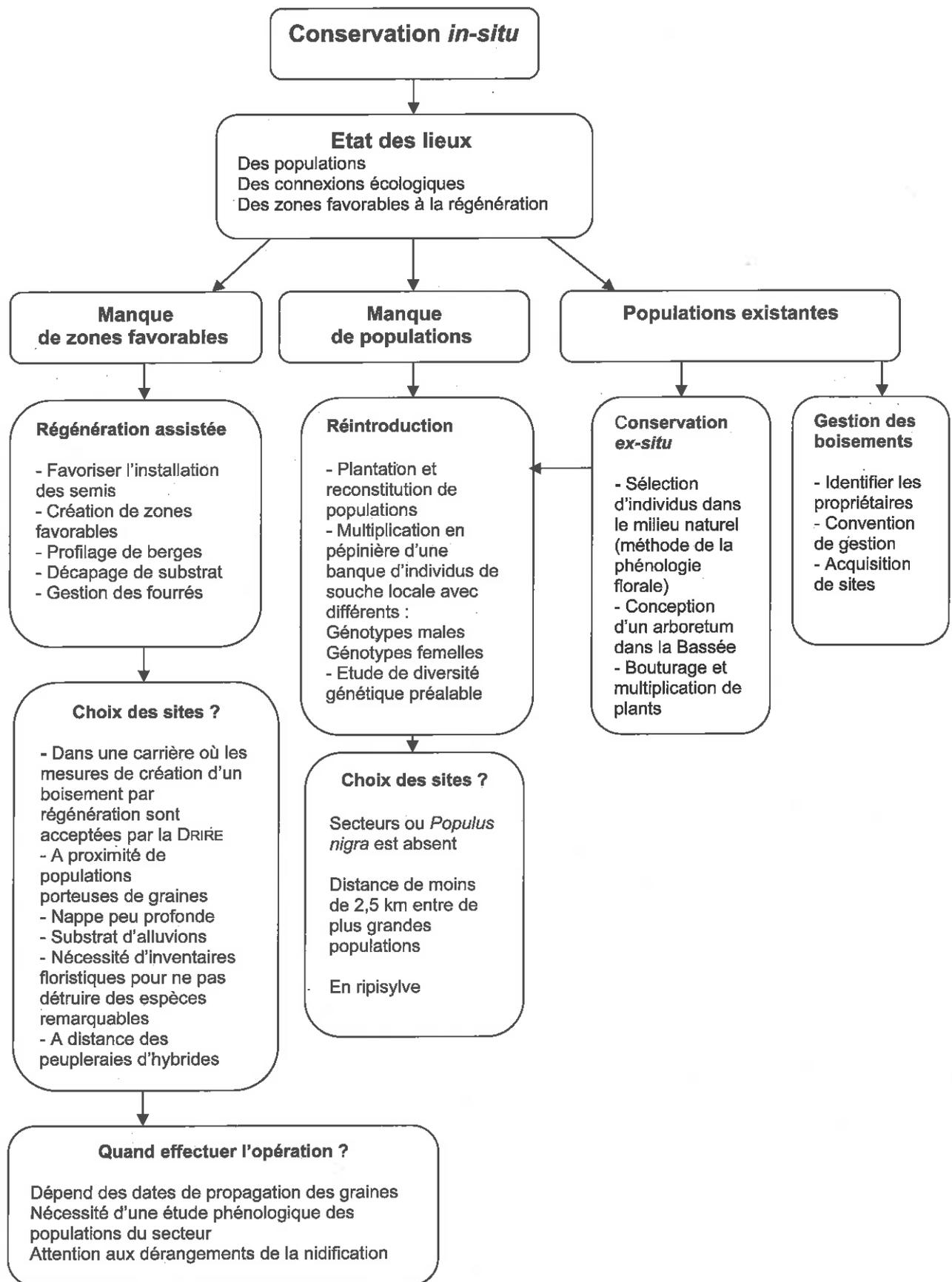


Figure 17 : synthèse de la stratégie de conservation du peuplier noir.
(Sébastien SOL, 2008)

Conclusion générale

Le maintien des populations de peupliers noirs dans la Bassée seine-et-marnaise nécessite une intervention humaine forte dans un environnement assez anthropisé.

Sur cette portion de la vallée de la Seine, les enjeux de la navigation relatifs au transport des céréales et des matériaux ont transformé le cours d'eau dont l'espace de divagation est quasi-inexistant. Par conséquent, malgré l'existence de plusieurs populations florifères adultes, l'espèce ne peut plus se régénérer sur les bancs de sables et de graviers qui font défaut.

En revanche, la présente étude révèle que la régénération de *Populus nigra* L est fonctionnelle dans les zones mises à nu par l'extraction de granulats le long des plans d'eau de carrière. L'hypothèse est que le peuplier noir se maintient dans la Bassée grâce à l'activité du granulat.

Au regard de ces éléments, la stratégie de la conservation du peuplier noir consiste tout d'abord à favoriser *in-situ* sa régénération dans les carrières. Le développement de boisements pionniers à *Populus nigra* dans certains secteurs de ces sites doit à l'avenir être un objectif des réaménagements écologiques. Pour cela, cette opération doit être stipulée et argumentée dès la demande d'autorisation d'exploitation par les carriers. Dans les secteurs de la Bassée, où les populations de peupliers noirs florifères sont absentes à proximité des carrières, il est envisageable de planter un ensemble d'individus ou d'effectuer des semis à partir de matériel végétal local.

Afin d'assurer la dispersion des graines, les populations adultes doivent être protégées et les habitats gérés. Certaines des stations où ces populations sont présentes peuvent faire l'objet d'une protection par l'achat ou la contractualisation auprès des propriétaires fonciers. Néanmoins, si cette présente étude a permis de localiser et de décrire sommairement les formations végétales rencontrées, les modalités de gestion restent à définir en fonction de l'état de conservation des habitats. De nouvelles études sont donc à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif notamment sur les parcelles situées en ZSC qui ne sont pas encore intégrées dans un DOCOB.

Enfin, un *populetum* de conservation *ex-situ* permettra d'élaborer une collection à partir de peupliers noirs représentant la diversité génétique de la Bassée. Cet outil servira à préserver et à multiplier différents individus en vue de la réintroduction dans le milieu naturel et les carrières.

Cette présente étude a dressé les lignes directrices d'une stratégie de conservation du peuplier noir dans la Bassée seine-et-marnaise. Néanmoins, de nouvelles recherches doivent préciser les modes de gestion des habitats identifiés et les contractualisations à mettre en œuvre avec les propriétaires. En outre, les interactions existant entre les peupleraies sauvages et les peupleraies cultivées d'hybrides méritent également une attention particulière. Si les peupleraies cultivées ont été localisées à proximité des peupliers noirs autochtones, le risque de croisement n'a pu être évalué. De nouvelles études de phénologies florales doivent par conséquent mesurer la concordance des floraisons entre le compartiment naturel et le compartiment cultivé afin de conclure sur la possibilité de flux de pollen entre ces deux espaces. En effet, la populiculture et la création de peupliers hybrides, au même titre que les organismes génétiquement modifiés, pose la question du risque de prolifération et d'interaction inopportune avec les écosystèmes et celle du principe de précaution. Enfin, la forte intervention humaine nécessaire à la préservation du peuplier noir dans les vallées où il se régénère mal soulève également des interrogations. Les carrières, où les conditions favorables à la germination des graines existent, ne vont pas durer éternellement. Quand la ressource en matériaux sera épuisée, ces exploitations n'existeront plus dans quelques décennies. Dans la Bassée, le risque d'inexistence de surfaces colonisables par les graines de *Populus nigra* et d'autres espèces pionnières des substrats alluvionnaires deviendra alors important.

Bibliographie

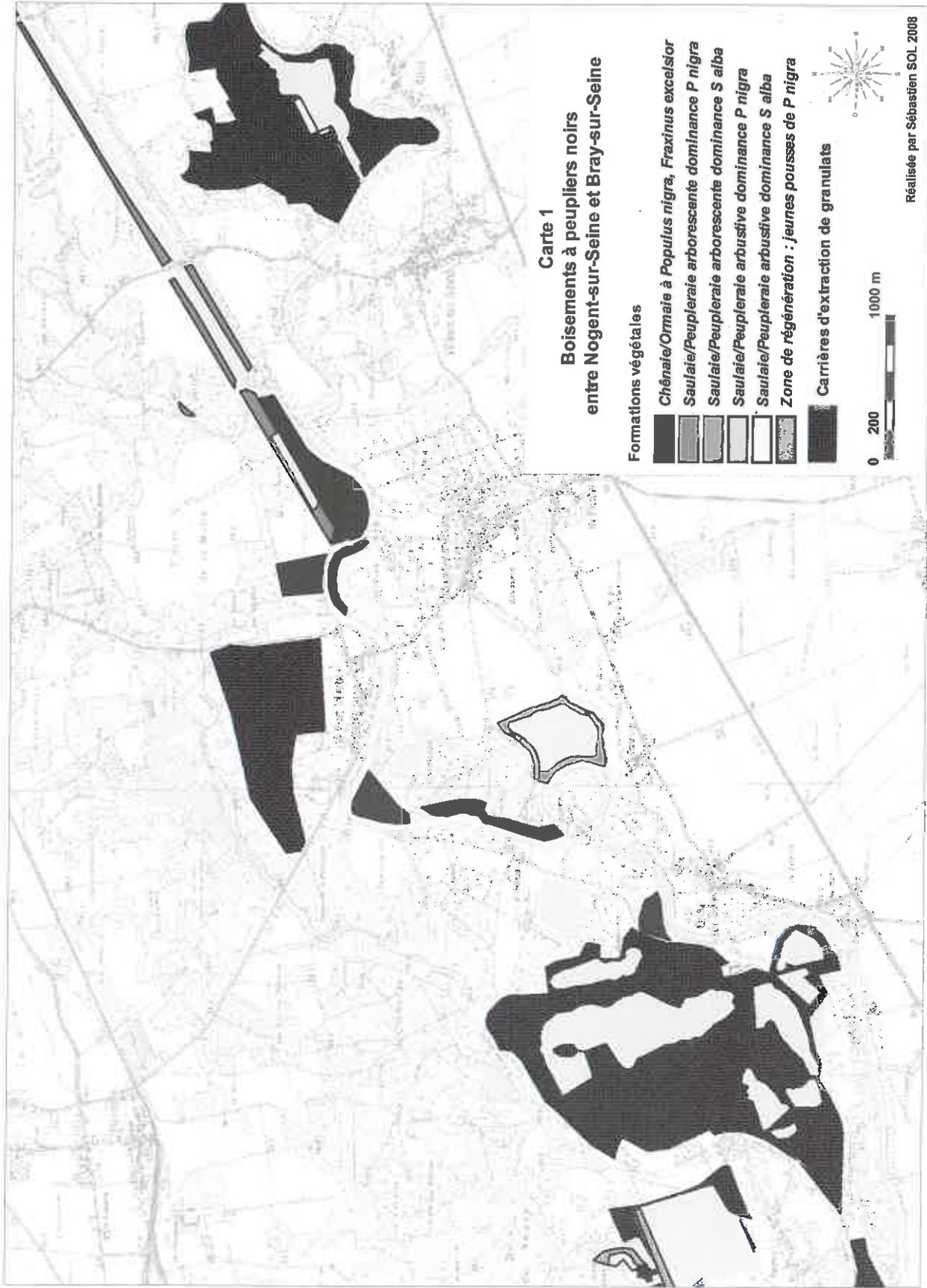
- BENDJOUDI. H., (coord), (2000), Fonctionnement des zones humides riveraines du cours moyen des rivières : Analyse et modélisation de la genèse des hétérogénéités structurales et fonctionnelles : application à la Seine moyenne, UMR 7619 Sisyphe, Université P. & M. Curie, 140 pages.
- BENSETTITI. F., RAMEAU. J.C., CHEVALLIER. H., (2001), Cahiers d'habitats Natura 2000 : Habitats forestiers; Tome 1 vol. 1 et 2, MATE/MAP/MNH, édition la Documentation française, Paris, 339 pages et 423 pages + cédérom
- CNRS, MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, CHARTE PROFESSIONNELLE (Union National de Producteurs de Granulats), (2002), Le patrimoine écologique des zones humides issues de l'exploitation des carrières. Ed. Carrières et zones humides. Vol 1 et 2 + Présentation, Rapport, Groupements végétaux.
- CONSERVATOIRE DES SITES ALSACIENS & OFFICE NATIONAL DES FORETS (coord.), (2004), Référentiel des habitats reconnus d'intérêt communautaire de la bande rhénane : Description, états de conservation & mesures de gestion. Programme LIFE Nature de conservation et restauration des habitats de la bande rhénane. 158 p.
- COSTE. L'abbé H., (1937), Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes, vol. I, II et III ; Albert Blanchard, Paris, 1852 p.
- DRIRE Ile-de-France (2000), Schéma Départemental des Carrières de Seine et Marne, approuvé par arrêté préfectoral le 12 décembre 2000, 250 pages.
- LEFEVRE. F., LEGIONNET. A., DE VRIES. S.M.G. and TUROK. J., (1998), Strategies for the conservation of a pioneer tree species, *Populus nigra L.*, in *Europe. Genet. Sel. Evol.* 30 (Suppl.1): p 181-196.
- LEFEVRE. F., BORDACS. S., COTTRELL. J., GEBHARDT. K., SMULDERS. M.J.M., VANDEN BROECK. A., VORNAM. B., VAN DAM, B., (2001), Recommandations pour la gestion de l'écosystème riparien issues du cadre général d'Euforgen et basées sur les résultats du projet européen d'Europop, in *Genetic diversity in river populations of European Black Poplar*, 16-20.
- LEFEVRE. F., (2001), Le peuplier noir : une ressource génétique à l'interface entre habitats naturels d'intérêts communautaires et sylviculture intensive, in *Dossier de l'environnement de l'INRA*, n°21, page 125 à 132.
- MICHELOT J-L., (1995), Gestion patrimoniale des milieux naturels fluviaux, Guide technique, Atelier Technique des Espaces Naturels, Montpellier, 67 p.
- MUNOZ. F., (2006), Distribution régionale des espèces et dynamique des métapopulations : Modèle hiérarchique d'habitat et inférence du taux relatif extinction/colonisation. Thèse de Doctorat en Biologie des Populations et Ecologie. UM II - Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 276p.
- PIEGAY. H., PAUTOU. G., RUFFINONI. C., (2003), Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonctions et gestions, Institut pour le développement forestier, Paris, 463 p.
- POSPISKOVA. M., SALKOVA. I., (2006), Population structure and parentage analysis of black poplar along the Morava River, in *Canadian journal of forest*, vol. 36, n°5, p 1067-1076
- RAMEAU. J-C., MANSION. D., DUME. G., (1989), Flore forestière française, guide écologique illustré, tome 1 Plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.
- SAFEGE, (2004), Etude du schéma global de gestion des crues de la Bassée, 236 pages.
- SCHNITZLER-LENOBLE. A., CARBIENER. R., (2007), Forêts alluviales d'Europe : écologie, biogéographie, valeur intrinsèque, Lavoisier, paris, 387 pages.
- VANDEN BROECK. A., (2003a), Progress on national activities on gene conservation of *Populus nigra* in Belgium, in *Populus nigra Network*, Report of the seventh (25-27 October 2001, Osijek, Croatia) and eighth (22-24 May 2003, Treppeln, Germany) meetings, IPGRI, p 27 à 28.
- VANDEN BROECK. A., (2003b), EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra L.*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- VILLAR. M., CHANTEREAU. M., Forestier. O., LE BOULER. H., COLLIN. E., (2005), Conservation et valorisation de deux espèces forestières ligériennes : le peuplier noir et l'orme lisse.
- VILLAR. M., FORESTIER. O., (2006), Ressources génétiques du peuplier noir dans la plaine rhénane alsacienne : états des lieux, programme de conservation et perspectives. WSG Baden Württemberg 10, 85-93.

