

La gestion des mares forestières de plaine

Ile-de-France / Nord-Ouest

Office National des Forêts, Agence de l'Eau Seine Normandie,
Agence de l'Eau Artois Picardie, Conseil Régional d'Ile-de-France

Coordination, rédaction principale :

Frédéric Arnaboldi - Nicolas Alban, Office national des forêts

En collaboration avec :

Gérard Arnal, botaniste

Jacques Bardat, Museum National d'Histoire Naturelle

Jérôme Chaïb, Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie

Christian Cattelain - Cécile Dardignac - Delphine Jammes - Jean-Pierre Vicario, Office National des Forêts

Jean-Louis Dommanget, Société Française d'Odonatologie

Pierre Queney, entomologiste

Olivier Limoges, Pôle relais mares et mouillères de France



Plan général du document

Introduction.....5

Partie 1 : définition de la mare, origines et usages7

Partie 2 : l'écosystème mare.....19

1 - Notion sur l'écologie de la mare21

2 - Evolution naturelle de la mare.....28

3 - La flore, la végétation et les habitats remarquables40

4 - Les invertébrés aquatiques.....63

5 - Les amphibiens et reptiles.....82

6 - Les indésirables96

Partie 3 : inventaires, cartographie et suivis.....99

1 - Suivi et cartographie du milieu101

2 - Inventaire et suivi de la flore114

3 - Inventaire et suivi des insectes aquatiques.....123

4 - Inventaire et suivi des amphibiens et reptiles.....132



Partie 4 : la gestion des mares intraforestières141

- 1 - Généralités sur la gestion des mares144
- 2 - Gestion des macrophytes168
- 3 - Gestion des mares tourbeuses188
- 4 - Encadrement des travaux200

Partie 5 : Accueil du public autour des mares203

Conclusion.....209

Lexique210

Introduction

La mare est l'écosystème aquatique le plus répandu dans nos forêts, mais aussi l'un des plus mal connus. Intimement imbriquée à la forêt, parmi laquelle elle finit par se fondre totalement, la mare se transforme progressivement en boisement humide : elle disparaît naturellement, mais pas seulement. Le changement des pratiques agricoles, le remembrement, l'urbanisation grandissante, le développement des infrastructures autoroutières, ainsi que l'évolution de la sylviculture ont été des facteurs de régression du nombre de mares en France, en même temps que disparaissaient certains usages liés aux mares. L'homme ayant moins besoin des anciens étangs de pisciculture, des abreuvoirs ou de matériaux de construction situés dans le sous-sol forestier, les mares ont perdu de leur importance et de leur utilité, au sortir de la Seconde Guerre Mondiale. L'absence d'entretien a conduit les mares dans l'oubli, même si plusieurs d'entre elles furent maintenues pour des raisons cynégétiques et halieutiques. A l'aube des années 1990, l'essor d'une prise de conscience écologique a remis les mares en lumière, en leur attribuant des fonctions inédites, celles de réservoirs de biodiversité.

De nos jours, ces mares attirent des usagers nouveaux, promeneurs et naturalistes, qui portent sur ces milieux un regard différent. Demain, sans doute, l'intérêt pour les mares s'orientera vers des points de vue renouvelés mais parions qu'il ne perdra pas de sa vigueur : l'eau est un enjeu fort pour aujourd'hui et pour demain.

L'Office National des Forêts (ONF) l'a bien compris et s'est lancé dans une politique active de gestion des mares. Sur le terrain, des expérimentations de travaux de génie écologique ont été conduites avec la même curiosité que celle qui anime un chercheur scientifique. A force d'interrogations ciblées, d'expériences menées et de suivis, se sont développées des méthodologies de gestion, pas à pas, à notre échelle. Les gestionnaires de l'ONF ont ainsi accumulé une somme de connaissances pratiques et techniques qui méritent aujourd'hui d'être partagées au sein de l'établissement.

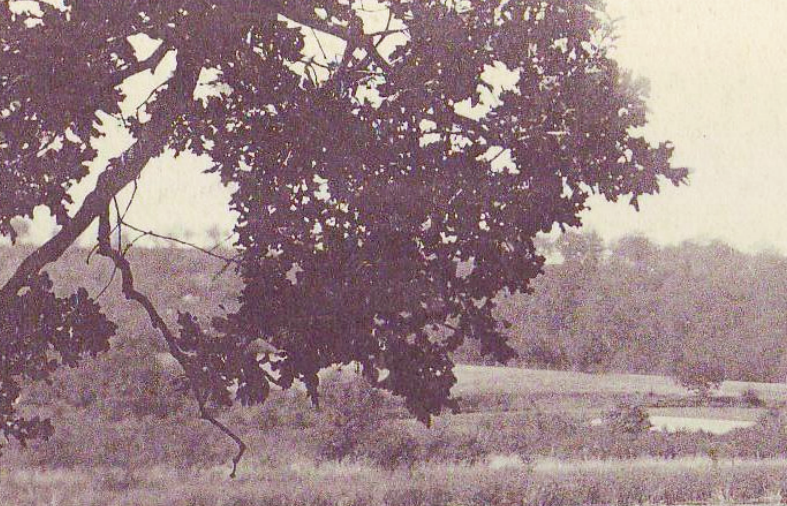
Pour ces raisons, la Direction Territoriale Ile-de-France / Nord-Ouest ainsi que la Direction de l'Environnement et du Développement Durable de l'ONF, ont entrepris la rédaction d'un manuel qui synthétise la richesse des savoirs-faire, acquis depuis une quinzaine d'années environ. Ce document résulte d'un partenariat avec nos interlocuteurs scientifiques et naturalistes habituels, et du soutien financier de l'Agence de l'Eau Seine Normandie, de l'Agence de l'Eau Artois Picardie et du Conseil Régional d'Ile-de-France.

Le guide technique de gestion des mares intraforestières s'adresse aux personnels de la Direction Territoriale Ile-de-France / Nord-Ouest (DT IdF-NO). Il a été conçu pour que les agents patrimoniaux, les aménagistes, les experts en environnement puissent trouver dans ces pages les réponses à leurs principales questions : quand intervenir sur une mare, faut-il curer, faut-il toujours mettre en lumière, etc. ? Le guide est construit comme un répertoire d'outils et d'informations, dont les chapitres peuvent être lus indépendamment les uns des autres. Sans livrer de recettes toutes faites transposables à toute mare, il donne des clés pour que le gestionnaire adapte au cas par cas les interventions (ou non interventions) nécessaires à la pérennité de ses mares. Le guide couvre les territoires de l'Ile-de-France, de Picardie, du Nord Pas-de-Calais, de Basse-Normandie et de Haute-Normandie, où le nombre de mares s'évalue en milliers. Dans cette zone géographique, nous considérons la « mare intraforestière » comme une mare incluse dans un massif forestier, par opposition aux mares des paysages urbains ou ruraux. Cinq catégories biogéographiques de mares intraforestières sont présentes dans la DT :

- les mares de platières dans le Sud de l'Essonne et de la Seine-et-Marne ;
- les mares et panes dunaires du littoral ;
- les gravières des grandes vallées fluviales et des anciennes carrières ;
- les mares tourbeuses ;
- les mares dites « ordinaires », qui constituent l'essentiel de nos mares intraforestières.

Localisées dans des contextes variés, allant de la dune côtière à la lande tourbeuse, de la prairie à la forêt, les mares que nous gérons peuvent constituer des milieux remarquables, refuges d'une faune et d'une flore patrimoniales. Le terme « patrimonial » désigne ici une mare, une espèce ou un habitat, qui méritent une attention particulière au regard de leur vulnérabilité et pour lesquels l'ONF est un acteur majeur de leur conservation, au sein des territoires couverts par la DT IdF-NO. Mais cela va sans dire, l'ensemble des mares de nos forêts constitue dans leur globalité un patrimoine d'une immense valeur, que ce guide contribue à reconnaître.

Nicolas Alban & Frédéric Arnaboldi,
Le 09 octobre 2006



Définitions de la mare, origines et usages

Frédéric Arnaboldi

Delphine Jammes

Nicolas Alban

Cécile Dardignac

Olivier Limoges



Définitions

Les mares de nos forêts constituent des pôles d'attraction importants qui ne laissent pas indifférents les usagers et les professionnels de la forêt. Ilots paysagers contrastant avec le reste de l'environnement forestier, les mares attirent promeneurs, naturalistes, scolaires, pêcheurs, chasseurs ; chacun y trouvant son compte et tous ayant un point de vue différent sur l'utilité des mares. De ce fait, tous possèdent leur propre langage pour caractériser une mare et surtout une opinion arrêtée sur l'intérêt d'une mare.