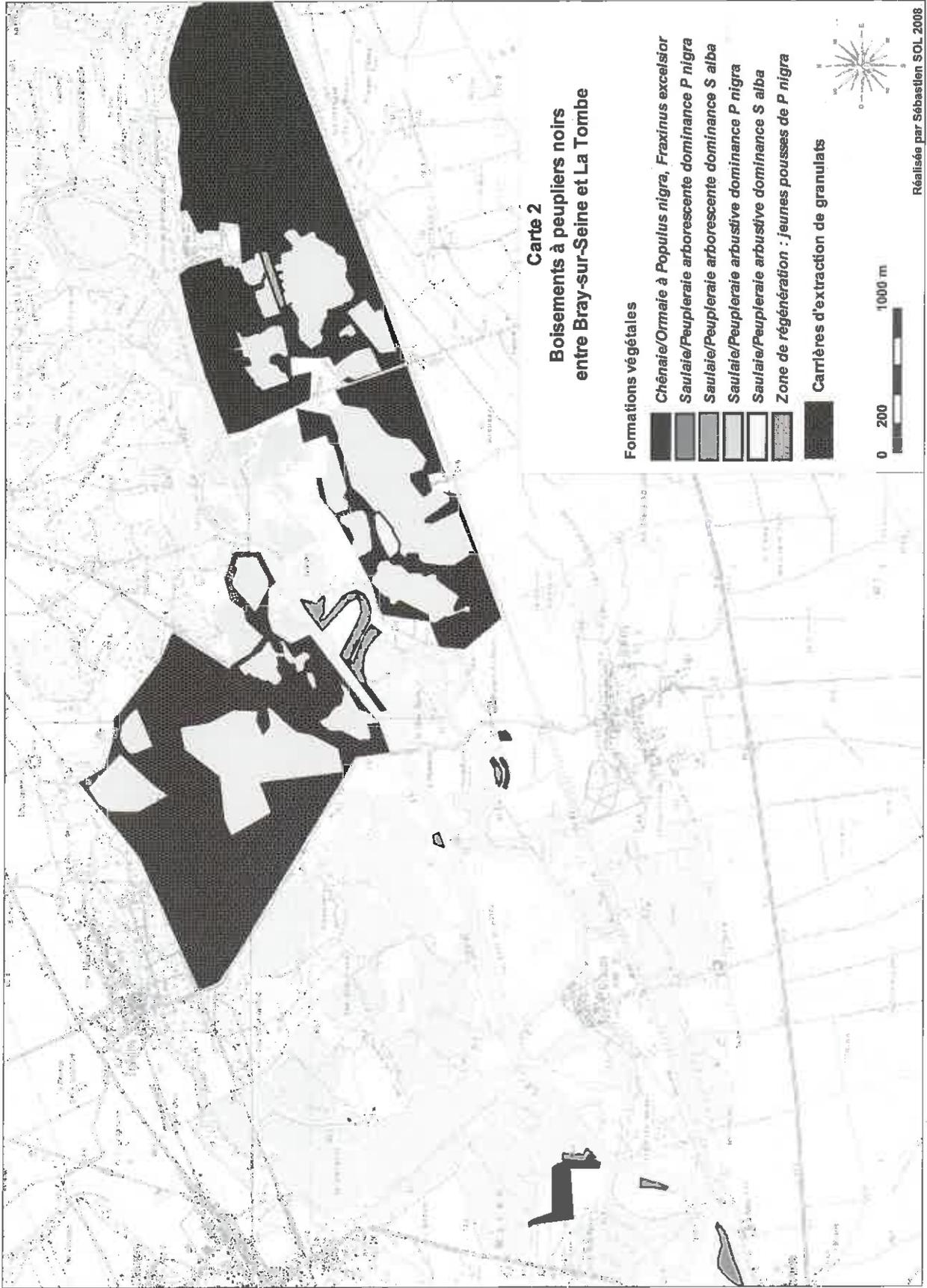
Annexe 1 : Relevés floristiques

Numéro de relevé	1	2	3	4	5	6	7
	Plan d'eau Les Loges	Plan d'eau Les Préaux Presqu'île Est	Plan d'eau Les préaux Rive ouest	Plan d'eau Noyen sur Seine	Plan d'eau Villiers l'écluse	Plan d'eau Les thurets Zone 1	Plan d'eau Les thurets Zone 2
Date	18/06/2008	19/06/2008	19/06/2008	06/06/2008	20/06/2008	20/06/2008	20/06/2008
Surface en m2	100	200	200	200	200	200	200
Recouvrement total	100 %	70 %	100 %	100 %	100 %	100 %	90 %
Strate arborescente	0 %	0%	90 %	0 %	90 %	70 %	0 %
Strate arbustive	0 %	60%	40 %	80 %	80 %	50 %	90 %
Strate herbacée	100 %	40%	10 %	40 %	40 %	15 %	90 %
Richesse spécifique	22	23	10	55	35	14	11
Formation végétale	Fourré de salicacées	Saulaie Peupleraie à dominance de saules	Saulaie Peupleraie à dominance de saules	Saulaie Peupleraie à dominance de peupliers	Saulaie Peupleraie à dominance de peupliers	Saulaie Peupleraie à dominance de peupliers	Saulaie Peupleraie
Strate arborescente							
<i>Alnus glutinosa</i>						3	
<i>Fraxinus excelsior</i>					2		
<i>Populus nigra</i>			2		3	3	
<i>Salix alba</i>			5		2	1	
<i>Salix caprea</i>					2		
Strate arbustive							
<i>Acer campestre</i>					r		
<i>Climatis vitalba</i>					+		
<i>Cornus sanguinea</i>					4	1	2
<i>Corylus avellana</i>					+		
<i>Crataegus monogyna</i>					3		
<i>Fraxinus excelsior</i>		+					
<i>Ligustrum vulgare</i>				1	1		
<i>Lonicera xylosteum</i>				+			
<i>Populus nigra</i>		2				1	3
<i>Prunus avium</i>					r		
<i>Salix viminalis</i>					+	r	
<i>Salix alba</i>		3				2	3
<i>Salix caprea</i>		2				1	2
<i>Salix cinerea</i>		1	2		+	1	+
<i>Salix purpurea</i>					+	1	1
<i>Ulmus laevis</i>				r			
<i>Ulmus minor</i>					+		
<i>Viburnum lantana</i>					+		
<i>Vitis vinifera</i>				r			
Strate herbacée							
<i>Cornus sanguinea</i>		2	+		3		
<i>Crataegus monogyna</i>		+					
<i>Populus alba</i>					r		
<i>Populus nigra</i>	2					+	
<i>Ribes rubrum</i>					+		
<i>Salix viminalis</i>			r				
<i>Salix alba</i>	3						
Numéro de relevé	1	2	3	4	5	6	7
<i>Viburnum lantana</i>					+		
<i>Achillea millefolium</i>				+			
<i>Agrostis sp</i>	1						
<i>Agrimonia eupatoria</i>				+			
<i>Ajuga genevensis</i>				+			
<i>Anacamptis pyramidalis</i>				+			
<i>Anagallis arvensis</i>	2						
<i>Angelica sylvestris</i>				r			
<i>Artemisia vulgaris</i>			+				
<i>Aster x salignus</i>					+		
<i>Blacksonia perfoliata</i>		r					
<i>Briza media</i>				+			

<i>Carex flacca</i>				+			
<i>Carex hirta</i>				r			
<i>Carex nigra</i>				r	+		
<i>Carex pseudocyperus</i>				r			
<i>Carex spicata</i>	+	+		+			
<i>Craex sylvatica</i>				+			
<i>Centaurea thuilieri</i>				+			
<i>Cerastium fontanum</i>				+			
<i>Chaerophyllum temulentum</i>				+			
<i>Cirsium arvense</i>	+	+					
<i>Cirsium vulgare</i>				+			
<i>Convulvus sp</i>		+					
<i>Crepis biennis</i>				+			
<i>Dipsacus fullonum</i>				+			+
<i>Epatarium cannabinum</i>		1	1				
<i>Epipactis helleborine</i>				+	+		
<i>Equisetum palustre</i>		4	5	+			
<i>Festuca pratensis</i>				+			
<i>Festuca ovina</i>				+			
<i>Fragaria vesca</i>				+			
<i>Gallium mollugo</i>				+			
<i>Genista tinctoria</i>					+		
<i>Geranium dissectum</i>				+			
<i>Geum urbanum</i>				+			
<i>Heracleum sphondylium</i>		+					
<i>Himantoglossum hircinum</i>					+		
<i>Hypericum perforatum</i>		+					+
<i>Juncus articulatus</i>	+						
<i>Juncus inflexus</i>		+		r			
<i>Juncus sylvaticus</i>	+						
<i>Juncus tenuis</i>				r			
<i>Leucanthemum vulgare</i>					+		
<i>Lathyrus latifolius</i>		+					
<i>Lotus corniculatus</i>	1	+			+		
<i>Lycopus europaeus</i>	+			r		1	
<i>Lysimachia vulgaris</i>		+	+	r			1
<i>Lythrum salicaria</i>	1			r			
<i>Medicago lupulina</i>	1	+			+		
<i>Meniha aquatica</i>	+					1	
Numéro de relevé	1	2	3	4	5	6	7
<i>Myosotis scorpioides</i>		+					
<i>Ophrys apifera</i>				+			
<i>Pastinaca sativa</i>				+			
<i>Phleum pratense</i>				+	+		
<i>Phragmites australis</i>		+					
<i>Plantago lanceolata</i>	2			+	+		
<i>Poa annua</i>				+			
<i>Potentilla ansérina</i>				+			
<i>Potentilla neumanniana</i>						1	
<i>Potentilla reptans</i>	+						4
<i>Thymus serpyllum</i>				+			
<i>Tragopogon pratensis</i>				+	+		
<i>Trifolium campestre</i>	+						
<i>Trifolium repens</i>	+						
<i>Tussilago farfara</i>				+			
<i>Ranunculus acris</i>				+			
<i>Ranunculus repens</i>	+						
<i>Rhinanthus angustifolia</i>				r			

<i>Rubus caesus</i>		+	1				+
<i>Rumex crispus</i>	+						
<i>Rumex sanguineus</i>				+			
<i>Sanguisorba minor</i>				+			
<i>Securigera varia</i>					+		
<i>Senecio erucifolius</i>	+			+			
<i>Senecio jacobaea</i>	+						
<i>Stachys sylvatica</i>				+			
<i>Stachys palustris</i>				r			
<i>Thalictrum flavum</i>				r			
<i>Valeriana officinalis</i>				+			
<i>Verbascum thapsus</i>					+		
<i>Verbascum blattaria</i>					+		
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>				+			
<i>Viscia cracca</i>					+		
<i>Vulpia ciliata</i>	+						
<i>Vulpia myuros</i>	+			+			





Carte 2
Boisements à peupliers noirs
entre Bray-sur-Seine et La Tombe

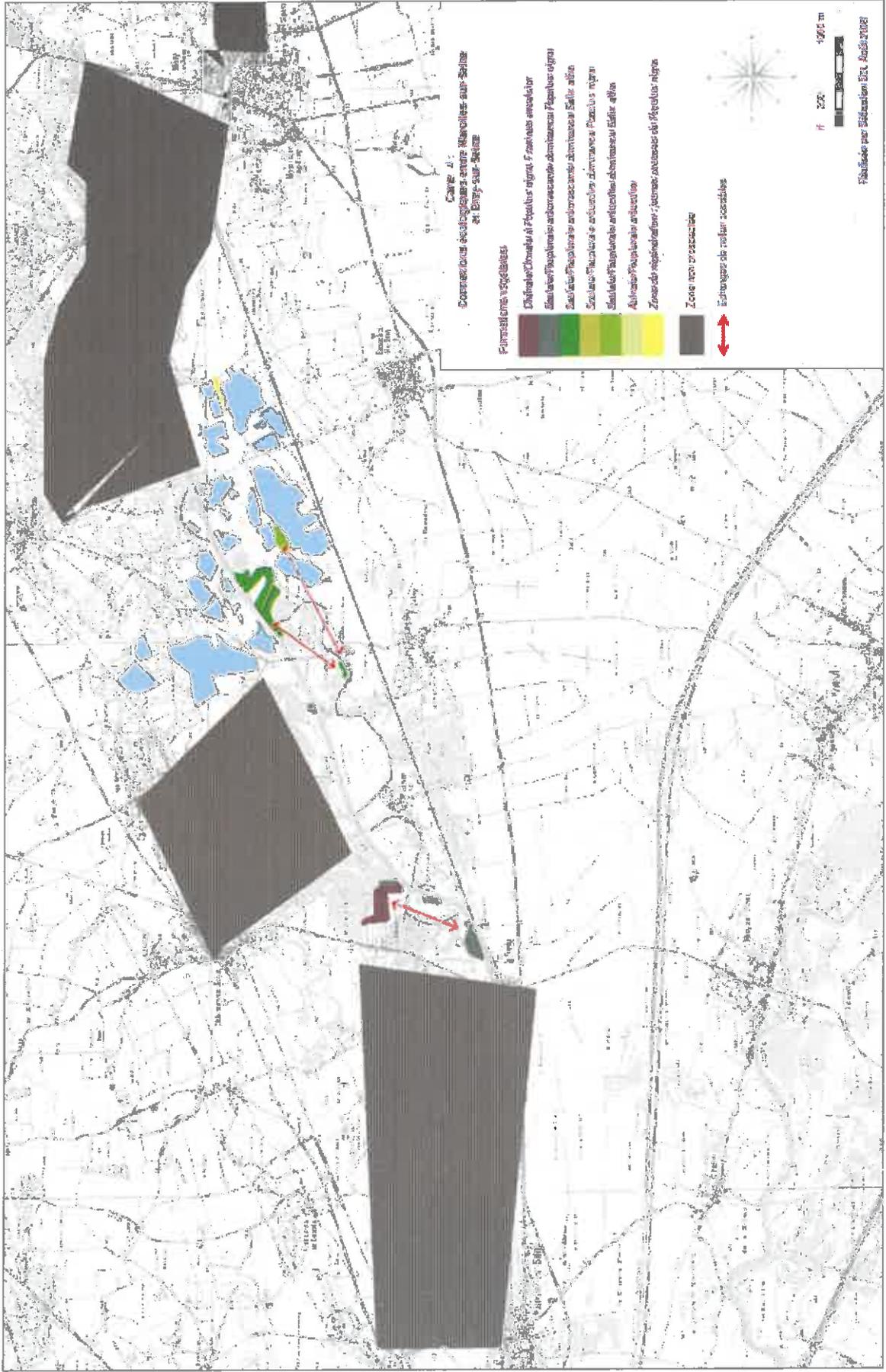
Formations végétales

- Chêne/Ormaie à *Populus nigra*, *Fraxinus excelsior*
- Saulaie/Peuplerie arborescente dominance *P nigra*
- Saulaie/Peuplerie arborescente dominance *S alba*
- Saulaie/Peuplerie arbustive dominance *P nigra*
- Saulaie/Peuplerie arbustive dominance *S alba*
- Zone de régénération : jeunes pousses de *P nigra*