Il existe une multitude de définitions, parfois contradictoires, de cet écosystème.

Milieu paisible et simple en apparence, c'est une entité géographique mal définie. La mare, telle un négatif de l'île, est une pièce d'eau entourée de terre. Elle constitue un écosystème à part entière, caractérisé par l'hydromorphie mais également par sa petite taille, une faible profondeur, des variations parfois rapides du niveau d'eau... Ces facteurs la différencient des étangs et des lacs dont elle n'est pas un simple « modèle-réduit » (voir encadré qu'est-ce qu'une mare). Difficile à délimiter dans l'espace, on considère sa taille comme étant celle de sa cuvette de réception des eaux. Le plus souvent bien marquée et visible au niveau de la micro-topographie, elle l'est également par la présence d'une végétation liée à l'importance de l'eau qui, progressivement, cède la place à des espèces végétales moins hygrophiles.

Quelques définitions disponibles sur le sujet :

- étendue d'eau comprise entre 1 m² et 2 hectares qui, d'ordinaire, reste en eau au moins 4 mois par an (BIGGS et al. 1994) ;

- la mare est une étendue d'eau douce stagnante, de taille variable, évaluée en mètres carrés, pouvant s'étendre jusqu'à un maximum de l'ordre de 2 000 m². Sa faible profondeur, qui peut atteindre environ 2 m, permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire, ainsi qu'aux plantes de s'enraciner sur tout le fond. Souvent creusée par l'homme, elle se trouve également parfois dans des dépressions topographiques au substrat imperméable. Elle a donc une origine artificielle ou naturelle. Son niveau est très variable. Elle est alimentée par les eaux pluviales et parfois phréatiques. Avec son petit bassin versant, elle constitue un réseau hydrographique **endoréique**, auquel viennent souvent s'ajouter des eaux parvenant à la mare par des voies d'origine anthropique (fossé, rigole). Elle exerce un rôle de tampon au ruissellement. Il arrive qu'elle soit associée à un système de fossés qui la traversent. Les pertes d'eau sont dues à l'évaporation, l'infiltration ou encore un écoulement par trop-plein, si bien qu'elle peut s'assécher en été, par grandes chaleurs et/ou manque de précipitations. Elle présente un milieu de vie riche d'une flore et d'une faune parfois spécifiques. Cette diversité biologique peut comprendre de nombreuses espèces, des algues microscopiques aux plantes supérieures – **hydrophytes, hélophytes** – et de la microfaune à la macrofaune – mollusques, crustacés, insectes, poissons, batraciens, oiseaux, mammifères. Elle constitue un écosystème au fonctionnement complexe, ouvert sur les écosystèmes voisins (JAMMES, 1996) ;
- une mare correspond à un biotope aquatique peu étendu et de faible profondeur dont les eaux sont en général dans un état **eutrophe**, voire **dystrophe**. Les mares prises au sens où l'entendent les limnologues se distinguent des étangs moins par leurs dimensions que



Quelques mares intraforestières

Qu'est-ce qu'une mare ?

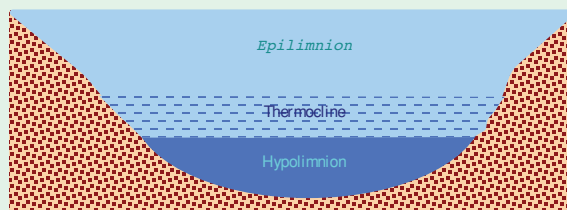
Une mare n'est ni un lac, ni un étang

La **limnologie** classe les milieux d'eau stagnante en 3 catégories. Les deux premières correspondent à des types relativement bien définis : ce sont les lacs et les étangs. La troisième, celle des mares, ne possède pas de caractéristiques arrêtées et est en général définie par défaut, vis à vis des deux autres. Est une mare ce qui n'est ni un lac, ni un étang.

Le lac

Le lac se caractérise par une grande profondeur d'eau, pratiquement toujours supérieure à 20 mètres. Elle est divisée en deux couches distinctes : l'**épilimnion** et l'**hypolimnion** que sépare la **thermocline**. L'éclairement, le taux d'oxygène et la température varient fortement d'une couche à l'autre.

La stratification de l'eau et son lent brassage sont les caractéristiques essentielles d'un lac.



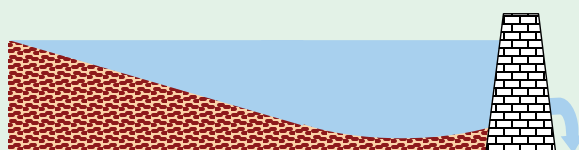
Profil type d'un lac

L'étang

L'étang est un milieu **lentique** d'origine anthropique. Il est édifié par la création d'une digue et alimenté directement, ou en dérivation, par un cours d'eau.

Sa vocation est, ou était à l'origine, piscicole.

La profondeur moyenne d'un étang est de 5 mètres environ et n'excède que rarement 10 mètres. Elle ne permet plus de distinguer différentes couches d'eau.



Profil type d'un étang

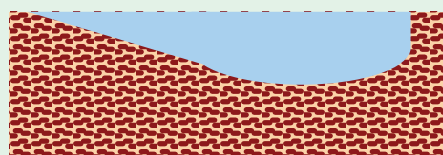
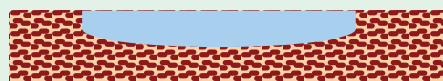
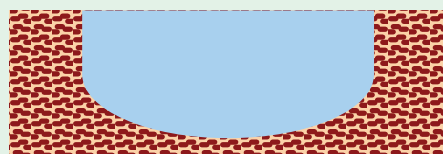
La mare

D'origine naturelle ou anthropique la mare est un écosystème aquatique de petite taille (moins de 0,5 hectare en général) et peu profond, où la lame d'eau dépasse rarement deux, voire trois mètres.

Moins typé que celui d'un lac ou d'un étang, le profil en travers d'une mare peut adopter des formes très différentes, souvent liées à son origine :

- grande mare très encaissée ;
- mare à fond plat ;
- mare issue d'un ancien étang (mare-étang) ;
- dépression humide ;
- ancienne fosse d'exploitation de la tourbe ;
- etc.

Quelques profils types de mares



Pôle-Relais Mares & Mouillères de France

Les trois missions :

- Recueillir et mettre à disposition les connaissances sur les divers aspects de la gestion des mares et des mouillères ;
- Promouvoir une gestion durable en suscitant et appuyant les politiques locales favorables, en encourageant l'émergence de gestionnaires potentiels et en apportant conseils et assistance aux gestionnaires de sites ;
- Participer aux mesures prises au niveau national, en évaluant régulièrement les actions engagées, en informant des problèmes rencontrés et en proposant des solutions pour y remédier.

Bilan des actions :

- Réalisation d'une **base de données bibliographique** de 600 références détaillées en consultation au Pôle-Relais.
- Diffusion d'une **lettre d'information** depuis décembre 2004. Elle se veut une tribune sur les nombreuses initiatives liées à la connaissance, la protection, la gestion et la mise en valeur des mares et des mouillères. Elle est destinée principalement aux gestionnaires et constitue un outil d'échanges entre les divers acteurs du territoire.
- Animation d'un **réseau national d'acteurs**. Le Pôle-Relais initie et accompagne de nombreux programmes de recensement, de préservation et de sensibilisation en région.
Il co-anime également le Groupe Mares de la Fédération des Parcs Naturels Régionaux et participe au réseau Mares temporaires Méditerranéennes et à l'European Pond Conservation Network (Réseau Européen pour la Conservation des Mares).
- Organisation de **colloques et rencontres régionales d'acteurs**. Dans la logique de ses partenariats, il organise des journées d'échanges visant à valoriser les initiatives engagées localement et à favoriser les échanges entre les différents acteurs d'un territoire : Picardie (2002), Région Centre (2003), Ile-de-France (2004), Auvergne (2005), Nord-Pas-de-Calais et Corse (2006), Basse-Normandie (2007).

Réalisation d'un guide technique sur la préservation des mares. Une première partie fait état des connaissances acquises sur les mares et les mouillères en terme de définition, d'usages et de fonctions, de biodiversité, de typologie, de menaces, etc. La deuxième partie s'articule autour d'actions exemplaires en terme de diagnostic et de suivi, de sensibilisation, de protection et de gestion de ces milieux. Ce projet s'inscrit en partenariat avec la Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France.

- Activité de recherche. Le Pôle-Relais travaille à la mise en œuvre d'une méthodologie de recensement des mares qui se veut reproductible quelque soit le territoire géographique considéré. La méthodologie fait appel au Système d'Information Géographique. Ce travail est réalisé en partenariat avec le Groupe MARES Nord-Pas-de-Calais et le Centre National de la Recherche Scientifique.
- Participation à des groupes d'experts : Groupe Zones Humides (MEDD), Groupe de Travail Prospectives Zones Humides de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN), etc.

www.pole-mares.org
mares@maisondelenvironnement.org

par la surface relative de leur zone littorale (= riparienne) par rapport à celle en eaux libres. En fait, les mares représentent un stade intermédiaire entre les marécages (dans lesquels ne subsiste qu'une zone littorale) et les étangs (dans lesquels la zone limnétique est proportionnellement plus étendue). (RAMADE 1998) ;

- la mare est une étendue d'eau dormante intérieure qui ne possède pas de zone profonde et dont le fond n'est pas soustrait à l'action thermique du soleil. La profondeur maximale ne dépasse généralement pas un mètre, mais la mare est en eau toute l'année. Le développement de la végétation est possible partout (MULHAUSER & MONNIER, 1995). Les auteurs distinguent les mares permanentes des mares temporaires, qu'ils appellent « flaques » dont, selon eux, la profondeur maximale peut atteindre 0,5 mètre et le plan d'eau s'assèche au moins une fois durant l'année.

Face à la multiplicité des définitions, une quarantaine environ, le Pôle Relais Mares et Mouillères de France a tenté une synthèse et propose :

- La mare est une étendue d'eau à renouvellement généralement limité, de taille variable pouvant atteindre un maximum de 5000 m². Sa faible profondeur qui peut atteindre environ 2m, permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire et aux plantes de s'enraciner sur tout le fond. De formation naturelle ou anthropique, elle se trouve dans des dépressions imperméables, en contextes rural, périurbain voire urbain. Alimentée par les eaux pluviales et parfois phréatiques, elle peut être associée à un système de fossés qui y pénètrent et en ressortent ; elle exerce alors un rôle tampon au ruissellement. Elle peut être sensible aux variations météorologiques et climatiques, et ainsi être temporaire. La mare constitue un écosystème au fonctionnement complexe, ouvert sur les écosystèmes voisins, qui présente à la fois une forte variabilité biologique et hydrologique interannuelle. Elle possède un fort potentiel biologique et une forte productivité potentielle (SAJALOLI & DUTILLEUL, 2001).

Autres éléments à intégrer dans la définition d'une mare :

- notion d'évolution : la mare n'est pas un système figé ;
- notion de valeur patrimoniale : certaines mares constituent ou renferment des habitats de la Directive Habitats-Faune-Flore, des espèces protégées au niveau national et/ou régional, des espèces « rares » au plan local.

A l'échelle d'une région, la forêt peut contenir un nombre significatif de mares et jouer un rôle important pour leur préservation, en hébergeant des plans d'eau peu ou pas soumis aux pollutions des eaux de surface, grâce à des bassins versants relativement préservés, du fait de la couverture forestière. Par exemple, en Ile-de-France, la moitié des mares franciliennes actuellement répertoriées sont situées dans des zones boisées.

Les raisons de leur présence dans les massifs du Nord-Ouest de la France sont diverses, parfois très anciennes, et pratiquement toujours associées à l'Homme. Des traces d'occupation remontant à plus de 2000 ans ont été découvertes dans certaines.

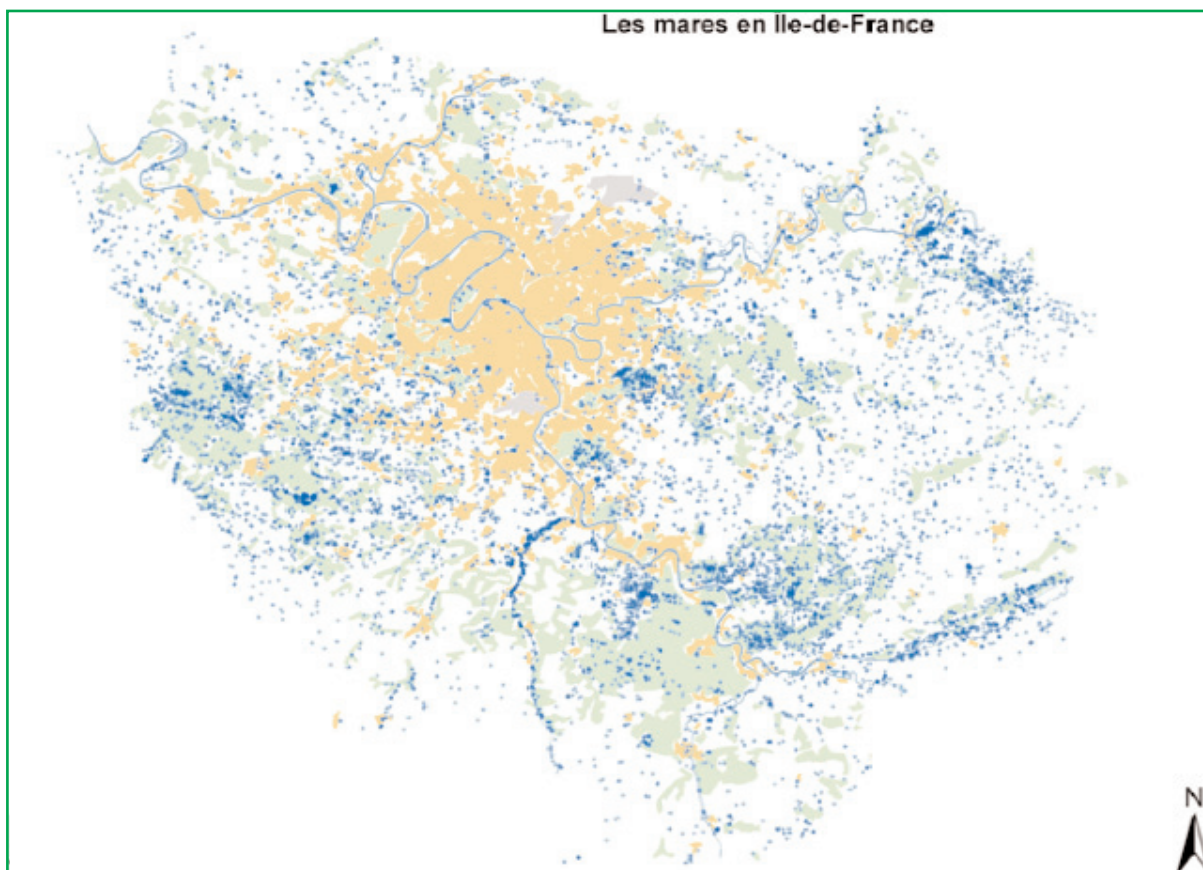
Origines des mares

Les mares naturelles, dépourvues de toute intervention humaine, sont rares en forêt de plaine, car elles dépendent de la combinaison de plusieurs facteurs (résurgences, nappes, dépressions, substrats imperméables, etc.) qui ne sont pas toujours présents au sein des territoires gérés en forêt. Pour cela, et dans bien des forêts, le contexte géologique montre que la présence de mares résulte le plus souvent d'(inter)actions humaines.

Les mares intraforestières ont été aménagées ou créées par les utilisateurs de la forêt afin de répondre aux besoins des populations riveraines.

Deux cas de figure se présentent :

- le creusement volontaire d'un trou pour créer une mare, un étang ou du moins un espace retenant de l'eau, voués à des usages divers.
- la conséquence de l'exploitation des sols de la forêt (extraction de pierre, de sable, d'argile ou de minerai), la mare apparaissant plus tard.



*En Ile de France, près de la moitié des mares se situent en zone boisée, d'où l'importance de bien prendre en compte ces milieux dans la gestion forestière.
Carte par B. Cauchetier, IAURIF.*

Enfin, toujours d'origine anthropique, certaines mares sont issues des bombardements opérés au cours de la Seconde Guerre Mondiale : mares de trous de bombes.

Sur le terrain, la distinction entre mare naturelle, mare anthropique et mare naturelle anthropisée ne se fait pas facilement. Les actions de l'Homme peuvent parfois se traduire par des aménagements particuliers : forme spécifique, digue, bassin, fossés de drainage, apport d'argiles, pavage du fond, etc. Aujourd'hui, la plupart des mares de forêt ne montrent pas (ou plus) de traces visibles de leurs origines.