Carrières d'extraction de granulats

0 200 1000 m

Réalisée par Sébastien SOL 2008



ÉCOLOGIE

MISE EN PLACE D'UN PROTOCOLE DE SUIVI STANDARDISÉ DES INVERTEBRÉS SUR DOUZE CARRIÈRES ALLUVIONNAIRES DE LA BASSEE : PREMIÈRES IDÉES D'INTERPRÉTATION

Par Marion LAPRUN¹

INTRODUCTION

La Bassée est une vaste plaine alluviale inondable d'un tronçon de la vallée de la Seine, en amont de Paris. De nombreux enjeux s'y côtoient : qualité de la ressource en eau, caractère de zone d'expansion des crues, biodiversité remarquable, agriculture et ressource en granulats. Ce dernier enjeu laisse aujourd'hui une empreinte omniprésente en Bassée à travers de nombreux plans d'eau issus de carrières anciennes ou actuelles. Or, ces carrières alluvionnaires représentent un nouveau milieu naturel totalement lié aux activités humaines. Ce sont des plans d'eau, alimentés par la nappe phréatique qui a été mise à jour, qui constituent de nouveaux lieux d'accueil de la faune et de la flore aquatiques. Cette création d'un nouveau milieu entraîne de nombreux changements et l'issue de l'exploitation en termes de biodiversité dépend beaucoup du réaménagement qui y aura été effectué.

Le projet ROSELIÈRE² a été instauré par l'ANVL en 2006 sur ces carrières afin d'y effectuer un suivi de la biodiversité et d'apporter aux carriers des conseils en termes de réaménagement et de gestion. Une première phase s'est portée sur la biodiversité terrestre (Zucca, 2006), tandis que la présente étude aborde le milieu aquatique. Cette seconde phase a pour but d'échantillonner les différents groupes taxonomiques puis de comparer douze sites entre eux et dans le temps du point de vue des invertébrés aquatiques. Les influences existant entre les paramètres physiques et écologiques des sites et leur biodiversité aquatique pourront ainsi faire l'objet de premières hypothèses d'analyses.

À long terme, le but du projet ROSELIÈRE est d'obtenir des méthodes simples d'évaluation des plans d'eau, telles que l'IBGN pour les cours d'eau, la méthode PLOCH (Oertli et al., 2000) ou l'IBEM (Indermülhe et al. 2008) pour les étangs mais qui se révèlent inadaptées à ce type de milieux (plans d'eau douce stagnante de grande étendue) ou trop peu standardisées. Pour ces raisons, un protocole doit donc être créé *de novo* en s'inspirant de méthodes existantes. Les premiers résultats obtenus constitueront un premier pas dans l'étude des invertébrés aquatiques des carrières alluvionnaires. Cependant, il est indispensable d'effectuer ce suivi sur le long terme pour aboutir à de réelles conclusions.

PARTIE I. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE ET DE SON CONTEXTE

I.1. Le projet ROSELIÈRE

Dans le cadre du suivi de la diversité écologique des plans d'eau, le projet ROSELIÈRE a été initié dans un objectif de comparer onze sites (sous convention) entre eux et d'étudier leur évolution dans le temps en utilisant des protocoles standardisés. La première phase concernait le suivi de la faune et de la flore terrestres et a fait l'objet d'une publication dans le bulletin de l'ANVL (n°3 2006 vol.82). Cette partie concernait les oiseaux, reptiles et amphibiens, insectes terrestres (odonates adultes, carabidés, rhopalocères), arachnides ainsi que les végétaux terrestres. Des protocoles d'échantillonnage préexistants ont été appliqués et ont permis d'obtenir des premiers résultats qui seront à compléter par la poursuite du suivi annuel.

La nécessité d'un suivi du milieu aquatique était évidente mais n'avait pu être effectuée lors de cette phase. Cette partie semblait d'une importance considérable pour différentes raisons. Tout d'abord, le milieu obtenu après exploitation est avant tout représenté par un plan d'eau ; les habitats dominants deviennent donc

¹ ANVL, Laboratoire de biologie végétale, Route de la Tour Dénecourt, 77300 Fontainebleau

² Réseau d'Observation des Sablières en Eau Libre à Intérêt Écologique et Réaménagement Environnemental

aquatiques ou humides. D'autre part, bon nombre d'insectes ont une reproduction comportant une phase larvaire aquatique (odonates, diptères...). Il était donc important d'échantillonner cette biodiversité pour comprendre la présence de certains taxons à l'état adulte. En effet, il est difficile de dire, sans échantillonner le plan d'eau, si un odonate adulte observé provient d'une reproduction intra-site ou d'une migration en provenance d'un lieu voisin. De plus, bon nombre de taxons aquatiques sont des indicateurs directs de l'état du plan d'eau car ils sont totalement inféodés au site et ne peuvent pas ou peu se déplacer.

Le but de cette étude est donc de compléter l'échantillonnage des carrières étudiées précédemment (en y ajoutant un site supplémentaire), en étudiant les taxons faunistiques aquatiques, afin de comparer les sites entre eux, de suivre leur évolution dans le temps et d'établir des conjonctions entre leur diversité et leurs caractéristiques. Le postulat selon lequel les carrières les plus remarquables sont celles ayant fait l'objet d'un réaménagement à vocation écologique (berges en pente douce, diversité d'habitats, hauts fonds à herbiers aquatiques...) sera ainsi testé par le biais de nouveaux protocoles. Une attention particulière sera portée à la standardisation des techniques d'échantillonnage, cet aspect étant primordial pour pouvoir comparer les sites entre eux.

I.2. Les taxons étudiés

Cette étude s'est donc portée sur de nombreux taxons d'invertébrés ayant au moins une phase aquatique : coléoptères, odonates, trichoptères, éphéméroptères, diptères, hétéroptères, mollusques bivalves et gastéropodes, annélides achètes (sangsues), plathelminthes turbellariés (planaires), arachnides (hydracariens), crustacés. Certains taxons comme les oligochètes sont toutefois écartés par manque de temps et de matériel adéquat (difficulté de récolte, très petite taille).

I.3. Les sites étudiés

Douze sites sont étudiés, tous situés en Seine-et-Marne, excepté un dans l'Yonne. En voici une rapide présentation (sauf précision, ils sont tous gérés par l'ANVL et les surfaces indiquées sont celles en eau) :



Figure 1 : Localisation des 12 sites

Les Loges (La Grande-Paroisse) : site d'environ 14 ha, propriété de la Ville de Paris gérée par EauDeParis qui est inclus dans un périmètre de protection rapprochée en raison de la forte proximité d'un champ captant d'eau potable. Il a fait l'objet d'un retravalement des berges postérieur à la remise en état. Les mesures de gestion consistent en un entretien de la ripisylve et une fauche tardive.

Espace Naturel du Grand Marais (Varenes-sur-Seine) : ce plan d'eau de 16 ha a été rétrocédé après exploitation (2002) à ProNatura IDF. Il a fait l'objet d'un réaménagement écologique avec création de 3 îlots graveleux, remodelage du fond et reprofilage des berges (grande sinuosité et pente douce). Deux observatoires y ont été installés dont un en accès libre et le second en accès réglementé. Le site est pâturé par des chevaux et est broyé tardivement.

Les Seiglats (Cannes-Ecluse) : cette propriété de la région est gérée par l'Agence des Espaces Verts d'Ile-de-France. L'exploitation de ces 40 ha a pris fin dans les années 80 et n'a subi aucun réaménagement. Un plan de gestion est en cours et une plateforme artificielle à intérêt ornithologique et un observatoire ont été installés. Ce site situé juste en bordure de l'Yonne y est connecté par débordement et possède une ripisylve dense et âgée. Il est soumis à un arrêté préfectoral de protection de biotope et constitue un domaine naturel régional qui deviendra prochainement une Réserve Naturelle Régionale.

Réserve ornithologique du Carreau-Franc (Marolles-sur-Seine) : ces 14 ha appartiennent au Conseil Général de Seine-et-Marne, ils sont pâturés extensivement par des bovins rustiques (race Highland) depuis 2007. L'exploitation s'est terminée en 1993 et un réaménagement écologique y a eu lieu : berges sinueuses en pente douce, 11 îlots entretenus régulièrement pour favoriser la nidification des oiseaux. Il s'agit d'un Espace Naturel Sensible à grand intérêt ornithologique faisant également l'objet d'un arrêté préfectoral de protection de biotope depuis 1991. Trois observatoires dont un extérieur ouvert au public y ont été installés. Il jouxte l'A5 et la voie TGV dont les constructions sont étroitement liées à l'extraction de granulats de cette carrière.

Les Préaux (Marolles-sur-Seine) : cette ancienne exploitation (2002) de 45 ha a été acquise en quasi totalité par ProNatura IDF. Elle a subi un réaménagement simple avec la création de deux grands îlots dont un est entretenu régulièrement (les autres étant envahis par la végétation). Ce site est connecté à l'Yonne par un cours d'eau.

La Muette (Marolles-sur-Seine) : exploité par BGIE jusqu'en 2002, l'exploitation par CEMEX d'une partie du site se poursuit actuellement. Les 12 ha dont l'exploitation est achevée ont fait l'objet d'un réaménagement simple et les berges sont broyées régulièrement. La partie actuellement exploitée fera l'objet un réaménagement « écologique » qui retouchera également l'ancien site. Il est important de noter la forte proximité de boisements alluviaux anciens.

La Chapelotte (étang des Pâtures, Villeneuve-la-Guyard, Yonne) : propriété de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN), ces 8 ha ne sont plus exploités depuis 1989. Le réaménagement a été simple : des berges en pente douce et une presqu'île inondable sont toutefois présentes en raison de la faible quantité de gisement. Ce site est connecté à l'Yonne par débordement, il fait l'objet d'un broyage tardif et possède un observatoire accessible au public.

Champmorin (Balloy et Bazoches-les-Bray) : les propriétaires (GSM et Lafarge Granulats) ont cessé l'exploitation de ces 60 ha en 2001 et y ont effectué un réaménagement écologique : grand linéaire de berges, grand îlot et presqu'île inondable régulièrement entretenus. Ce site est connecté à la Seine par un cours d'eau et est proche d'éléments hydrographiques naturels (bras mort). Il est fauché tardivement, possède des roselières importantes et un observatoire accessible au public.

Le Chatelet (Egigny) : ces 21 ha appartenant à l'AESN devraient être gérés par la Fédération de Chasse de Seine-et-Marne. Ils ne sont plus exploités depuis 2007 et ont été réaménagés simplement. Ce site est connecté à une noue temporaire par un réseau de chenaux.

Neuvry (Jaulnes) : ce site de 22 ha toujours en exploitation par A2C fait l'objet d'un réaménagement écologique : îlots graveleux, prairies inondables, mares, vasières et réseaux de chenaux. Il possède un grand intérêt batrachologique, ornithologique et profite de sa forte proximité avec la réserve naturelle ainsi que de sa connexion par débordement avec la Seine. Il dispose d'un observatoire accessible au public.

Pormain (Grisy-sur-Seine) : cette propriété d'A2C de 8 ha n'est plus exploitée depuis 2004 et possède des berges en pente très douce suite à un réaménagement écologique. Il est constitué d'une prairie inondable par la Seine, pâturée extensivement par des bovins et des équins et est très proche des milieux naturels appartenant à la réserve.

Les Thurets (Villiers-sur-Seine) : cette carrière, toujours en exploitation, est réaménagée écologiquement au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction. Elle possède de nombreux îlots graveleux-sableux, des

chenaux et hauts-fonds et est directement connectée avec la Seine (exploitation par drague et transit par voie fluviale pour le transport des granulats). Elle est également pâturée extensivement par des Highlands.

PARTIE II. ÉLABORATION D'UN PROTOCOLE DE SUIVI

II.1. Contraintes techniques et statistiques et réflexion sur les protocoles existants

Des contraintes ont été mises en évidence en ce qui concerne la mise en place du protocole. En effet, les sites étudiés ont une surface relativement importante (d'une dizaine à une soixantaine d'hectares) ; les protocoles utilisés doivent être simples à mettre en œuvre (matériaux faciles à trouver, conception simple, pièges faciles à poser...), peu coûteux en temps et en argent, aisément reproductibles et peu contraignants pour que le suivi puisse être continué par la suite, standardisés et significativement représentatifs. Il est envisagé d'élargir le protocole à d'autres carrières de certains exploitants (CEMEX et GSM) sur l'ensemble du territoire français, il était donc important d'assurer au maximum la reproductibilité des techniques et la facilité de mise en œuvre. De nombreux compromis se sont donc imposés, il a fallu par exemple allier une limitation du temps d'échantillonnage et un nombre suffisant de données pour obtenir des résultats statistiquement satisfaisants. De même, la standardisation était primordiale, autant en ce qui concerne la conception des systèmes d'échantillonnage que leur mise en œuvre.

Une phase de recherche bibliographique a permis de répertorier et de comparer un nombre conséquent de méthodes utilisées pour l'échantillonnage des invertébrés aquatiques. À l'issue de cette recherche, il s'est révélé évident que très peu d'études et protocoles existaient dans ce domaine. En effet, la plupart des travaux concernant les invertébrés aquatiques d'eau douce portent sur les milieux lotiques (IBGN notamment) ou sur des mares ou plans d'eau de faible surface. Les protocoles d'échantillonnage correspondants sont alors à tester et adapter aux plans d'eau de carrières, de surface plus conséquente.

Les quelques études portant sur les invertébrés aquatiques des milieux lentiques utilisent le plus souvent des techniques de filtration (troubleau, épuisette...), par des mouvements à travers la colonne d'eau, ou des prélèvements du sédiment à l'aide d'une benne ou d'un cylindre (Biggs et al., 1998 ; Oertli et al., 2000 et 2002 ; Scher, 2005 ; Verneaux et al., 2004 ...). Cependant, l'utilisation de filets est peu standardisée et induit une grande variabilité due à l'observateur, tandis que le prélèvement du sédiment peut se révéler très coûteux en temps par rapport au nombre de taxons collectés.