Anciens usages des mares

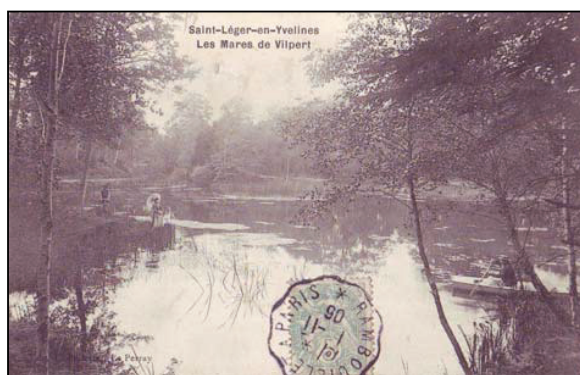
Les mares présentes actuellement en forêt n'ont pas toutes vu le jour en milieu boisé. La surface forestière ayant effectivement changé dans le temps et dans l'espace, l'utilisation passée des mares n'est pas toujours liée aux activités forestières. C'est l'exemple des mares rattachées à d'anciennes fermes, dans des paysages ouverts, qui se sont retrouvées en espaces boisés après l'abandon des bâtiments. Les usages associés à ces mares auront été modifiés au cours du temps. Evoquer les vieux usages des mares intra-forestières revient donc à parler d'une manière plus générale des usages anciens que l'Homme a eus des mares de plaine.

Les usages passés des mares peuvent être regroupés dans ces quelques catégories :

- usages domestiques : cuisine, toilette, lessive : liés à d'anciens habitats ou aux gens vivant en forêt comme les charbonniers ou les bûcherons.
- usages liés aux activités artisanales : vannerie, tannage, etc.
- usages liés aux activités industrielles : verrerie, ferronnerie, métallurgie, etc.
- usages agricoles : irrigation, élevage, rouissage du lin ou du chanvre, pisciculture, etc.

Un certain nombre de droits d'usage en forêt comme le pâturage (ovins et bovins) ou le panage (conduite des porcs à la glandée) ont vu le jour au Moyen Age et ont été pratiqués jusqu'à la fin du XIX^e ou au début du XX^e siècle. Un grand nombre de mares intraforestières ont alors servi d'abreuvoir pour les animaux. Il est très difficile de retrouver des preuves concrètes de ces pratiques.

La consultation des archives, et notamment des cartes anciennes peuvent apporter quelques informations. On peut ainsi retrouver des toponymes comme « la mare au chanvre » ou « le vivier » qui laissent peu de doutes sur une des anciennes fonctions de ces mares.



Les usages des mares ont évolué avec le temps. Si les intérêts cynégétiques et piscicoles sont localement toujours d'actualité, il y a bien longtemps que l'on ne creuse plus le sol des forêts pour extraire des matériaux de construction (meulières, grès...), dont de nombreuses excavations abandonnées après l'exploitation se sont remplies de l'eau de la nappe sous-jacente ou bien de celle apportée par la pluie ; bien longtemps que l'on n'entretient plus les mares abreuvoirs situées sur la route des marchés aux bestiaux, que les bûcherons ne creusent plus de

Origine de la toponymie des mares

La lecture des cartes touristiques montre l'importance de la dénomination des points d'eau et plus spécifiquement des mares. Tels des repères géographiques dans le paysage rural ou forestier, les mares marquent le territoire de leur nom. Beaucoup d'entre elles sont encore aujourd'hui nommées, signe de leur intérêt passé. La toponymie des mares peut avoir plusieurs origines, pas toujours faciles à reconnaître du fait de la déformation des noms initiaux. Le plus souvent, la mare porte le nom de son ancien propriétaire (Mare des Chartreux). Elle peut aussi avoir été baptisée en fonction de la topographie alentour (Mare des Vaux, Mare aux Buttes), de son environnement végétal (Mares des Chêneaux, Mare des Friches), de ses caractéristiques physiques (Petite Mare, Mare Perdue) ou de son usage (Mare du Puits, Mare au chanvre). Il faut ajouter que les mares forestières n'ont souvent été baptisées que récemment, notamment par les forestiers, avec des noms tels que Mare aux Canes, Mare aux Biches, Mare aux Sangliers, etc.

mares-puits, que l'on ne prélève plus à grande échelle la végétation des mares (saules) pour la vannerie, que l'on n'y pratique plus le rouissage. En outre, voici bien longtemps que l'administration forestière n'autorise plus les femmes des hameaux voisins à venir faire leur lessive dans certaines mares, ou, dans un passé moins lointain, que les mares-sources ne servent plus à l'alimentation en eau potable des forestiers voire des habitants des communes alentour.

Usages d'aujourd'hui et rôle pour demain

Aujourd'hui, les enjeux autour des mares intraforestières concernent surtout la préservation de l'environnement. Cette prise de conscience et les premières actions concrètes en faveur de la protection de ce patrimoine « naturel », en tout cas de cet héritage, remontent aux années 1980 et surtout au début des années 1990. Petit à petit, les mares sont devenues pour les forestiers des milieux aquatiques, outils de gestion de l'eau et de la protection de la biodiversité.

L'intérêt paysager des mares est important pour le grand public, naturellement attiré par les plans d'eau et les milieux ouverts, qui rompent avec l'apparente monotonie de la forêt et offrent des perspectives de point de vue. Mais l'accueil du public autour de la mare n'est pas forcément compatible avec les autres fonctions du milieu et il convient de réfléchir attentivement au rôle

social et paysager des mares (Partie 5 : Accueil du public autour des mares). Face aux exigences du public, la sensibilisation de ce dernier en terme écologique apparaît nécessaire.

Cependant, la notion de conservation de la biodiversité, qui est aujourd'hui l'usage principal assigné à la majorité de nos mares, va sans doute faire place dans les années à venir à un nouveau rôle, à de nouveaux intérêts relatifs aux mares : la protection de la ressource en eau. L'importance des bassins versants forestiers dans le cycle et le stockage de l'eau (épuration partielle, protection des nappes et des sources) apparaît nettement aujourd'hui dans les contrats de bassin. A travers cette nouvelle démarche, il y a matière à bâtir des programmes de gestion intégrée de nos mares, alliant la nécessité de conserver une ressource en eau et une certaine qualité physico-chimique avec la mission d'assurer la pérennité des milieux et des biocénoses qui constituent et peuplent nos mares.

La mare, un outil de gestion de l'eau

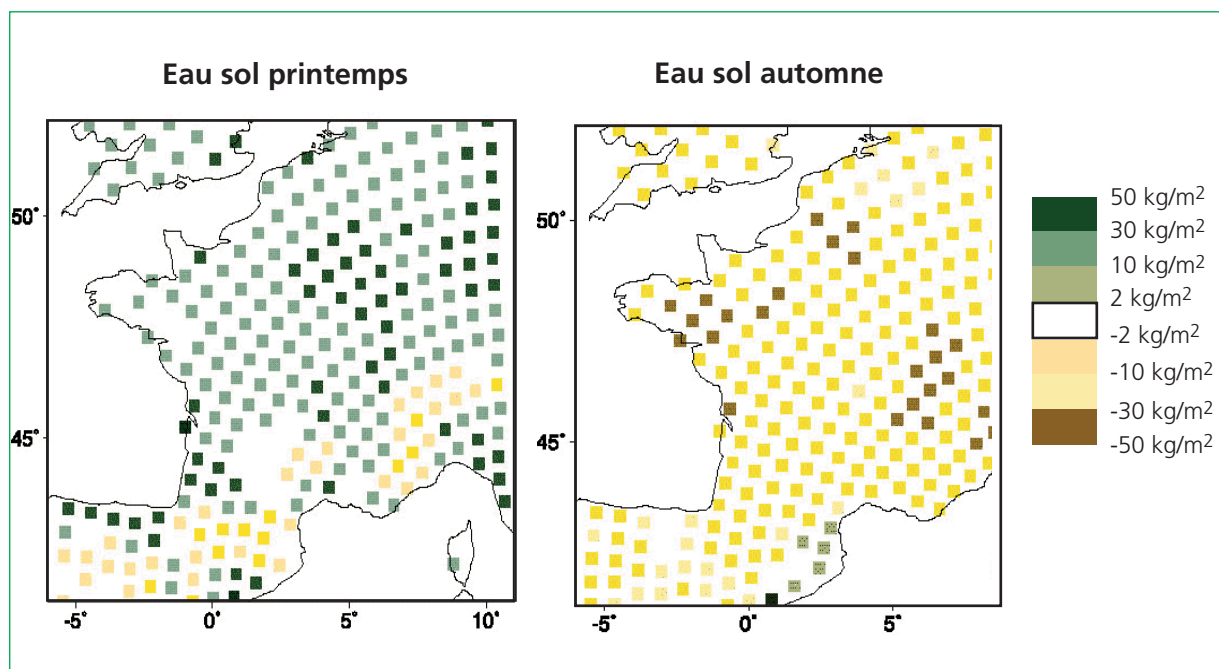
Dans les décennies à venir, la ressource en eau douce risque d'être insuffisante pour couvrir nos besoins sans cesse croissants. L'eau douce est amenée à devenir une richesse rare et convoitée, y compris dans notre pays.