En conséquence, il a été décidé d'utiliser des substrats artificiels et des pièges à bouteilles en pleine eau car ils permettent de standardiser l'effort d'échantillonnage (De Pauw et al., 1986). D'autre part, ils sont utilisables dans tous les milieux, peu coûteux, faciles à construire et ne créent pas de dommage au milieu (Scher, 2005), ils réduisent également le temps alloué au tri car ils permettent de récupérer moins de matière organique et/ou sédiments (Hanson et al., 2000). Les pièges à bouteilles sont particulièrement efficaces en ce qui concerne les individus très mobiles, notamment dans les habitats à végétation dense où l'utilisation d'un filet devient difficile (Becerra Jurado et al., 2008). Les seuls inconvénients de ce type de pièges sont le fait qu'une seconde visite est forcément nécessaire et qu'il existe un risque de prédation entre la pose et la récolte. Toutefois, l'impact des invertébrés prédateurs sur les prises paraît modéré (Elmberg et al., 1992). Les substrats artificiels, quant à eux, sont parfois considérés comme de mauvaises représentations des communautés par certains auteurs (Rosenberg & Resh, 1982 in Scher, 2005), c'est pourquoi nous avons décidé de combiner ici les deux techniques.

Parmi les méthodes recensées, celles-ci semblent les plus adaptées pour cette étude et constituent le meilleur compromis entre standardisation, coûts matériel et temporel et facilité à mettre en œuvre.

D'autre part, des discussions avec des scientifiques ayant travaillé sur le milieu aquatique (Christian Kerbiriou³ et Olivier Scher⁴) ont permis de confirmer l'intérêt de telles méthodes et d'en préciser les limites et contraintes.

³ Conservation des espèces, restauration et suivi des populations au Muséum National d'Histoire Naturelle

⁴ Pôle-Relais Mares et Mouillères

II.2. Le protocole retenu

II.2.1 Positionnement des points

Un protocole de placement des points a été élaboré et sera suivi autant que possible sur l'ensemble des sites. Toutefois, des contraintes techniques peuvent imposer des adaptations à des situations particulières (configuration du site, accès difficile...). Un minimum de 5 répliquats est supposé nécessaire pour obtenir un échantillonnage représentatif et pour collecter une proportion suffisante de taxons. Cette hypothèse sera vérifiée lors d'une phase test (cf. II.3.5). Aussi, chaque site sera équipé du nombre de stations de suivi déterminé par cette phase, sous forme de points.

Ces points seront placés de la manière suivante :

- selon un choix purement formel le premier point est disposé sur la berge la plus au Nord puis les autres sont placés en partant vers l'Ouest.
- les points suivants sont régulièrement espacés sur la berge de façon à prospecter 1/5 du périmètre du plan d'eau, ainsi la taille du plan d'eau et la sinuosité des berges sont prises en compte. La totalité du site ne pouvait être prospectée pour des contraintes de temps et d'accessibilité.

II.2.2 Techniques d'échantillonnage

À chaque point, un piège est installé sur la frange littorale à une profondeur d'1 m à l'instant t de la pose, l'emplacement pouvant varier entre les années selon les niveaux de la nappe.

Le piège est constitué d'un piquet standard d'1m50 (piquet de clôture électrique) muni de crochets à différentes hauteurs permettant la fixation des éléments du piège :

- **Deux pièges bouteilles** : un vertical et un horizontal permettant un échantillonnage passif et aléatoire, principalement des espèces mobiles qui nagent dans la colonne d'eau. Il s'agit de bouteilles de soda translucides et homogènes dont le goulot a été coupé et inversé de sorte à former un entonnoir, d'après les protocoles modifiés de Becerra Jurado et al. (2008) et Muscha et al. (2001). Le fond est percé de trous de faible diamètre pour éviter la présence de bulles d'air et permettre une vidange plus aisée lors de la relève.
- Un ensemble de **substrats artificiels** inspiré du protocole de Scher (2005) et constitué d'un tampon à récurer (environ 13,5x11cm) fixé sur le bas du piquet, d'une plante aquatique artificielle (imitation de *Nitella sp.*, d'une hauteur de 15-21cm) et d'une brosse en chiendent (22cm de long), toutes deux placées à la base du piège en contact avec le substrat. Ces substrats artificiels visent à la fois des espèces benthiques et pélagiques, les différents types proposés permettant d'élargir l'attractivité potentielle et d'augmenter la possibilité de colonisation par les invertébrés. Un substrat artificiel supplémentaire est constitué d'une brique creuse posée à faible profondeur à proximité du piquet.
- Un **grillage d'émergence** pour la récupération des exuvies d'odonates de 50x50 cm, 6.4 mm de maille, dont 25 cm sont immergés et 25 cm émergés. L'ensemble du piège étant à 1 m de profondeur, le grillage débutera donc à 75 cm du fond. Ce piège permet de récupérer les exuvies d'odonates dont les larves doivent grimper sur des surfaces émergées (plantes, pierres, sable de la rive...) pour que l'adulte puisse s'extraire (Heidemann & Seidenbusch, 2002). Le grillage constitue alors un support adapté et les exuvies deviennent facilement récupérables.

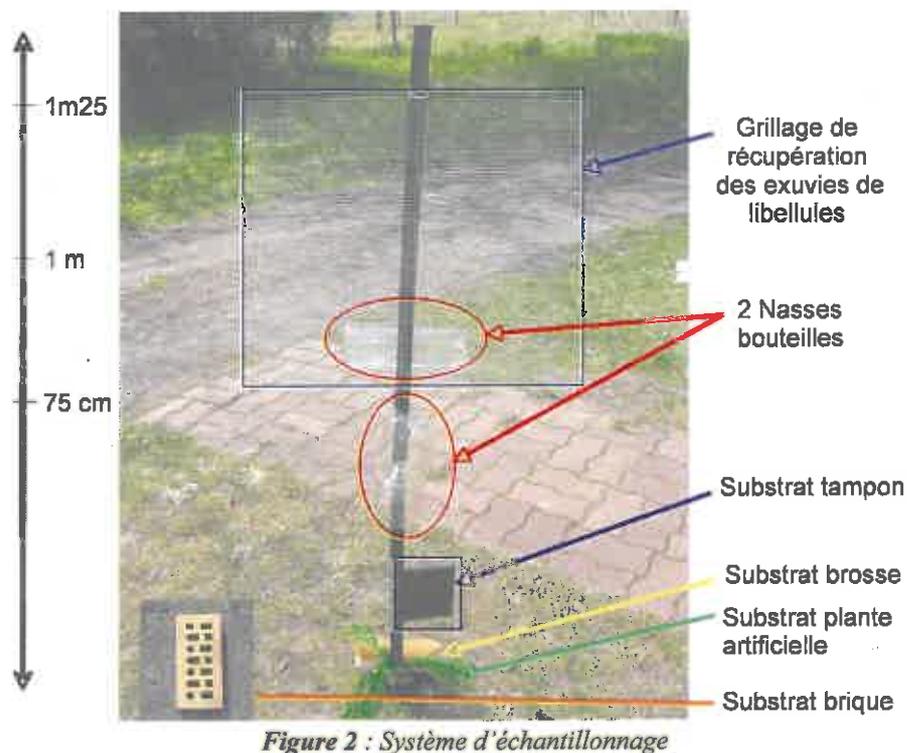


Figure 2 : Système d'échantillonnage

Les bouteilles sont laissées en place 48 h puis relevées, le reste est récupéré au bout de 2 semaines (d'après Scher, 2005). Les exuvies seront également récoltées au bout des deux semaines. Lors de la relève des pièges, on prend soin de replacer l'ouverture des bouteilles vers la surface avant de sortir les bouteilles de l'eau pour éviter la perte d'individus. Pour les mêmes raisons, une bourriche dont le fond est doublé d'un filet à maille plus fine est passée sous le piquet quand les pièges sont sortis de l'eau et les individus s'y trouvant sont également récupérés.

II.2.3 Périodes d'échantillonnage :

Deux sessions ont eu lieu : une phase d'essai sur un seul site pour déterminer l'efficacité du système d'échantillonnage, les problèmes techniques et le nombre nécessaire de pièges et une session d'échantillonnage en mai/juin 2008 sur l'ensemble des sites : pose des pièges les 20 et 21 mai, relève des bouteilles les 22 et 23, relève totale les 3 et 4 juin.

II.2.4 Relevé des paramètres physiques et écologiques

Différentes caractéristiques sont relevées pour chaque point : pente de la berge (douce, moyenne ou abrupte), végétation de la berge (prairie/roselière ou boisement). D'autres paramètres sont relevés pour les sites par SIG⁵ d'après les photographies aériennes disponibles (datant de 2003) : surface et linéaire de berges, sinuosité (linéaire/surface). Pour les sites encore en exploitation, ces données sont relevées approximativement par rapport à la forme actuelle du site. Ces paramètres sont complétés par l'âge (< ou > à 10 ans, toujours exploité), le type de réaménagement (écologique, simple, reterrassement ultérieur, aucun), la connexion hydraulique (0 absence de connexion, 0,5 connexion par inondation ou 1 connexion totale) et seront utilisés pour les analyses statistiques dans le but de voir s'ils ont une influence sur les communautés d'invertébrés aquatiques des différents sites.

II.2.5 Détermination des individus récoltés

Les individus récoltés sont placés dans des pots hermétiques contenant de l'alcool à 70°. La détermination des individus s'effectue à l'aide du Tachet (2000) et du guide d'identification des larves et exuvies de libellules d'Heidemann et Seidenbusch (2002). Les niveaux taxonomiques et les limites de

⁵ MapInfo 7.0

détermination sont fixés par rapport à ces deux ouvrages et au matériel utilisé. En effet, la loupe binoculaire⁶ ne possède pas un grossissement assez élevé pour observer tous les détails nécessaires à la détermination de certains individus très petits, mais dans la plupart des cas cet outil était suffisant. D'autre part, pour certains groupes, la détermination a été limitée à un niveau inférieur à celui proposé par le Tachet pour des contraintes de temps. C'est le cas pour les larves de diptères : la détermination s'arrête au niveau de la sous-famille car la connaissance de la tribu n'apporterait que peu par rapport au temps supplémentaire nécessaire. Les adultes issus d'émergence dans les bouteilles sont quant à eux écartés de la détermination car ils sont considérés comme aériens et non plus aquatiques, d'autant plus que la clé ne permet pas de les identifier. Dans le cas des taxons à adultes et larves aquatiques (coléoptères et hétéroptères), il est intéressant de faire la distinction entre les deux stades car les adultes peuvent quitter temporairement le milieu aquatique et par conséquent se disperser sur de plus ou moins grandes distances, tandis que les larves proviennent effectivement du plan d'eau.

II.3. Un protocole innovant : une nécessité d'en vérifier les performances

Le protocole proposé est novateur : il regroupe plusieurs techniques d'échantillonnage employées dans d'autres études mais dans des situations différentes. De ce fait, et étant donné les contraintes citées précédemment, il s'est révélé nécessaire de le tester préalablement à son application directe sur l'ensemble des sites. Cette phase test a été mise en place sur un site supposé représentatif, plus tôt en saison par rapport à la période d'échantillonnage à proprement parler, et a permis d'estimer l'efficacité du protocole et de l'ajuster en fonction des difficultés rencontrées.

II.3.1 Le choix d'un site « représentatif »

Le site retenu pour la phase test est le plan d'eau de Champmorin situé sur la commune de Balloy. De par sa diversité en habitats, il a été supposé qu'il regroupait une diversité de caractères suffisamment importante pour être représentatif de l'ensemble des 12 sites.

II.3.2 Détermination de la zone échantillonnée

Dans le but d'obtenir une courbe d'accumulation du nombre de taxons en fonction du nombre de pièges et de pouvoir définir si 5 points sont suffisants pour contacter une certaine proportion des taxons présents, il a été décidé de poser le plus de pièges possible sur ce site. Douze points (maximum imposé par les contraintes matérielles et temporelles) ont donc été disposés selon le protocole de placement décrit précédemment (§II.2.1) : 1/5 du plan d'eau est prospecté par 12 points, soit une distance inter point de 1/55 du périmètre du plan d'eau.

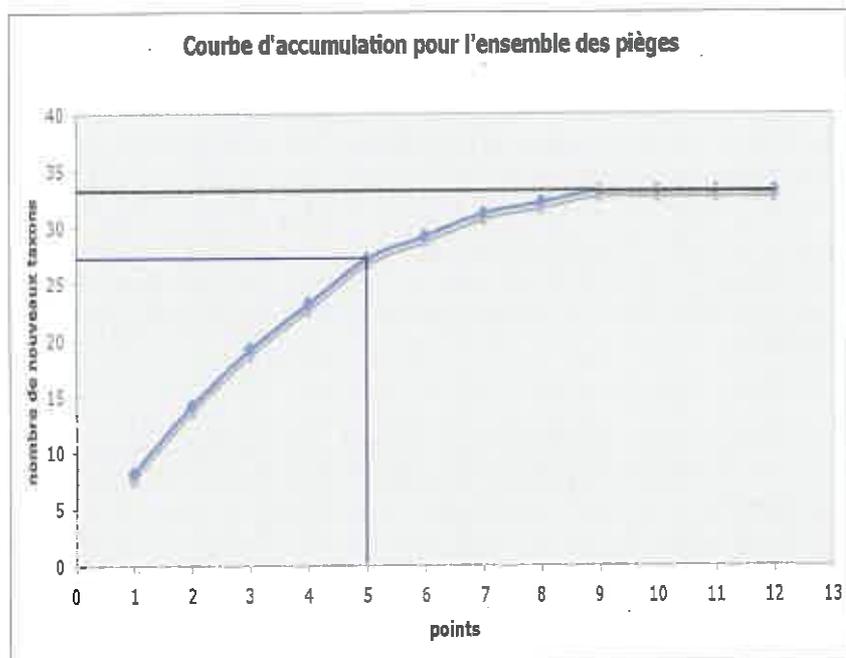
II.3.3 Techniques et périodes d'échantillonnage

L'intérêt étant de pouvoir les tester et éventuellement les améliorer par la suite, les techniques d'échantillonnage utilisées sont celles présentées au §II.2.2. Les individus récoltés sont individualisés non seulement par point mais également par type de piège pour pouvoir évaluer les éventuelles différences d'efficacité de ces derniers. Cette phase a eu lieu à la mi-avril : les pièges sont posés le 14, les bouteilles sont relevées le 16 et l'ensemble du piège est récupéré deux semaines après la pose (29 avril). Cette phase prenant place plus tôt en saison, les taxons collectés ne seront pas forcément les mêmes que ceux qui seront contactés lors de la phase en conditions réelles (en raison des différentes périodes d'émergence). Cependant, on suppose qu'elle constitue une bonne représentation de ce qu'il pourrait arriver par la suite et elle permet, quoiqu'il en soit, de mettre en évidence les différentes failles et problèmes de la mise en place du protocole.

II.3.4 Résultats de la phase test

Après récolte et détermination des échantillons, il a été possible de tracer une courbe d'accumulation du nombre de nouveaux taxons en fonction du nombre de points.