Les changements climatiques prévus annoncent une aggravation des problèmes, notamment pour la végétation. Les précipitations du printemps risquent d'être plus abondantes, augmentant d'autant les problèmes d'hydromorphie, tandis que les déficits en eau dans les sols à la fin de l'été et en automne devraient s'accroître. De manière globale, les événements climatiques extrêmes (sécheresse, fortes pluies) risquent de devenir plus fréquents. Dans ce contexte, il est impératif d'apprendre à gérer la ressource en eau, y compris en forêt.

Les mares sont un outil de gestion de la ressource en eau et constituent une des clés de l'hydraulique douce. Cette nouvelle approche préventive de la gestion de l'eau est basée sur le recueil des eaux pluviales avant leur ruissellement et leur infiltration lente. Que ce soit en milieu urbain, agricole ou forestier, cette conception alternative de la gestion hydraulique révolutionne le rôle de la mare.

La rétention locale des précipitations

Traditionnellement, l'eau de pluie est quasiment gérée comme un déchet : collectée le plus rapidement possible dans des fossés, elle est évacuée vers des ruisseaux, puis des rivières. Au contraire, le stockage des eaux de pluie dans des mares



Prévision d'évolution de la réserve en eau du sol d'ici à 2100, au printemps et à l'automne : Ducouso, 2005

conserve localement les précipitations et améliore leur infiltration à l'endroit où elles sont tombées.

L'écrêtement du volume de ruissellement

Les mares retiennent les eaux de pluies et retardent ou évitent leur collecte dans les réseaux de fossés. Elles tempèrent ainsi les écoulements superficiels et permettent d'amortir, voire d'annuler, les effets de crues ou d'inondations. Cette fonction de « tampon » peut être optimisée par un positionnement stratégique de la mare (ligne d'écoulement, bassin de rétention). Localement, des communes demandent à l'ONF la création d'aménagements (dont les mares font partie) pour écrêter les eaux de ruissellement et stocker les sédiments, en amont des réseaux d'eau pluviale.

Diminution de l'érosion

L'eau qui ruisselle sur le sol arrache certains éléments du sol et les entraîne avec elle. C'est l'érosion. Lorsque l'eau parvient à la mare, elle est alors chargée de matière organique et minérale. Le stockage de cette eau dans une mare permet la décantation des Matières en Suspension et empêche leur exportation vers les rivières et vers la mer.

Épuration des eaux de ruissellement

La mare est aussi une zone de **lagunage** efficace. Le stockage des eaux dans une mare améliore leur qualité et peut permettre, dans certains cas, une dépollution. Non seulement la sédimentation des Matières en Suspension diminue la turbidité, mais la dégradation et l'élimination des éléments organiques sous l'action des êtres vivants dans les mares permet une auto-épuration de l'eau. De plus, le couvert végétal présent est souvent propice à la **phyto-rémediation**.

Étalement de l'alimentation en eau

La mare permet une infiltration lente de l'eau pluviale vers la nappe phréatique et apporte un décalage entre le temps des précipitations atmosphériques et le moment de l'apport d'eau au niveau du sol. La diffusion par micro-capillarité offre aux peuplements forestiers situés à proximité une alimentation en eau plus régulière.

Réserves d'eau pour la faune

La présence d'un réseau dense de mares constitue un facteur indispensable au maintien de population de grande faune et notamment de faune cynégétique. Les mares sont pour les cerfs, chevreuils, sangliers et autres animaux des points d'abreuvement et de souille. Mais la cynégétique

ne doit pas être l'objectif premier de la gestion d'une mare. En effet, une forte présence d'ongulés, de canards est aussi une menace pour sa conservation écologique. La création de point de fixation du gibier autour d'une mare, par agrainage ou autre, entraîne une pollution des eaux par apport massif de déjections ou excès de turbidité.

La lutte contre les incendies

Les mares, en tant que réserve d'eau, sont sollicitées pour la défense contre les incendies et peuvent être inscrites dans les plans de prévention. Toutes les communes possèdent un plan de défense contre les incendies, afin de protéger les citoyens et les bâtiments des ravages du feu. Mais les pompiers ne peuvent pas toujours avoir accès au réseau d'alimentation en eau, notamment en zone rurale où des points d'eau naturels sont désignés pour assurer la lutte contre l'incendie. Certaines mares forestières peuvent être concernées dès l'instant où elles se situent à moins de 400m des habitations. La circulaire du 10 décembre 1951 clarifie les conditions de cette désignation et les caractéristiques auxquelles doit répondre une « mare incendie » :

- Être en mesure de fournir 120 m³ d'eau en deux heures ;
- Présenter une hauteur d'aspiration inférieure à 6 m ;
- Être accessible en permanence ;
- Être desservie par une plate-forme de minimum 4x3 m pour les motopompes et de 8x4m pour les autopompes ;
- Être bordée du côté de l'eau par un talus en terre ferme et maçonné pour éviter que les engins ne tombe à l'eau.

Ces obligations réglementaires peuvent être complétées localement par des mesures départementales ou communales plus strictes. La défense contre l'incendie d'une commune relève de la responsabilité du maire à qui il appartient de désigner les points du réseau de défense. Si la commune considère qu'il est nécessaire de désigner un nouveau point d'eau pour renforcer les capacités de défense (ce renforcement ne bénéficiant donc pas uniquement au propriétaire du terrain sur lequel est situé ledit point d'eau), c'est au budget général de la commune de supporter le coût des aménagements. La contribution du propriétaire du terrain peut par contre être exigée dans le cas d'une construction nouvelle qui se situerait hors du réseau de défense.

La réglementation autour des mares

Le terme de « mare » n'est pas un terme juridique

L'article L.211-1 du Code de l'Environnement définit les zones humides comme « les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». Cette définition étant applicable aux mares, il existe donc une définition juridique de la mare.

Dans la loi, l'expression de « zone humide » est utilisée de manière générale afin de regrouper de nombreux termes qu'il est difficile de répertorier exhaustivement. Elle permet d'appliquer l'article L.211-1 aux marais, marécages, fondrières, roselières, tourbières, prairies humides, lagunes pré-salées, etc. et à toutes les appellations locales telles que « sansouire » en Camargue, « fagne » sur l'île d'Oléron ou « botasse » dans les Dombes. En cas de litige, l'interprétation de cette définition et l'application du L.211-1 à une zone précise sont tranchées par les tribunaux.

La protection des mares

Les mares sont en général protégées en tant que zones humides au titre des articles L210-1, 211-1 et 211-1-1 du Code de l'Environnement qui les considère comme des zones d'intérêt général. Elles peuvent également être protégées en tant qu'élément du patrimoine dans le cadre des sites classés et inscrits. Ponctuellement, elles peuvent être nommées et protégées en tant que tel dans certains Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Dans l'avenir, les mares peuvent être concernées par la nouvelle Directive-Cadre européenne sur l'Eau qui vise le bon état de conservation des milieux aquatiques. Le plus souvent, les mares bénéficient de la protection des habitats et des espèces faune-flore qu'elles abritent : les arrêtés de protection de biotope, les sites Natura 2000, le statut d'espèce protégée, etc.

La mare et son propriétaire

Une mare appartient au propriétaire du terrain sur lequel elle est implantée.

Lorsqu'une mare est à cheval sur deux propriétés, chacun des riverains en possède en propre une partie, déterminée par le bornage. La limite entre les deux propriétés passe sur l'eau et descend verticalement jusqu'au fond de la mare. Cette limite est existante indépendamment de la présence d'eau. De ce fait, le premier riverain n'a pas le droit de traverser la mare pour accoster chez le second sans l'autorisation de ce dernier. Si l'un des riverains souhaite apporter une modification à la mare (installer un ponton ou un plan incliné destiné à tirer une barque ou de planter des végétaux aquatiques), il n'est pas besoin de l'accord des deux propriétaires : chacun est ici maître chez lui, sous réserve que ces installations ou plantations ne soient pas interdites au titre de la protection du site. S'il s'agit par contre de modifications pouvant avoir des répercussions sur la partie de la mare appartenant à l'autre propriétaire, il convient qu'il y ait accord ou au moins précautions prises par le premier pour ne pas porter atteinte aux intérêts du second (éviter l'installation de plantes aquatiques naturellement envahissantes par exemple).