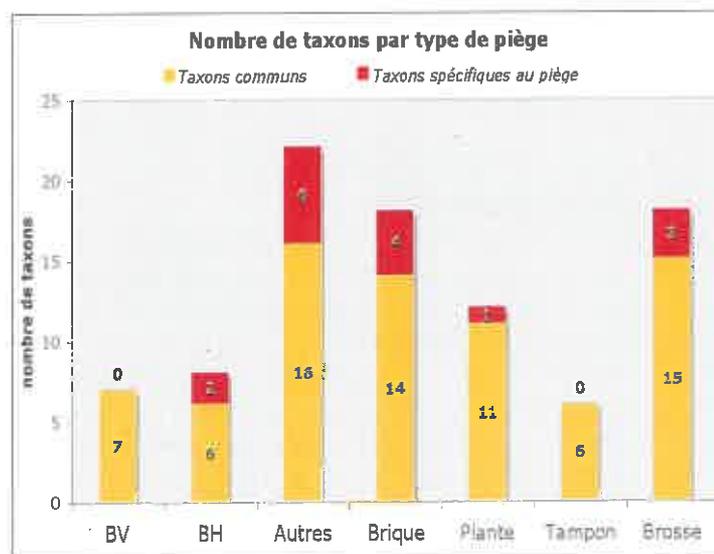
⁶ Grossissement maximum 45x



Graphique 1 : Courbe d'accumulation des taxons obtenue après la phase test

Cette courbe permet d'observer un plateau de saturation à 33 taxons au bout de 9 points d'échantillonnage et on constate que 27 taxons sont obtenus pour 5 points, soit 80% de l'ensemble des taxons détectés. De ce fait, ces 5 points d'échantillonnage sont considérés comme satisfaisants pour l'étude (Scher, Kerbiriou, *com. pers.*).

D'autre part, cette phase a permis de mettre en évidence les différences d'attractivité des pièges. En effet, certains types se sont révélés beaucoup moins attractifs que d'autres (moins de taxons) et d'autres sont apparus très spécifiques à certaines espèces.

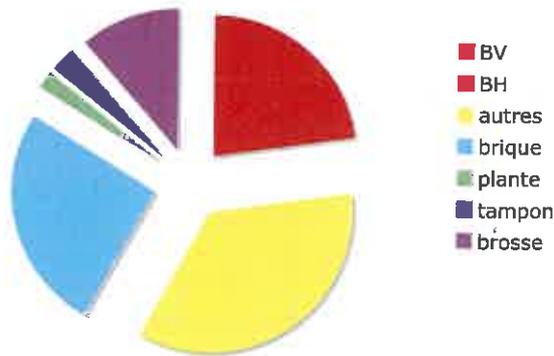


Graphique 2 : Nombre de taxons communs et spécifiques par type de piège

Ce résultat permet de mettre en évidence l'importance de la récolte des individus sur le piquet et l'utilisation de la bourriche (catégorie autres) qui limitent la perte d'individus et permettent de récupérer des taxons absents des pièges.

De plus, cette attractivité est notamment dépendante de l'activité et de la répartition des taxons au sein de la colonne d'eau et des divers habitats. Quelques exemples sont présentés ici :

Répartition de Cloeon par type de piège



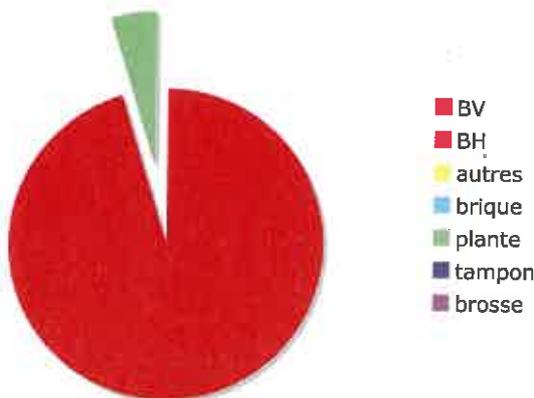
Cloeon est un genre d'éphémère. Ce taxon est trouvé dans presque tous les types de pièges, excepté la bouteille horizontale (BH). La bouteille verticale peut s'apparenter dans ce cas à un piège d'émergence car il capture les éphémères qui remontent à la surface pour émerger.

Répartition de Galba truncatula par type de piège



Galba truncatula est un gastéropode. Il a été contacté uniquement sur les substrats artificiels, ce qui semble cohérent étant donné que c'est un mollusque (taxon benthique et non pélagique).

Répartition de Haliphus par type de piège



Haliphus est un coléoptère trouvé lors de cette phase à l'état adulte. Il a été collecté, ici, principalement dans les bouteilles verticales et en moindre proportion sur la plante artificielle. Il apparaît donc que c'est un taxon mobile dans la colonne d'eau.

Graphiques 3 : Exemples de répartition de trois taxons par types de pièges

II.3.5 Modifications induites après cette première phase

Lors de la phase test à Balloy, différentes contraintes et difficultés sont apparues, notamment en ce qui concerne la phase de relevé des pièges et de récolte des échantillons. Cette phase a donc été très bénéfique car elle a permis de réajuster le protocole et de pointer des détails qui n'avaient pas été envisagés auparavant.

	Problèmes	Solutions
Installation des pièges	Accessibilité du site avec du matériel encombrant	Utilisation d'une barque ou d'un 4x4
	Impossibilité d'être seul	Terrain à 2 : sécurité, rapidité, efficacité
	Perte de certains substrats (rare mais problématique)	Consolidation des plantes, amélioration des systèmes d'attache
	Bulle d'air lors de l'installation des bouteilles	Perçage de trous dans le fond
Récolte	Fixation du grillage non résistante aux UV	Modification du système d'attache
	Capture d'écrevisses adultes par les briques	Choix de briques plus petites
Tri	Tri long et fastidieux	Réduction du temps de tri sur place, récolte directe des substrats
Détermination	Succès élevé des pièges : nombre important d'individus à déterminer	Sélection de certains pièges à envisager

Tableau 1 : Problèmes rencontrés lors de la phase test et solutions qui y ont été apportées

La récolte des individus sur chaque substrat étant très longue et fastidieuse, il a été décidé d'utiliser pour les sessions suivantes des sacs remplis d'alcool pour ramener l'ensemble des substrats au local de l'association et diminuer le temps de tri passé sur le terrain.

À la suite de cette phase test le protocole de relevé des piquets a donc été adapté et consiste à :

- Récolter les exuvies du grillage et décrocher celui-ci
- Sortir l'ensemble du piège de l'eau grâce à la bourriche
- Inspecter le piquet pour récolter les éventuels individus disposés dessus
- Décrocher chaque substrat et les placer dans un sac rempli d'alcool à 70°
- Inspecter la bourriche et récolter les individus s'y trouvant
- Sortir la brique de l'eau à l'aide du troubleau, la rincer au dessus d'un seau puis en mettre le contenu dans le sac et inspecter le troubleau

PARTIE III. RESULTATS DE LA PHASE EN CONDITIONS REELLES⁷

Les résultats obtenus dans cette étude ne représentent qu'une première année de suivi. Leur interprétation est donc à relativiser, ce type de suivi nécessitant plusieurs années de relevés afin de gommer les différents effets des paramètres extérieurs.

Par manque de temps, il a été impossible de traiter les exuvies d'odonates récoltées sur le grillage (trop nombreuses, ce qui nécessite de diminuer le temps d'exposition du grillage). Les résultats portent donc uniquement sur les invertébrés récoltés dans les pièges subaquatiques.

III.1. Comparaison des caractéristiques intrinsèques des sites

III.1.1 Richesse en taxons

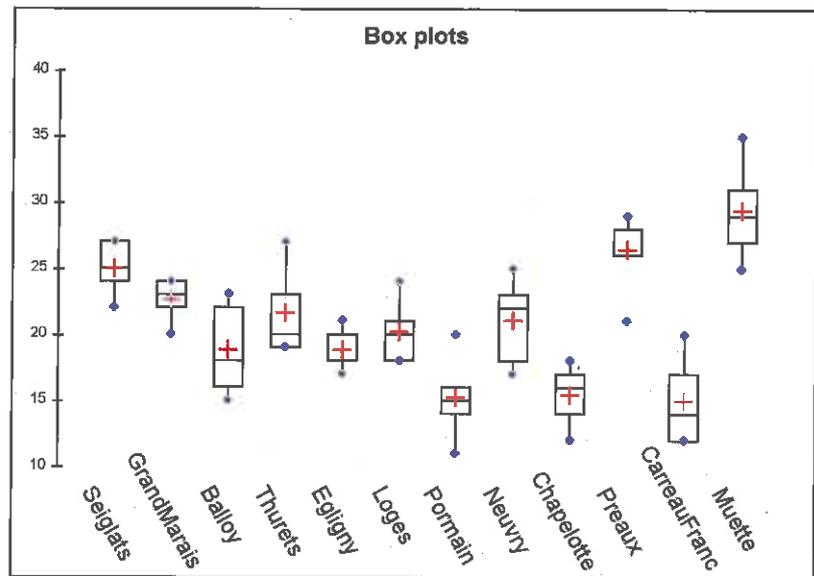
96 taxons ont été collectés au total (cf. annexe). Afin d'avoir une vision concrète de la richesse de chaque site, un premier tableau présente le nombre de taxons collectés et son pourcentage par rapport au total (tableau 2).

⁷ L'ensemble des analyses statistiques est effectué avec le logiciel XLStats 2008. Le seuil de significativité est de 5%.

Les moyennes du nombre de taxons sur les cinq points ont également été calculées pour chaque site (graphique 3) et comparées entre elles par un test de Kruskal-Wallis⁸ pour déterminer s'il existait une différence entre les sites. Le test a montré qu'elles sont **significativement différentes** (p-value <0,0001).

	Nombre de taxons	% des taxons totaux
Chapelotte	27	28%
Pormain	28	29%
CarreauFranc	29	30%
Egigny	32	33%
Thurets	34	35%
Balloy	36	37%
GrandMarais	37	39%
Loges	37	39%
Neuvry	38	40%
Seiglats	43	45%
Préaux	46	48%
Muette	48	50%

Tableau 2 : Nombre et pourcentage de taxons par rapport au total pour chaque site



Graphique 4 : Richesses moyennes en taxons des différents sites. Les croix rouges représentent les moyennes calculées sur les 5 points, les points bleus les points extrêmes et les limites des « moustaches » sont celles au-delà desquelles on considère que les valeurs sont anormales.

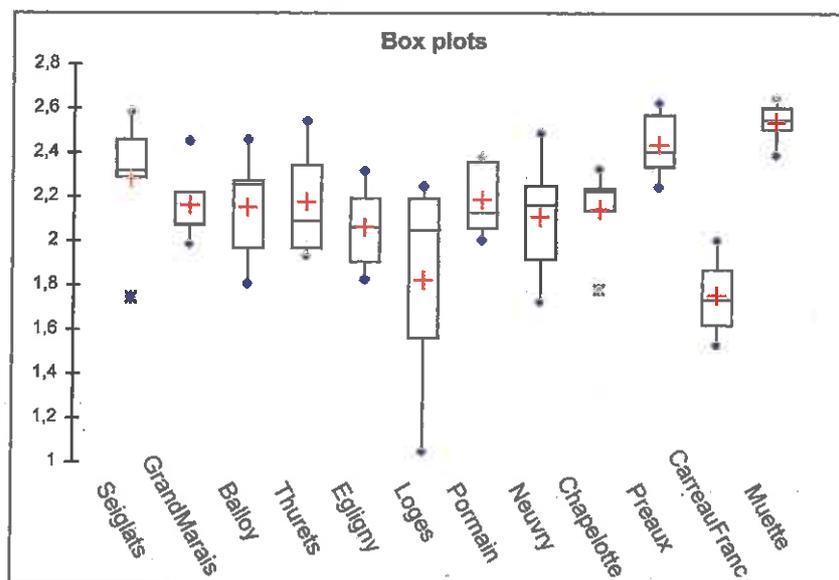
On constate que la Muette, les Préaux et les Seiglats sont les sites les plus riches, le Carreau Franc, Pormain et la Chapelotte les plus pauvres.

III.1.2 Diversité

La diversité des sites (répartition des individus parmi les taxons) a été estimée (graphique 4), quant à elle, par le biais de l'indice de Shannon :

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

avec p_i la proportion d'individus du taxon i par rapport au nombre total d'individus.



Graphique 5 : Indice de Shannon des différents sites

⁸ Test non paramétrique lié au faible nombre d'échantillons.

Un test de *Kruskal-Wallis* a également montré une différence significative entre les sites ($p\text{-value}=0,003$). Cet indice fait, à nouveau, ressortir la Muette, les Préaux et les Seiglats. Cependant, ce sont, cette fois, les Loges et le Carreau Franc les moins diversifiés, tandis que Pormain et la Chapelotte ont un indice plutôt moyen.

Le graphique permet de mettre en évidence la **forte variabilité intrasite** (longueur des moustaches impliquant des différences importantes entre les points) de certains sites (Seiglats, les Loges, Neuvry) par rapport aux autres. Toutefois, l'échelle géographique réduite implique une auto-corrélation des taxons (peuplements très similaires sur un même site) (Scher, com. pers.) qui rend impossible l'exploitation de cette variabilité.

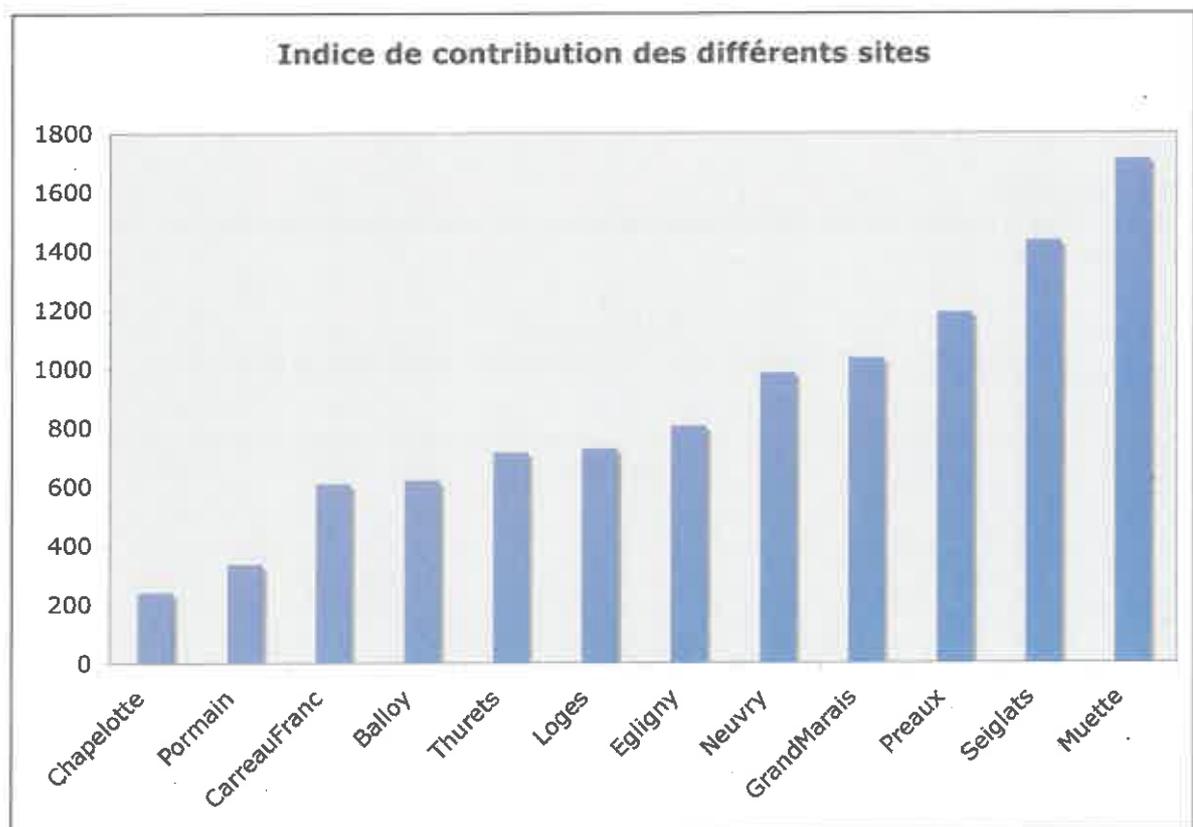
III.2. Comparaison de la participation des sites à la biodiversité de l'ensemble

III.2.1 Contribution

Un *indice de contribution* (Zucca, 2006) a été calculé pour chaque site (graphique 5) afin de mettre en évidence **ceux qui contribuent le plus à la biodiversité** observée sur l'ensemble des 12 plans d'eau. Il permet ainsi de considérer les sites non plus comme des entités indépendantes mais comme des parties d'un ensemble. Pour chaque taxon, il pondère le nombre d'individus du site par rapport au nombre total d'individus présents sur l'ensemble des sites. L'indice d'un site découle de la somme obtenue pour chaque taxon :

$$C_j = \sum k_i n_{ij}$$

$k_i = (1/n_i) * 100$, coefficient d'abondance relative du taxon i sur l'ensemble des sites, avec n_i le nombre total d'individus du taxon i sur les 12 sites. n_{ij} le nombre d'individus du taxon i sur le site j .



Graphique 6 : Indice de contribution (somme pour tous les taxons) des différents sites

Cet indice est d'autant plus élevé que la contribution du site à la biodiversité totale des plans d'eau est grande. Il met en évidence la forte contribution de la Muette, des Seiglats et des Préaux, tandis que Pormain et la Chapelotte contribuent beaucoup moins à la présence des taxons.

III.2.2 Originalité des sites

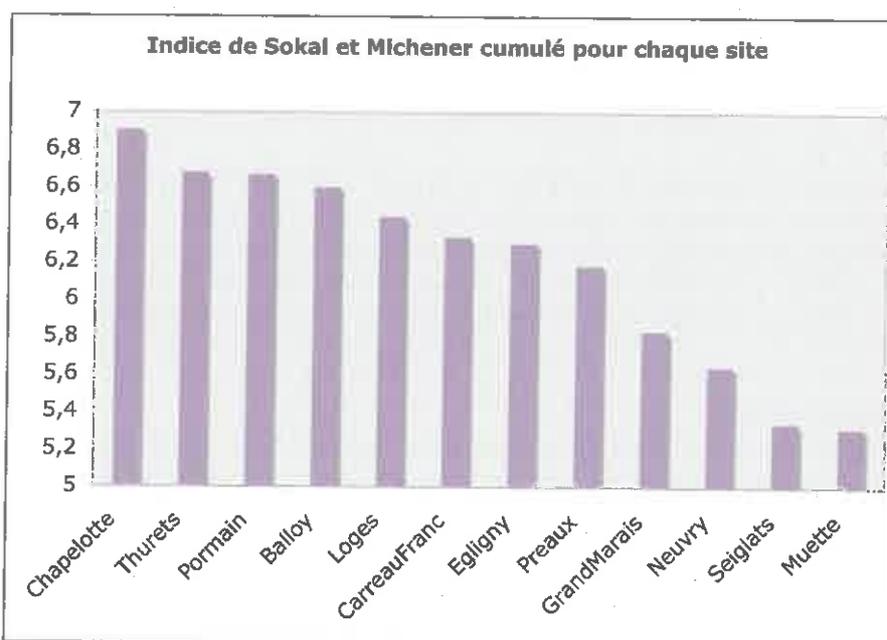
La **dissimilarité entre les sites** a été évaluée grâce à l'*indice de Sokal et Michener* (Sokal & Michener, 1958) qui compare les peuplements des sites deux à deux pour faire ressortir leur originalité vis-à-vis des autres (graphique 6). Il considère à nouveau le site comme faisant partie de l'ensemble en prenant en compte l'ensemble des taxons qu'il est possible de trouver sur les 12 sites :

$$Q = a + d / [a + d + 2*(b + c)]$$

a est le nombre de taxons communs aux deux sites, **d** le nombre de taxons absents des deux sites (et qui peuvent donc être présents sur les autres), **b** le nombre de taxons uniquement sur le site 1 et **c** uniquement sur le site 2.

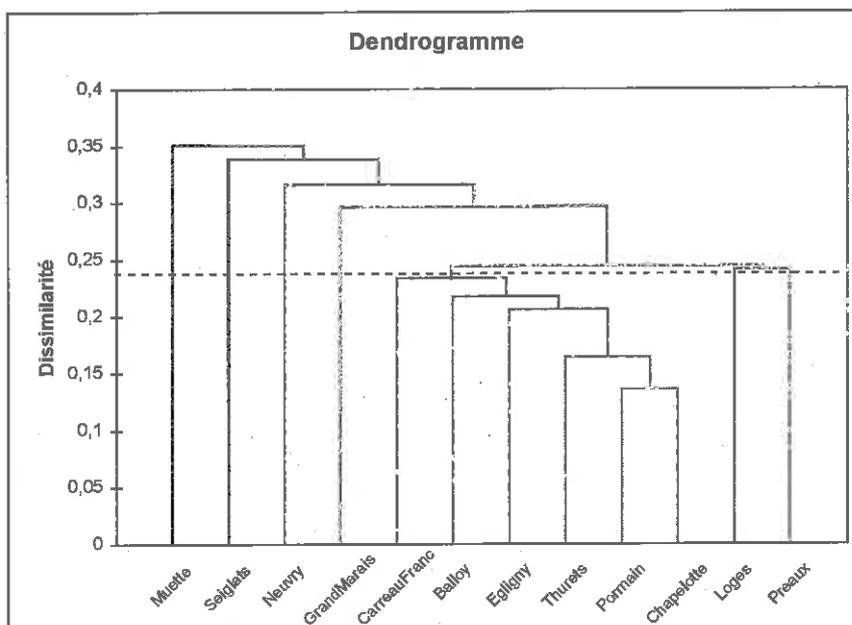
Pour chaque site, la somme des indices obtenus par comparaison avec les 11 autres permet d'obtenir une idée de l'originalité totale du site par rapport à l'ensemble. **Plus cette somme est élevée, plus le site est similaire aux autres de par son peuplement** ; inversement, plus elle est faible, plus le site est original, différent des autres dans sa composition.

L'indice de Sokal et Michener est préféré à celui de Sørensen utilisé par Scher (2005) car il permet de limiter les effets des sites pauvres en taxons. En effet, il limite le gain d'originalité suite à la perte d'un taxon (Zucca, 2006).



Graphique 7 : Indice de Sokal et Michener cumulé (somme de la comparaison avec les 11 autres) pour les différents sites

Une *Classification Ascendante Hiérarchique* (CAH) basée sur cet indice permet ensuite d'en obtenir une représentation graphique (dendrogramme, graphique 7) mettant en évidence les **regroupements de sites basés sur la similarité des peuplements**.



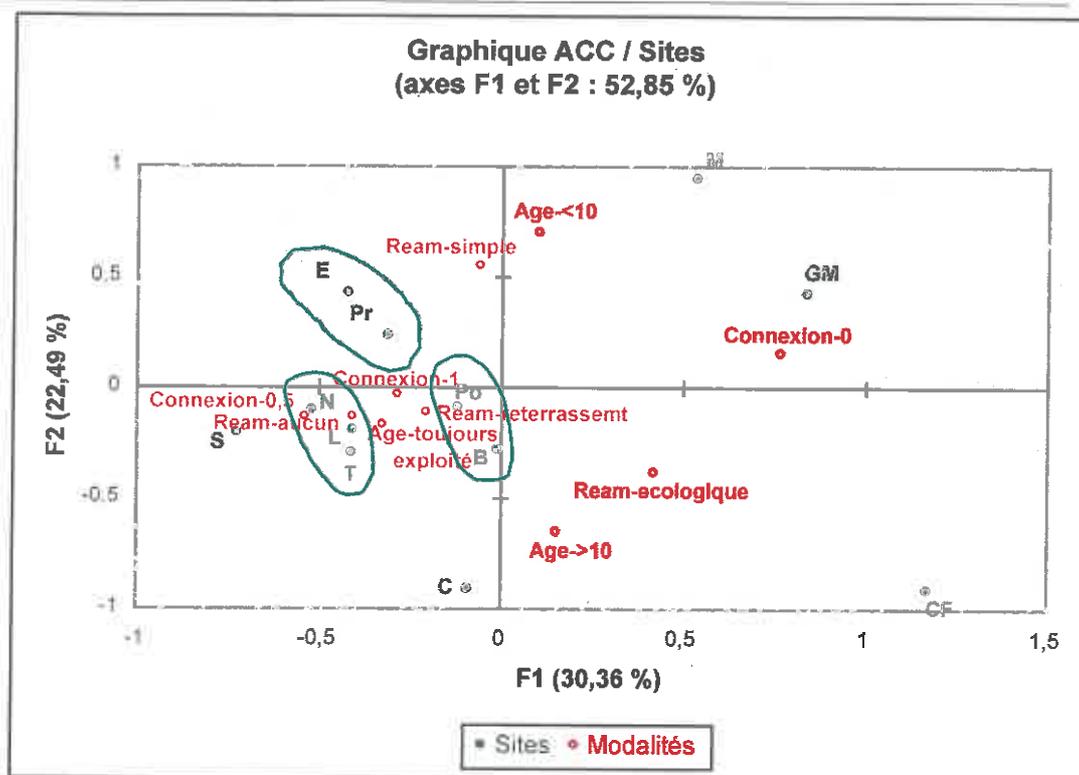
Graphique 8 : Dendrogramme de regroupement des sites

Ces analyses indiquent que la Muette, les Seiglats, Neuvry et le Grand Marais sortent nettement du lot avec des peuplements plutôt originaux par rapport aux autres et que les Loges et les Préaux possèdent des peuplements faunistiques plus proches entre eux qu'ils ne le sont des autres. La ligne pointillée correspond à la troncature : elle permet d'identifier le ou les groupes homogènes, ici constitué du Carreau-Franc, de Balloy, Égigny, les Thurets, Pormain et la Chapelotte, dont les peuplements sont, semble-t-il, assez proches.

III.3. Analyses exploratoires

Rappelons que le but de cette étude est d'essayer de relier la présence de taxons aquatiques à des paramètres physiques ou écologiques caractérisant les carrières. Il est également à noter que, bien qu'on ait pu observer une variabilité intrasite importante dans certains cas, cette dernière ne pourra être exploitée en raison de la forte auto-corrélation entre les taxons au sein d'un même site. Il est donc impossible d'étudier les paramètres qui interviennent à l'échelle du point et il est nécessaire de ne se pencher que sur les caractéristiques du site pris dans sa globalité (âge, surface, linéaire de berges, sinuosité, type de réaménagement et connexion hydraulique).

Dans cette optique, une *Analyse Canonique des Correspondances* a été effectuée pour mettre en évidence des tendances d'influences de ces paramètres sur les sites à travers leurs communautés aquatiques (graphique 9).



Graphique 9 : Représentation des 2 premiers axes de l'ACC obtenue avec les paramètres qualitatifs (âge, réaménagement et connexion).

En ce qui concerne le graphe 9, l'ACC permet de repérer des **premières tendances**. Les variations des sites sur l'axe F1 sont principalement liées à l'absence ou la présence de connexion ainsi qu'à l'absence de réaménagement ou à un réaménagement de type écologique. F2 permet, quant à lui, d'expliquer des variations par rapport à l'âge (< et > à 10 ans) et au réaménagement (simple et écologique). Cinq sites semblent très bien ressortir car ils sont bien isolés par rapport aux autres : la Muette (M), les Seiglats (S), la Chapelotte (C), le Grand Marais (GM) et le Carreau Franc (CF). Le site des Seiglats semble être plus influencé par son absence de réaménagement ou sa connexion que par son âge. La Chapelotte, quant à elle, ne semble pas être influencée par son réaménagement simple mais plutôt par son âge élevé. Le Grand Marais paraît plus touché par sa connexion et son âge que par son réaménagement écologique. La Muette et le Carreau Franc sont bien influencés par les trois modalités qui les caractérisent. Ensuite trois groupes se dessinent : Égligny (E) et Préaux (Pr) dont les connexions, le réaménagement simple et l'âge paraissent être influents, Neuvry (N), les Loges (L) et Thurets (T) qui sont très hétérogènes et dont les influences sont difficiles à interpréter et enfin Pormain (Po) et Balloy (B) qui sont très proches du centre et dont les influences sont également ambiguës.

Des ANOVAs ont ensuite été effectuées pour vérifier si les tendances observées grâce à ces ACC pouvaient être interprétées comme des influences sur les indices calculés précédemment (richesse, diversité via Shannon, contribution, originalité via Sokal et Michener). Elles mettent en évidence que seules la richesse et la contribution subissent un impact significatif de la part de certains paramètres. Ainsi, les modalités « aucun réaménagement » et « réaménagement simple » montrent une relation positive avec les deux indices, tandis que les réaménagements écologiques ou les reterrassements ultérieurs n'ont pas d'impact significatif. L'âge > à 10 ans présente une relation négative avec ces deux indices et l'absence de connexion (connexion 0) semble avoir un impact positif sur la contribution (c'est aussi le cas, avec la connexion 0,5, au seuil 0,1 pour la richesse).

Les analyses des paramètres quantitatifs n'ont pas permis de déterminer des influences probantes, les corrélations entre ces paramètres et les indices se sont toutes révélées non significatives.

III.4. Premières idées sur les communautés caractéristiques des sites

À long terme, le programme ROSELIÈRE vise à essayer de définir l'effet du réaménagement, de la gestion et de l'environnement sur les groupes faunistiques et floristiques afin d'affiner les préconisations faites aux

carriers. Aussi, il faut, dans un premier temps, tenter **d'identifier les communautés représentatives** des différents paramètres relevés (type de réaménagement, taille du plan d'eau...). Cette tâche est loin d'être évidente et une première idée de démarche va être présentée ici.