D'après le Règlement Sanitaire Départemental Type, il est interdit de déverser dans les mares tout produit de nature à polluer l'eau (article 90) et qu'en cas de reconnaissance par l'autorité sanitaire que l'eau présente un danger pour la santé publique, le propriétaire doit combler la mare et en faire évacuer les eaux (article 92). Ce même règlement sanitaire interdit la création de mares à moins de 35 m de tout point d'eau potable (point de captage par exemple) et à moins de 50m des habitations. Les territoires couverts par des SAGE peuvent être soumis à des conditions particulières comme l'interdiction de la création de plan d'eau.

Pêche et baignade

Il n'est pas permis de pêcher librement dans une mare située en domaine privé (comme c'est le cas des forêts domaniales et communales) car, en vertu de l'article L. 435-4 du code de l'environnement, " dans les plans d'eau [...], le droit de pêche appartient au propriétaire du fonds ". Pour la baignade dans les mares et rivières, le principe est le même, le droit d'accéder à ces lieux appartenant au propriétaire. Mais dans la pratique, les forêts relevant du régime forestier étant librement accessibles au public, beaucoup de promeneurs pensent en toute bonne foi qu'il s'agit d'un domaine public, ce qui n'est pas le cas (domaine privé de l'Etat et de la commune). Dans les mares, il est donc interdit de se baigner, de laisser se baigner son chien ou ses chevaux ou de pêcher. On peut à ce titre implanter des panneaux "Baignade interdite", qui trouvent surtout leur utilité pour des raisons de sécurité et de santé.

Bibliographie

Biggs J., Corfield A., Walker D., Whitfield M., Williams P., 1994 – New Approches to the Management of ponds. British Wildlife. Volume 5, Number 5, June 1994 : 273-287.

Chaïb J., 2003. L'Hydraulique douce, de nouvelles conceptions face aux inondations et à la pollution. Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie, Connaître pour Agir.

Ducouso A., 2005. Le climat, l'Homme et la forêt, un sujet chaud. Les semaines régionales de l'Environnement 2005, Conseil Régional de Picardie, INRA.

Groupe Mares du Nord Pas de Calais, 2004. Les mares : des infrastructures naturelles et utiles. Conservatoire des sites naturels du Nord et du Pas de Calais.

Groupe Mares du Nord Pas de Calais, 2005. Les mares et la réglementation. Pour faire simple... Conservatoire des sites naturels du Nord et du Pas de Calais.

Jammes D., 1996 – Evaluation de l'intérêt patrimonial des mares du Domaine National de Chambord, DEA Orléans : 97p + annexes.

Mulhauser B., Monnier G., 1995 – guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe, Delachaux & Niestlé : 336p.

Ramade F., 1998 – Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales, Ediscience international : 786p.

Sajaloli B., & Dutilleul C., 2001 - Les mares, des potentialités environnementales à revaloriser. Programme National de Recherche sur les Zones Humides, Rapport final, Centre de Biogéographie-Ecologie (FRE 2545 CNRS – ENS LSH)



L'écosystème mare

1 Notions sur l'écologie de la mare

2 Evolution naturelle de la mare

3 La flore, la végétation et les habitats remarquables

4 Les invertébrés aquatiques

5 Amphibiens et reptiles

6 Les indésirables

Frédéric Arnaboldi

Delphine Jammes

Nicolas Alban

Cécile Dardignac

Jacques Bardat

Gérard Arnal

Jean-Louis Dommanget

Pierre Queney



1 Notions sur l'écologie de la mare

Le fonctionnement de cet écosystème, auquel est inféodée une communauté biologique adaptée aux conditions du milieu, dépend de nombreux facteurs, à la fois physiques, chimiques et biologiques. Sa complexité est encore accrue par le fait que des échanges existent avec les écosystèmes voisins, essentiellement forestiers pour ce qui concerne ce guide.

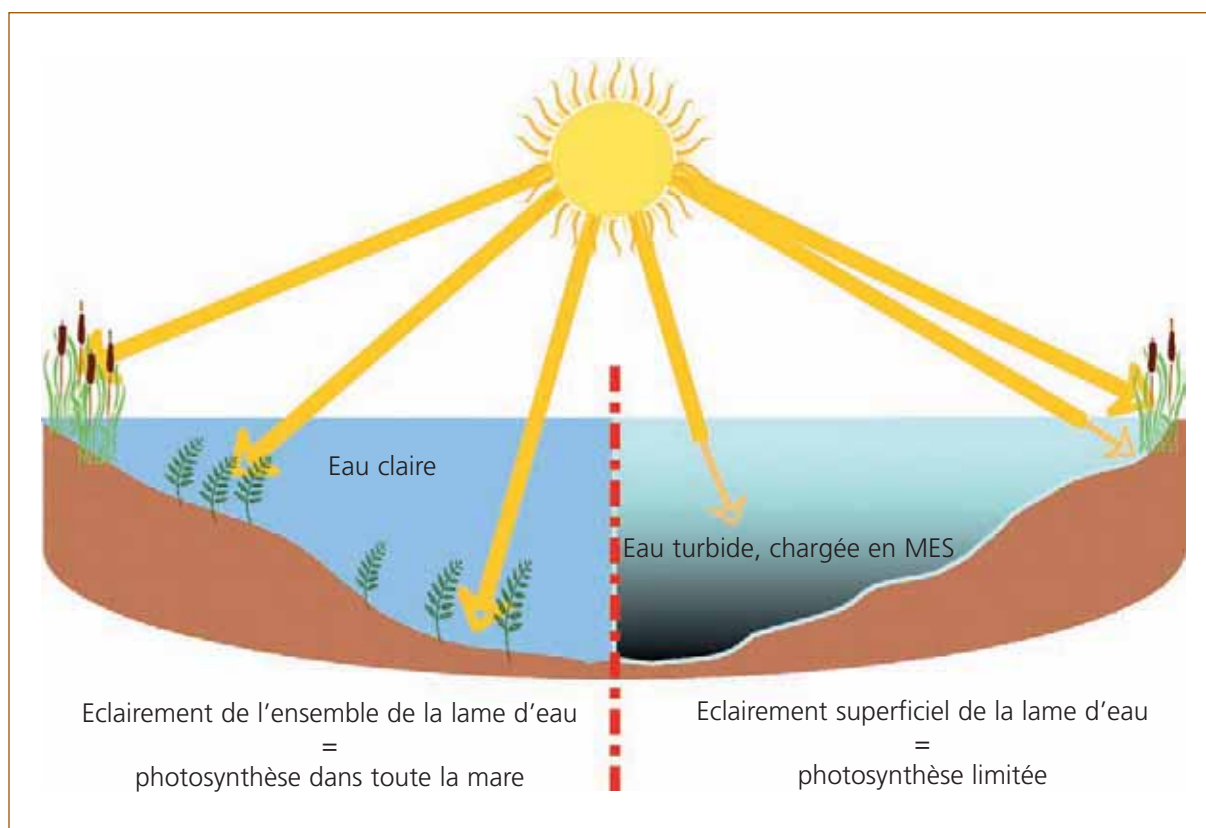
Le biotope





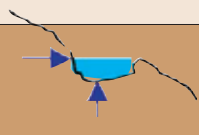

Le milieu **abiotique** de la mare est déterminé par les paramètres du climat et le substrat. Les caractères climatiques définissent pour la mare les conditions de lumière, de chaleur et les précipitations. Le substrat est le matériel organique et/ou minéral qui tapisse la cuvette. Quant à l'eau, c'est évidemment l'élément fondamental de l'écosystème mare.

Le rôle du climat

La lumière, dont l'intensité et la durée varient en fonction des jours, des saisons et de la latitude, est nécessaire à la vie d'une majorité d'écosystèmes. Elle est essentielle aux végétaux chlorophylliens, base des chaînes trophiques (*voir plus loin – Les producteurs : une flore spécialisée*). Les mares sont des pièces d'eau généralement peu profondes, où la lumière est censée pénétrer jusqu'au fond. Ainsi, la végétation peut théoriquement se développer dans tout le plan d'eau puisque la photosynthèse y est possible. Cependant, pour les mares dont la **turbidité** est excessive à cause d'une forte densité de **matières en suspension** (MES), le développement des plantes est limité aux rives et aux berges.

Les précipitations sont d'une grande importance pour l'écosystème mare : elles sont souvent la seule source d'alimentation. Elles parviennent dans la mare directement de l'atmosphère, ou bien par ruissellement. Il arrive que des fossés, des rus, plus ou moins profonds, acheminent vers la mare des eaux pluviales provenant d'infiltrations ou d'écoulements de terrains plus éloignés.