Le calcul d'un indice appelé *Valeur Indicatrice (INDVAL)* est utilisé pour **mettre en évidence les taxons qui ont été déterminants dans l'obtention du dendrogramme** (cf. graphique 7). Cette méthode simple et originale, développée par Dufrene et Legendre (1997), se base sur une classification⁹ préétablie des sites et fait ressortir les assemblages de taxons qui ont permis de différencier les groupes obtenus. Il utilise uniquement l'abondance et la comparaison de l'occurrence des taxons et est calculé ainsi :

$$INDVAL_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100$$

A_{ij} = spécificité du taxon, effectif moyen d'individus du taxon i dans le groupe j / somme des effectifs moyens d'individus du taxon i dans tous les groupes

B_{ij} = fidélité du taxon, nombre de sites du groupe j où i est présent / nombre total de sites dans le groupe j

A_{ij} et B_{ij} sont multipliés entre eux car ce sont deux informations indépendantes sur la distribution du taxon. La multiplication par 100 permet d'obtenir un pourcentage.

Le dendrogramme a permis de différencier 7 groupes de sites, les 6 premiers étant composés d'un site unique et le 7^{ème} des 6 sites restants. L'indice est calculé pour chaque nœud, en utilisant les groupes des deux branches divisées par ce nœud, la valeur ainsi obtenue pour chaque taxon indique si celui-ci a été déterminant pour séparer les deux branches. Seules les valeurs de l'indice supérieures à 25 % sont conservées¹⁰ et la valeur la plus élevée pour un taxon est celle qui correspond au nœud où ce taxon a été le plus déterminant. L'indice est maximum (100%) lorsque tous les individus du taxon sont observés sur tous les sites d'un seul groupe.

On obtient ainsi des listes de taxons caractéristiques¹¹ de chaque groupe qu'il serait intéressant de pouvoir relier aux paramètres physiques et écologiques relevés. Toutefois, il est hasardeux d'effectuer cette analyse avec une seule session de résultats d'autant que l'ACC précédente n'est pas aisément interprétable. Aussi, il paraît risqué d'essayer de croiser les taxons avec les paramètres. Cependant, l'accumulation de données sur plusieurs années permettra d'affiner cette analyse.

La démarche est tout de même présentée à l'aide du tableau et du graphique ci-après.

⁹ Les auteurs utilisent la méthode des k-means mais la classification ascendante hiérarchique a été conservée ici

¹⁰ Cette valeur suppose qu'une espèce caractéristique d'un groupe est présente pour au moins 50% dans ce groupe et que son abondance relative y atteint au moins 50% (Dufrene et Legendre, 1997).

¹¹ Taxons trouvés principalement dans ce seul groupe et présents majoritairement dans les sites appartenant à ce groupe

Nœud 1, Muette		Nœud 2, Seiglats		Nœud 3, Neuvry		Nœud 4, GrandMarais		Nœud 5, Groupe homogène		Nœud 6, Loges		Nœud 6, Préaux	
Adicel	33	Acrolo	100	Aseaqu	55	Allpal	74	Argulu	33	Athrip	100	Allpal	80
Aesmix	100	Adicel	100	Athrip	42	Borver	88	Caenis	49	Cerato	95	Aseaqu	62
Agrypn	100	Agabus	100	Bithyn	49	Caenis	57	Cerato	30	Chavir	100	Batpal	100
Cerato	36	Aseaqu	25	Corix	35	Cloeon	70	Coraen	33	Chiron	66	Borver	100
Chaobo	50	Bryele	100	Croery	100	Corixa	75	Corix	78	Cyrnus	50	Caenis	89
Chavir	71	Corbic	35	Cyrnus	87	Dryops	86	Ecnomu	32	Dugesi	91	Chaobo	100
Cloeon	53	Drepol	53	Dugesi	47	Gerris	75	Eryvir	25	Erylin	67	Cloeon	100
Dugesi	25	Ferris	50	Ecnomu	59	Glossi	94	Gerris	33	Helsta	60	Corbic	100
Enacya	29	Galtru	79	Enacya	27	HalipL	75	Iscele	34	Hydrov	100	Corix	83
Erobal	33	Glosso	100	Ephem	43	Helsta	58	MicronA	53	IlycimA	100	Crambi	100
Erylin	28	Hemmar	75	Erobal	100	Hydrac	42	MicronL	33	MicronA	74	Cyrnus	50
HaliplA	25	LaccopA	60	Grapho	100	HygtarA	100	Orthoc	62	Mystac	100	Drepol	60
HalipL	46	Litnat	100	HalipL	43	HygtarL	100	Orthot	28	Orthoc	50	Ecnomu	93
Helsta	30	MicronA	43	Lepto	97	IlycimL	95	Physa	29	Pisgeo	56	Enacya	97
Hyphyd	100	MicronL	95	NotoneA	100	LaccopA	100	Pisidi	58	Planor	100	Ephem	67
IlycimA	50	Orclim	47	NotoneL	100	LaccopL	82	Sigara	33	Riolus	100	Eryvir	93
Lepto	94	Orthot	31	Symfon	33	Oeceti	100	Stagni	33	Sialis	83	Ferris	100
MicronL	38	Pisgeo	34	Symstr	75	Orthoc	36	Symstr	33	Sigara	50	Galtru	86
Mystac	69	Pisidi	48	Tipuli	50	Physa	47	Tanypo	35	Tipuli	100	Gammar	95
NotoneL	50	Plator	100	Valvat	88	Plelea	100	Valvat	33			Glossi	100
Oeceti	71	Polyce	100	YolbicA	100	Radix	39					HaliplA	70
PeltodA	100	Radix	28			Sigara	45					Hipcom	100
Physa	25	Valvat	56			Symfon	100					Hydrac	66
Pisidi	77											Iscele	100
Placor	58											Orclim	100
Psepen	46											Orthoc	50
Sialis	71											Orthot	100
Sticto	100											Oxyeth	93
Symfon	40											PeltodL	100
Symstr	75											Physa	84
												Pisidi	100
												Placor	95
												Potant	100
												Psepen	100
												Radix	74
												Sigara	50
												Sphaer	100
												Tanypo	51

Tableau 3 : Résultats des valeurs indicatrices.

Les codes correspondent à ceux présentés dans le tableau des taxons (cf. annexe). Les valeurs en gras sont les valeurs indicatrices maximales pour le taxon, celles en bleu sont des exemples de celles qu'on retrouve sur l'ACC en liaison avec le site auquel elles correspondent (cf. graphique ci-après).

	Par site	sur 12 sites
Préparation des pièges	1h	2 jours
Pose des pièges	2h	2 jours
Relève des bouteilles	1h30	1 jour et demi
Relève des substrats	2h	3 jours
Tri sacs substrats	2h30	3 jours
Détermination	3 à 4 jours	30 jours

Tableau 4 : Temps moyen estimé pour application du protocole par site et sur 12 sites

La **richesse taxonomique** et l'**indice de Shannon** ont permis de comparer les peuplements d'invertébrés aquatiques de chaque site pris séparément, pour les comparer intrinsèquement plutôt que dans leur ensemble. Ils sont une **représentation de la biodiversité** des sites mais ne constituent pas une évaluation exhaustive de leur qualité écologique, cette dernière étant beaucoup plus complexe à appréhender. Par exemple, une diversité élevée n'est pas nécessairement synonyme d'une forte valeur écologique d'après Dufrêne et Legendre (1997). En effet, ces auteurs considèrent que la diversité est un indice contestable dans le cas d'habitats à productivité très différente et que la protection de sites à diversité élevée ne garantit pas la conservation d'espèces rares ou restreintes spatialement. De plus, la **méconnaissance des statuts de rareté** de la plupart des taxons collectés, par absence de prospection (en dehors des odonates), rend impossible l'évaluation d'une quelconque valeur de conservation des différents sites comme il a pu être fait dans l'étude PLOCH (Oertli et al., 2000). Aussi, l'utilisation d'indices de richesse et de diversité n'est pas une fin en soit mais peut être complémentaire à l'étude des assemblages de taxons en liaison avec les facteurs écologiques.

En ce qui concerne les **indices de contribution** et de **Sokal et Michener**, sont-ils une bonne façon d'estimer la qualité respective des plans d'eau pris dans un ensemble en matière de biodiversité ? Étant donné les taxons étudiés, l'état des connaissances actuelles sur ce type de milieux et les contraintes matérielles et temporelles liées à cette étude, il a semblé que ces indices étaient, non pas une façon de juger si un site était concrètement plus favorable qu'un autre, mais tout du moins permettaient de comparer les sites entre eux sur des bases communes et d'**estimer leur implication dans la biodiversité de l'ensemble étudié**.

Les **taxons** ont été étudiés dans leur ensemble et non séparés par groupe taxonomique. Des tentatives d'ACC par groupe ont montré une inertie insuffisante pour exploiter les résultats. Cette étude par groupe pourrait, toutefois, se révéler plus pertinente avec l'accumulation de résultats.

IV.2. Comparaison des sites

Le calcul des différents indices fait ressortir, à chaque fois, **des classements proches** : la Muette, les Seiglats, les Préaux sont toujours placés dans les premiers, Neuvry et le Grand Marais dans une moindre mesure sont également bien « classés ». La Chapelotte, Pormain et le Carreau Franc, quant à eux, sont généralement dans les derniers. Toutefois il est intéressant de détailler un peu plus ces résultats car ils sont assez variables selon les indices.

La Muette est le « meilleur » site dans tous les cas. Le site des Seiglats est toujours bien placé (2^{ème} ou 3^{ème}), de même pour les Préaux qui a cependant un peuplement moyennement original. Le Grand Marais est bon à moyen (en général 4^{ème}). Neuvry est moyen sauf pour son originalité et sa contribution où il est mieux classé. Ensuite les sites sont assez moyens dans tous les indices mais certains ressortent pour un paramètre : le site des Thurets a une richesse tout de même assez élevée, Égligny, les Loges (avec une diversité particulièrement faible) et Balloy sont moyens partout, le Carreau Franc est faible dans tous les cas mais a une originalité moyenne et enfin, Pormain et la Chapelotte sont des sites pauvres, peu originaux et contribuant peu mais sont assez diversifiés. Il y a donc des sites qui, lorsqu'on s'intéresse à leurs peuplements à proprement parler, ne sont pas les plus riches ni les plus diversifiés mais contribuent

fortement à la biodiversité de l'ensemble des 12 sites ou ont des peuplements assez originaux par rapport aux autres. D'autre part, certains sites ne sont pas forcément intéressants pour cette biodiversité plus générale mais ont des peuplements assez riches et diversifiés.

Ces résultats sont intéressants mais les indices sont difficiles à intégrer les uns par rapport aux autres, il faudrait pouvoir trouver un moyen de les regrouper, éventuellement sous la forme d'un dernier **indice synthétique**.

Ces **constatations** sont assez **inattendues** par rapport aux résultats obtenus avec le projet ROSELIÈRE terrestre (Zucca, 2006) et par rapport à ce qu'on aurait pu supposer empiriquement. En effet, la Mulette, les Seiglats et les Préaux sont des sites « simples » sans réaménagement particulier, avec des berges plutôt abruptes à moyennes. D'autre part, Neuvry et le Grand Marais ont fait l'objet d'un réaménagement écologique et possèdent des berges douces avec des prairies et/ou roselières ; cependant c'est également le cas de Pormain qui est souvent dans les derniers...

Le dendrogramme a permis de rapprocher le plan d'eau des Loges de celui des Préaux, ce qui paraît cohérent du point de vue morphologique, ces deux sites présentant tous deux des berges abruptes bordées de boisements. Ils sont à peu près du même « âge » (1998 et 2002 respectivement) et ont tous les deux subi un réaménagement très simple (reterrassment ultérieur). Ils sont tout de même bien différents sur d'autres points : l'un est connecté à l'Yonne, l'autre non, la surface et la sinuosité sont très différentes. Le groupe « homogène » en ce qui concerne le peuplement est, quant à lui, extrêmement hétéroclite : il contient 6 plans d'eau d'âges et de morphologies variés, à réaménagement simple ou écologique et plus ou moins connectés. Leurs berges sont, le plus souvent, douces et bordées de prairies (sauf pour Égligny).

Il est donc particulièrement difficile, à partir de ces premières constatations, de déterminer quels paramètres influent sur les communautés aquatiques de ces plans d'eau.

La comparaison des indices de contribution et de Sokal et Michener calculés uniquement pour les larves d'odonates avec ceux obtenus pour les adultes à la suite de la première phase du projet ROSELIÈRE (Zucca, 2006) permet de démontrer que les sites ne sont pas du tout classés de la même façon. Par conséquent, il semblerait qu'il existe une réelle différence entre les populations de ces deux stades. En effet, il est probable que les différences observées soient dues au fait que des individus viennent sur ces sites pour chasser sans forcément s'y reproduire. Toutefois, les résultats ne seront pas plus détaillés ici, les techniques d'échantillonnage étant totalement différentes pour les deux stades et les périodes pouvant ne pas correspondre aux mêmes espèces.

IV.3. Premières interprétations liées à l'ACC et aux ANOVA

L'ACC permet de montrer qu'il existe des **influences variables des différents paramètres sur les communautés des différents sites**. Cette analyse n'est pas à prendre comme un résultat brut mais permet de faire ressortir quelles sont les tendances majeures qui ont été analysées plus amplement grâce aux ANOVAs. Elle permet également de distinguer quels paramètres influent le plus sur les communautés des sites et, par conséquent, ceux sur lesquels il faut s'orienter pour l'interprétation des résultats. **L'absence de corrélation entre les paramètres quantitatifs** (surface, linéaire de berges et sinuosité) **et les indices** pouvait être attendue. En effet, Oertli et al. (2002) ont démontré qu'il n'existait pas de corrélation significative entre la surface de 80 mares et la richesse aquatique totale (gastéropodes, odonates, bivalves sphaeriidae, coléoptères et amphibiens). Une corrélation significative positive existait cependant pour les gastéropodes et les odonates. Il serait donc intéressant d'effectuer les analyses pour chaque groupe recensé et de voir si les conclusions obtenues sont similaires.

Les ANOVAs ont permis de mettre en évidence **la présence de relations entre les paramètres et la richesse et la contribution** qui peuvent être interprétées par différentes hypothèses qui découlent également des résultats de l'ACC.

L'absence de connexion et l'absence ou la simplicité du réaménagement semblent avoir un **effet plutôt favorable** sur les indices. Il semble envisageable que ces paramètres influent sur la qualité de l'eau. En effet, la présence d'une connexion à des eaux courantes de qualité plus ou moins bonne pourrait diminuer celle du

site (ce n'est cependant pas le cas pour les Préaux car ce site est connecté à un ruisseau dont la source est extrêmement proche) et par conséquent limiter le nombre de taxons en réduisant la quantité de taxons plus exigeants. D'autre part, l'absence de réaménagement ou un réaménagement simple laissent des berges sableuses et en général abruptes qui sont drainantes et permettent un **renouvellement rapide et régulier de l'eau de la nappe**. Cette situation contraste avec les réaménagements écologiques et les retrassements ultérieurs qui entraînent un colmatage des berges par des stériles ou de la terre végétale diminuant le renouvellement de l'eau et ainsi potentiellement leur caractère oligotrophe. D'autre part, le **jeune âge** paraît également favorable, un âge élevé ayant tendance à diminuer la richesse et la contribution. Ce résultat concorde avec l'hypothèse de Frochot (2000) selon laquelle les perturbations liées à la création d'une carrière entraînent, dans les premières années suivant la fin de l'exploitation, une forte colonisation et par conséquent des écosystèmes plus riches que ceux de sites plus âgés. De plus, les carrières anciennes sont également sujettes à un colmatage progressif par divers dépôts entraînant une déconnexion de la nappe. Malgré cela, les Seiglats, un des plus vieux sites de l'échantillon, est très bien placé. Or, l'ACC montre que, pour ce site, l'âge n'influe qu'en moindre proportion (cf. graphique 8). L'absence d'impact des paramètres sur l'indice de Shannon ou de Sokal et Michener montre que la diversité propre au site et l'originalité vis à vis de l'ensemble n'est apparemment pas influencée par ces critères mais doit dépendre d'autres paramètres non identifiés.

Ces premières interprétations sont celles qui semblent être les plus plausibles d'après cette première session. Cependant, les caractéristiques utilisées ici ne sont pas forcément les plus discriminantes, même si elles présentent un intérêt pour pouvoir conseiller les carriers. Les relevés de ces paramètres nécessitent d'être affinés et complétés par d'autres susceptibles d'être plus influents. Au vu de ces premiers résultats, il est possible d'imaginer que le **substrat**, par exemple, joue un rôle important sur les communautés aquatiques. De même pour le **milieu environnant** qui pourrait être déterminant en ce qui concerne la présence de certains taxons. En effet, les taxons aquatiques sont, pour beaucoup, de mauvais colonisateurs. Aussi, leur présence dans des milieux voisins pourrait permettre leur venue, l'apparition de la carrière entraînant de nouveaux territoires colonisables. Ce facteur contribuerait alors, par exemple, à l'explication de la « qualité » apparente des Seiglats et de la Muette (forte proximité d'éléments naturels très riches en biodiversité). Toutefois, l'hypothèse inverse est également possible, la multiplication des plans d'eau pouvant créer une sorte de phénomène de « dilution » ralentissant la colonisation des nouveaux sites et expliquant la faible richesse de sites proches de zones humides (exemple de Pormain). Enfin, une dernière hypothèse, observable pour d'autres groupes (oiseaux), est le potentiel rôle de milieu de substitution d'une carrière dans un environnement dégradé, attirant par conséquent la faune sur ce site.

La présence de poissons n'a pu être étudiée ici car, à l'heure actuelle, les échantillonnages des populations piscicoles ne peuvent s'effectuer que sur les sites en eau close, les sites connectés aux cours d'eau nécessitant de lourdes procédures administratives du fait du besoin d'utilisation d'engins professionnels. L'impact de ces prédateurs ne peut donc être évalué dans cette étude.

La piste de la **qualité de l'eau** n'a pu être approfondie ici car des analyses régulières sont actuellement effectuées mais un souci technique concernant le matériel de mesure a rendu impossible leur poursuite. D'autre part, le matériel utilisé ne permet certainement pas une mesure fine qui serait nécessaire entre les points. Quoiqu'il en soit, les variations de la majorité des paramètres entre les plans d'eau sont très faibles (eau provenant de la nappe). Les différences possibles seraient alors dues à la connexion, paramètre qui a été étudié ici mais qui pourrait être complété par des analyses plus précises. D'autre part, la conductivité semble assez différente selon les plans d'eau et il a déjà été démontré qu'elle pouvait influencer, dans certains cas (pollution par exemple), sur les communautés aquatiques (Scher, 2005), les relevés de ce paramètre pourraient donc être envisagés par la suite dans les analyses.

Il paraît donc indispensable **d'améliorer la description des habitats** et de mieux détailler les relevés de paramètres pour pouvoir obtenir des résultats plus probants. Le fait de poursuivre le suivi sur plusieurs années permettra également de gommer l'influence de paramètres extérieurs. L'application du protocole à un plus grand nombre de sites sera également favorable car elle permettra d'augmenter le nombre et la diversité des milieux prospectés.

IV.4. Résultats des valeurs indicatrices

Cette méthode est une première idée pour déterminer les communautés qui sont représentatives des différents plans d'eau (ou du moins de la zone échantillonnée). Il semble toutefois hasardeux de les interpréter ici étant

donné qu'il est déjà difficile d'analyser l'effet des paramètres sur les sites en général. Une meilleure compréhension des caractéristiques qui influencent l'ensemble des communautés des sites serait déjà un pas en avant dans la liaison des assemblages de taxons à des paramètres concrets. Un approfondissement des connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces serait également favorable à ce type d'analyses. Encore une fois, il est indispensable de compléter les résultats par d'autres sessions de suivi de manière à s'assurer que les assemblages obtenus ne sont pas dus au hasard de l'échantillonnage mais sont réellement représentatifs des plans d'eau.

Il a été vérifié sur l'ACC qualitative (cf. § III.4.) que les groupes de taxons qui ressortent pour les sites isolés sur le graphe appartiennent bien aux communautés obtenues avec la valeur indicatrice. La démarche semble être bonne et doit être poursuivie dans ce sens. D'autre part, en couplant les résultats obtenus avec l'ACC et ceux des communautés caractéristiques, on peut appréhender d'une certaine manière les liens potentiels qui existent entre les associations de taxons et les paramètres : les communautés représentatives des sites seraient également représentatives des paramètres qui sont les plus influents pour ces sites. Ces premières constatations n'ont pour l'instant rien de définitif mais indiquent la direction à prendre pour les analyses.

IV.5. Réflexions générales

Les deux phases du projet ROSELIÈRE sont certes très différentes mais permettent dans les deux cas une comparaison des sites entre eux. Les résultats auxquels elles aboutissent sont très dissimilaires : les différents groupes taxonomiques étudiés ne « classent » pas du tout les sites de la même façon. En effet, les plans d'eau se révèlent être plus ou moins favorables dans certains cas sans jamais être attrayants pour l'ensemble des groupes. Il est donc évident que l'évaluation de leur qualité est particulièrement ambiguë, l'obtention d'un site idéal pour l'ensemble des groupes étant difficile (les influences subies étant diverses), *a contrario* de ce qu'on pourrait attendre d'un écosystème naturel. Il est ainsi difficile de comparer les sites d'un point de vue global, car choisir quels groupes sont plus importants que les autres pour l'évaluation de la qualité écologique du plan d'eau relève de l'impossible. Un site favorable aux oiseaux mais qui l'est moins vis à vis des taxons aquatiques serait-il plus ou moins intéressant qu'un site dont les résultats aboutissent à la conclusion inverse ? Le décalage entre le nombre d'études existant pour les différents groupes ainsi qu'en ce qui concerne la connaissance de la biologie des espèces rend la tâche encore plus complexe (les oiseaux ou odonates adultes sont très étudiés, les taxons aquatiques beaucoup moins). L'idéal serait d'avoir une approche écosystémique en analysant les taxons comme un ensemble complexe de communautés qui interagissent les unes avec les autres. En attendant de pouvoir effectuer ce type d'analyses, un point de vue plus large que l'échelle du site amène à se poser d'autres questions : quel est l'objectif le plus intéressant vis à vis de la biodiversité : obtenir une mosaïque de sites ayant des attraits variables pour les différents groupes ? Ou un ensemble de sites considérés comme « moyens » pour tous les groupes mais permettant une certaine continuité ?

Les réaménagements écologiques sont considérés comme « meilleurs » en ce qui concerne la biodiversité. Toutefois, sur quels critères se fonde cette hypothèse ? En effet, ce type de réaménagement est peut-être plus favorable à la faune et la flore des zones humides mais qu'en est-il des invertébrés aquatiques ? Au vu des résultats obtenus ici, il semble que ce ne soit pas le cas, ou, tout du moins, que d'autres influences soient prédominantes. D'autre part, ces taxons sont tellement méconnus que leurs préférences écologiques sont difficiles à cerner : à l'heure actuelle, l'un des seuls outils existants sur ce point est l'IBGN qui concerne les milieux lotiques. Aussi, tant que l'on ne maîtrise pas les *preferendi* de ces espèces, il semble difficile de déterminer si leur présence est révélatrice de l'effet d'un réaménagement, d'une gestion ou de l'environnement d'un site. D'autre part, le problème reste le même : comment s'approcher au maximum de l'idéal pour tous les taxons ?

CONCLUSION

Les études portant sur la diversité aquatique de plans d'eau de surface conséquente sont relativement rares. Ce travail est donc intéressant d'une manière générale et plutôt novateur dans ce domaine. D'autre part, la mise en place d'un tel protocole a permis de proposer une nouvelle méthode qui pourra peut-être être appliquée par la suite sur d'autres sites. Les résultats auxquels il a abouti sont, de plus, assez inattendus et permettent d'engager des hypothèses et des perspectives de recherche intéressantes. Ils remettent en cause l'idée selon laquelle les réaménagements écologiques sont les plus favorables pour la biodiversité mais sont

toutefois largement à approfondir et ne remettent pas en question les efforts mis en place par certains carriers pour améliorer la biodiversité de leurs sites.

Quelques perspectives pour cette étude peuvent être envisagées. Tout d'abord, la poursuite du suivi sur plusieurs années avec l'amélioration des protocoles déjà appliqués et la mise en place du suivi des végétaux aquatiques (phanérogames et characés). Comme on l'a vu, les relevés des paramètres physiques et écologiques doivent être améliorés et une attention particulière doit être apportée à la recherche d'autres paramètres non étudiés ici. L'analyse des résultats doit être approfondie, avec notamment une séparation des groupes de taxons, et de nouvelles hypothèses d'explications doivent être recherchées et celles déjà formulées doivent être approfondies. L'application du projet à d'autres sites est d'ores et déjà envisagée, elle doit donc être étudiée.

D'autre part, cette étude permet de tester des techniques qui pourraient être utilisées dans le protocole VigieNature du Muséum National d'Histoire Naturelle. Elle peut également contribuer à mettre en place des indicateurs pour les carriers afin de les guider quant au choix des réaménagements et de la gestion des sites. Enfin, elle pourrait entrer dans le cadre de l'évaluation du bon état écologique des masses d'eau fortement modifiées de la Directive Cadre Européenne sur l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- BECERRA JURADO G., MASTERTSON M., HARRINGTON R. & KELLY-QUINN M., 2008.** Evaluation of sampling methods for macroinvertebrate biodiversity estimation in heavily vegetated ponds. *Hydrobiologia* 597: 97-107.
- BIGGS J., FOX G., NICOLET P., WALKER D., WHITFIELD M. & WILLIAMS P., 1998.** *A guide to the methods of the National Pond Survey*. Pond Action, Oxford. 23p.
- DE PAUW N., ROELS D. & FONTOURA A.P., 1986.** Use of artificial substrates for standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian Biotic Index. *Hydrobiologia* 133: 237-258.
- DUFRÈNE M. & LEGENDRE P., 1997.** Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 (3) : 345-366.
- ELMBERG J., NUMMI P., PÖYSÄ H. & SJÖBERG K., 1992.** Do introducing predators and trap position affect the reliability of catches in activity traps? *Hydrobiologia* 239: 187-193.
- FROCHOT B., 2000.** *Intérêt écologique et implications économiques des réaménagements de carrières. Méthodes d'évaluation et d'étude des trajectoires et vitesses d'évolution*. Université de Bourgogne, Dijon. 57p.
- HANSON M. A., ROY C. C., EULISS JR. N. H., ZIMMER K. D., RIGGS M. R. & BUTLER M. G., 2000.** A surface-associated activity trap for capturing water-surface and aquatic invertebrates in wetlands. *Wetlands* 20: 205-212.
- HEIDEMANN H. & SEIDENBUSCH R., 2002.** Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). *Société française d'odonatologie*. 416p.
- INDERMÜHLE N., ANGÉLIBERT S. & OERTLI B., 2008.** *IBEM : Indice de Biodiversité des Étangs et Mares. Manuel d'utilisation*. École d'Ingénieurs HES de Lullier, Genève. 28p.
- MUSCHA M. J., ZIMMER K. D., BUTLER M. G. & HANSON M. A., 2001.** A comparison of horizontally and vertically deployed aquatic invertebrate activity traps. *Wetlands* 21: 301-307.
- OERTLI B., AUDERSET JOYE D., CASTELLA E., JUGE R. & LACHAVANNE J.B., 2000.** *Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse. Méthode PLOCH*. Université de Genève (Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique) et Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, Genève. 434p.
- OERTLI B., AUDERSET JOYE D., CASTELLA E., JUGE R., CAMBIN D. & LACHAVANNE J.B., 2002.** Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104: 59-70.
- PARISOT CHR., 1996.** Etude de faisabilité d'une zone RAMSAR dans la Bassée et la basse vallée de l'Aube. Mémoire de DESS. Ecosphère pour Université Paris 7 et DIREN Ile-de-France. 50p. + cartes et annexes.
- SCHER O., 2005.** *Les bassins d'eau pluviale autoroutiers en région méditerranéenne : fonctionnement et biodiversité. Évaluation de l'impact de la pollution routière sur les communautés animales aquatiques*. Rapport de thèse. Université de Provence, Marseille. 297p.
- SOKAL R.R., MICHENER C.D., 1958.** A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kans. Sci. Bull.* (38): 1409-1438.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. & USSEGLIO-POLATERA P., 2000.** *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions. 588p.
- VERNEAUX V., VERNEAUX J., SCHMITT A., LOVY C. & LAMBERT J.C., 2004.** The Lake Biotic Index (LBI): an applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos; the Lake Châlain (French Jura) as an example. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology* 40 (1): 1-9.
- ZUCCA M., 2006.** *Mise en place d'un suivi standardisé de la faune et de la flore des carrières de la Bassée seine-et-marnaise*. Rapport de stage. ANVL pour Université Paris 6. 51p.

TABLE DES MATIERES

VOLUME 85

ANNEE 2009

BATRACOLOGIE

LUGRIS Laura : Etude de la Grenouille de Lessonae (*Pelophylax lessonae*) en forêt de Fontainebleau, n° 3-4, p. 4

BOTANIQUE

FONTAINE Alain : Inventaires et étude floristiques sur la commune de Larchant (Seine-et-Marne), n° 1-2

SOL Sébastien : Elaboration d'une stratégie de conservation du peuplier noir (*Populus nigra L.*), n°3-4, p. 52

ZOOLOGIE

LAPRUN Marion : Mise en place d'un protocole de suivi standardisé des invertébrés aquatiques sur douze carrières alluvionnaires, et premières idées d'interprétation, n° 3-4, p. 91

POYER Claire : Les mares de platières du massif de Fontainebleau, habitat du crustacé phyllopode *Tanymastix stagnalis*, n° 3-4, p. 20



Peupliers noirs à Balloy-Champmorin
Photo Sébastien Sol