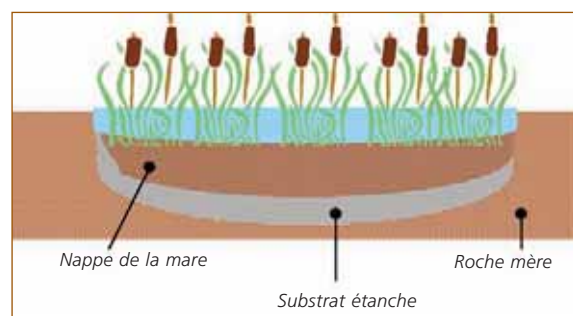
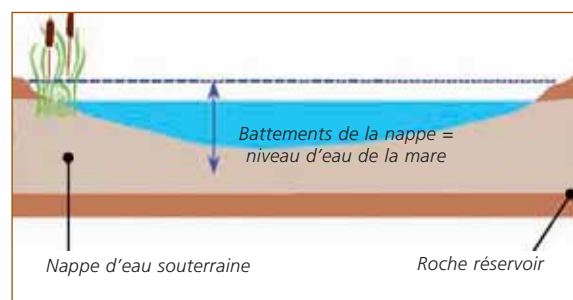
Origine de l'eau	Catégories de mares La flèche indique la provenance principale de l'eau ou le sens d'écoulement.	Régimes
Nappe phréatique	Type 1 	Mare permanente si la nappe phréatique reste suffisamment alimentée. Le niveau de l'eau reflète le niveau de la nappe. Depuis 2003, de nombreuses mares de ce type s'assèchent entièrement et de façon prolongée.
Ruissellement	Type 2 	Mare permanente et/ou temporaire Le régime dépend des précipitations, de la surface du bassin versant, de la capacité de stockage de l'eau, de l'évaporation...
Crue	Type 3 	Mare permanente et/ou temporaire Le régime dépend de la périodicité des crues. Il existe souvent une nappe alluviale sous-jacente.
Impluvium direct	Type 4 	Mare permanente et/ou temporaire Le régime dépend de l'étanchéité du substrat et de l'âge de la mare. Plus elle est ancienne plus le sol s'est gorgé d'eau (formation d'une nappe).
Résurgence	Type 5 	Mare permanente tant que la source n'est pas tarie. Typique en milieu karstique (source limnocrène), mais aussi dans les sables et les zones tourbeuses (suintements).
Collecteur, ruisseau, fossé	Type 6 	Mare permanente et/ou temporaire Le régime dépend de la quantité d'eau apportée par le fossé (collecteur ou ruisseau) et de la capacité de stockage de la mare.

Principaux types d'alimentation en eau des mares

Des eaux phréatiques (émergences de nappes) participent également au remplissage de mares, situées dans un contexte géologique particulier.

Concernant les nappes, il convient de ne pas confondre :

- la *nappe d'eau souterraine*, issue des eaux contenues dans la roche réservoir (= aquifère) et formant en surface la mare ;
- la *nappe de la mare*, constituée de l'eau retenue prisonnière dans les vases par un bouchon de végétation, entre la surface de la mare et son fond imperméable. Ces nappes existent surtout dans le cas de vieilles mares comblées et peuvent créer des conditions difficiles lors d'opérations de restauration : engorgement important, accès difficile, limité, voire dangereux.

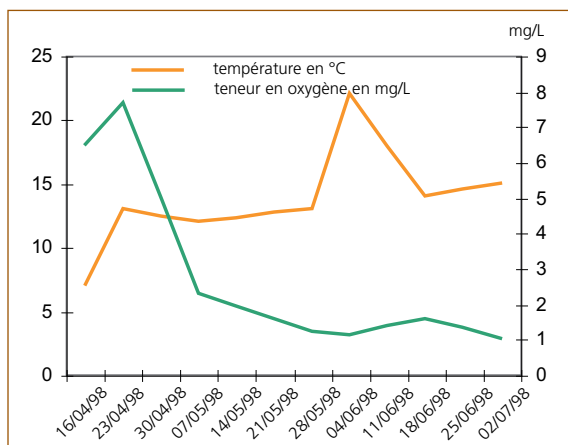


La température de l'eau de la mare, également due au rayonnement solaire, connaît des fluctuations journalières et saisonnières. Cette température varie aussi en fonction de la hauteur et de la quantité d'eau. Ainsi des mesures simultanées dans une mare montrent des écarts de 4 à 5 °C, malgré des conditions d'ensoleillement identiques. La mare ayant une faible profondeur et un volume relativement petit, l'eau, stagnante, peut s'élever en température l'été et geler en surface - mais aussi parfois profondément - en hiver. Par contre, l'eau n'étant pas un aussi bon conducteur de chaleur que l'air, sa température varie moins brusquement. Le réchauffement de l'eau, son évaporation et l'évapotranspiration des végétaux chlorophylliens, provoquent des variations de niveau. En été, il baisse jusqu'à atteindre l'**étiage**. A ce stade le volume d'eau est minimal, ce qui a pour effet d'accélérer le réchauffement, et donc l'évaporation. La mare s'assèche partiellement, voire totalement. L'intensité de la dessiccation dépend directement de la capacité de stockage et de rétention d'eau de la mare. De fait, les petites mares peu profondes, non reliées à une nappe, sont majoritairement temporaires.

Le substrat, source de nutriments

En interaction avec l'atmosphère, le substrat (vases-sol) fournit les substances chimiques nécessaires au développement de la vie : les nutriments. Les éléments chimiques nutritifs circulent à l'intérieur de l'écosystème par l'intermédiaire du réseau trophique, suivant des cycles biogéochimiques, dont les principaux sont ceux du carbone, de l'oxygène et de l'azote.

• Interaction avec l'atmosphère



Variations saisonnières de la teneur en oxygène et de la température d'une mare

Dans l'eau, l'oxygène (O₂) et le dioxyde de carbone (CO₂ : une des formes sous laquelle le carbone circule dans le cycle) sont les gaz dissous les plus importants. Leurs taux dépendent de plusieurs phénomènes physiques (notamment l'équilibre avec l'atmosphère) et biologiques (photosynthèse, respiration, décomposition de la matière organique). La teneur de ces gaz varie avec la température : les quantités d'oxygène et de dioxyde de carbone diminuent lorsque la température augmente. Les processus physico-chimiques et biologiques de formation et de décomposition de la matière organique interviennent également pour une large part dans les variations de concentration de ces gaz.

La photosynthèse, quant à elle, consomme du CO₂ et rejette de l'oxygène dans l'eau, le jour. La nuit, ou les jours très couverts (lorsque le rayonnement direct n'atteint pas l'eau), l'activité photosynthétique cesse.

Tous les organismes vivants aquatiques sont consommateurs d'oxygène, à travers la respiration. De même, la décomposition des débris et cadavres tombés au fond de la mare (matière organique morte), par des bactéries aérobies, entraîne une réduction du taux d'oxygène de l'eau. L'association de ces facteurs conduit à des variations importantes de la teneur en oxygène¹ de l'eau de la mare, qui, étant stagnante, ne connaît pas la réoxygénation par brassage (exception faite des mares alimentées par des fossés ou des rus qui renouvellent l'eau en hiver et au printemps).

• Le pH du milieu

La concentration en ions hydrogène détermine le pH, c'est-à-dire le caractère acide ou basique du milieu (pH < 7, acide ; pH > 7, basique). Le pH est en premier lieu lié à la nature géologique du substrat. Dans les mares, il est très variable. Ses fluctuations ont plusieurs origines. Par exemple, la photosynthèse a tendance à le faire augmenter, alors que la respiration et l'oxydation de la matière organique le font baisser.

La température a également une légère influence sur le pH qui augmente lorsque la température diminue. De fait, l'été le pH d'une mare varie au cours de la journée, puis de la nuit. D'une manière générale, on considère que le développement des espèces aquatiques, végétales ou animales est optimal lorsque le pH se situe entre 6 et 8.. Mais de nombreuses espèces, les plantes en particulier, s'accommodent de pH très bas (pH 4 : *Eryophorum polystachion*, *Juncus bulbosus*), ou à l'inverse élevé (pH 9 : *Chara sp.*).

¹ Par beau temps, dans une eau riche en hydrophytes, l'oxygène peut être en sursaturation le jour et en anoxie la nuit.

- *Les éléments minéraux*

L'azote est un des éléments chimiques essentiels à la vie, présent dans l'eau de la mare sous forme de gaz dissous (N₂), mais surtout de sels minéraux (nitrates, nitrites, ammonium, amoniac) et de divers composés organiques. Contrairement à l'oxygène et au carbone, l'azote, sous sa forme de gaz, n'est assimilable que par quelques organismes : seules certaines bactéries et plantes sont capables de le fixer directement. Le cycle de l'azote implique donc une série de transformations chimiques qui sont l'œuvre d'un petit nombre d'organismes spécialisés.

De nombreux nutriments participent à l'élaboration de la matière vivante. L'un d'eux, indispensable à la vie et présent en faibles quantités dans l'eau, est le phosphore. De façon naturelle, il arrive dans la mare en quantités limitées, par les eaux de ruissellement. Il est accumulé dans la vase (sédiments) au fond de la mare. Les eaux des mares contiennent encore bien d'autres éléments chimiques, comme par exemple le calcium, le sodium, le potassium, le chlore, etc.

- *La richesse nutritive du milieu*

Les milieux aquatiques peuvent être classés en fonction de leur richesse en éléments nutritifs : ils sont oligotrophes, mésotrophes ou eutrophes. «**Trophie**» signifie nourriture ; «**oligo**», faible, peu ; «**méso**», moyen ; et «**eu** », beaucoup, élevé. Un milieu **oligotrophe** est donc pauvre en nutriments, et un milieu eutrophe riche en matières nutritives. Le stade **mésotrophe** est un passage intermédiaire entre les deux autres stades. Quant à l'hypertrophie, elle caractérise un apport excessif d'éléments minéraux nutritifs, liés à des intrants polluants, qui conduisent à une prolifération des **macrophytes** et à une chute de la teneur en oxygène dissous. Le fonctionnement de la mare est alors complètement perturbé et n'est plus propice à la vie animale. Les cas d'hypertrophie rencontrés au sein de mares intraforestières concernent des biotopes en relation immédiate avec des terres cultivées où un usage trop intense d'engrais chimiques est pratiqué.

Tous les cycles des éléments nutritifs sont fortement liés les uns aux autres. Ils dépendent des conditions du milieu (présence et taux d'autres substances, température) et aussi des organismes vivants (la **biocénose**), qui utilisent tous ces éléments pour se développer.

La biocénose

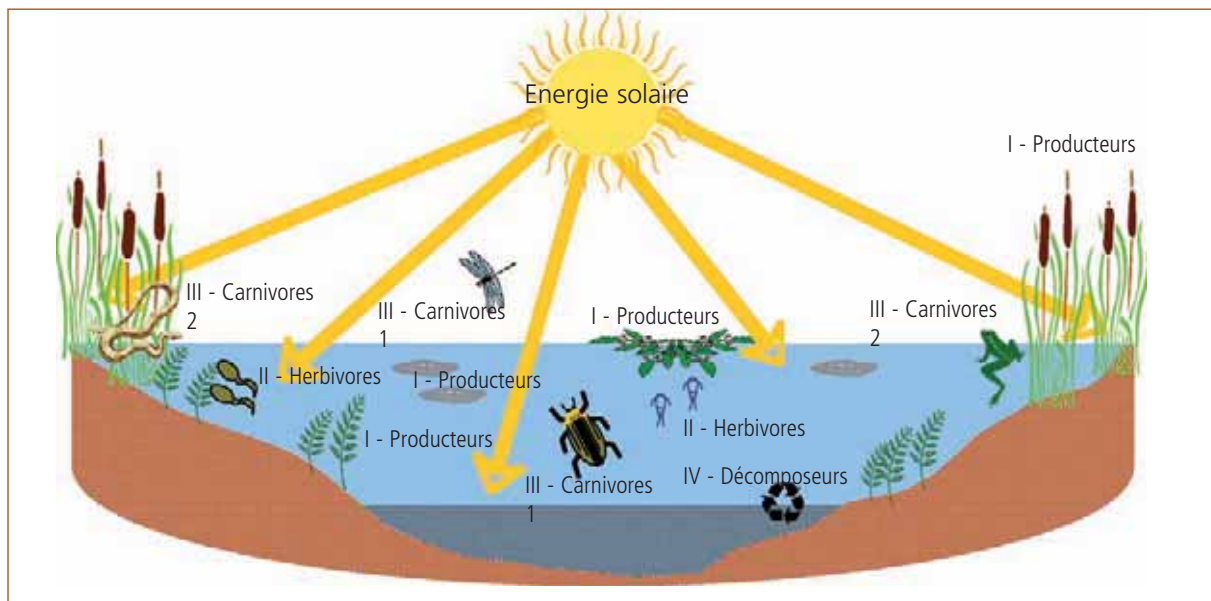
L'écosystème mare connaît de grandes fluctuations de ses facteurs abiotiques, et les espèces vivantes qui l'habitent se sont adaptées à ce milieu particulier. L'amplitude thermique de l'eau est importante, principalement entre hiver et été. La plupart des espèces aquatiques sont capables de vivre dans ce large intervalle de températures elles sont dites eurythermes. De plus, certains organismes passent la mauvaise saison à l'état de vie latente (sous forme d'œufs, de kystes, enfouis dans la vase...).

En été, une mare peut être asséchée. Ce manque d'eau temporaire ne s'accompagne pas de la disparition de toute vie, les espèces associées à ce milieu adoptant différentes stratégies. Certaines quittent la mare pour trouver une autre pièce d'eau, tandis que d'autres peuvent résister au manque d'eau en s'enfonçant dans la vase ou en y déposant des œufs très résistants enrobés dans une substance mucilagineuse (cas de certaines libellules du genre *Sympetrum*). Les plantes résistent aux fluctuations du niveau d'eau en vivant sur leurs réserves, accumulées dans leurs rhizomes ou leurs hybernacles (Myriophylles, Cératophylles). Ces fluctuations font également partie de l'écosystème mare. Elles agissent sur la présence et la répartition des espèces, tout comme la chimie des eaux. Biotope et biocénose sont donc intimement imbriqués.

Les êtres vivants adaptés à la vie dans la mare sont d'une grande variété : des plantes, des insectes, des mollusques, des batraciens, etc. Des formes de vie insoupçonnées participent également au fonctionnement complexe de ce petit milieu. Il s'agit là d'algues microscopiques, de microcrustacés (daphnies, copépodes), de rotifères, qui composent le **phytoplancton** et le **zooplancton**.

Le cycle de la matière, dans lequel interviennent les différents nutriments, est déterminé par les relations alimentaires, interactions les plus importantes au sein de la biocénose.

Les organismes acteurs dans le réseau trophique de la mare appartiennent, comme dans tout écosystème, à 3 niveaux d'organisation fonctionnelle : les producteurs (I : phytoplancton, macrophytes), les consommateurs (II-III : herbivores, carnivores qui occupent des rangs variés, selon la complexité de l'écosystème) et les décomposeurs (IV).



Les producteurs : une flore spécialisée

Comme dans tout écosystème les producteurs constituent le premier niveau trophique. A travers la photosynthèse, les végétaux chlorophylliens emmagasinent et convertissent l'énergie solaire en énergie chimique nutritive, essentiellement sous forme de glucose, qui va devenir le « carburant des cellules vivantes », selon l'expression utilisée par François Ramade, dans son dictionnaire encyclopédique de l'écologie. Dans une mare, les producteurs sont représentés par :

- le phytoplancton : flore aquatique constituée d'algues microscopiques, de diatomées, de chlorophycées, de phytoflagellés... ;
- les macrophytes : plantes supérieures aquatiques (hydrophytes) ou amphibies (hélrophytes).

• Les macrophytes

Les macrophytes possèdent plus qu'un simple rôle trophique dans l'écosystème mare. Ils servent également de support à de nombreuses algues, bactéries et au **périphyton**, de zone refuge contre les prédateurs. Des animaux aquatiques y déposent leurs œufs (insectes, mollusques, amphibiens...). Les plantes émergentes sont, pour certains insectes aquatiques, un moyen pour entrer et sortir de l'eau (par exemple, la larve de libellule sort de l'eau en grimpant sur une tige de plante lors de l'émergence). Les oiseaux **paludicoles**, bien que peu associés aux mares en comparaison des étangs, peuvent trouver dans les hélrophytes un refuge idéal pour y installer leur nid, en utilisant les chaumes

fournis par ces mêmes plantes. Lorsqu'ils meurent, les macrophytes se dégradent lentement. Ils s'accumulent au fond de la mare, où ils sont, en partie seulement, consommés par les détritivores et les décomposeurs. D'année en année, la mare devient moins profonde, ce qui permet à de nouvelles plantes de s'installer, en s'ancrant sur les débris végétaux et les vases organiques.

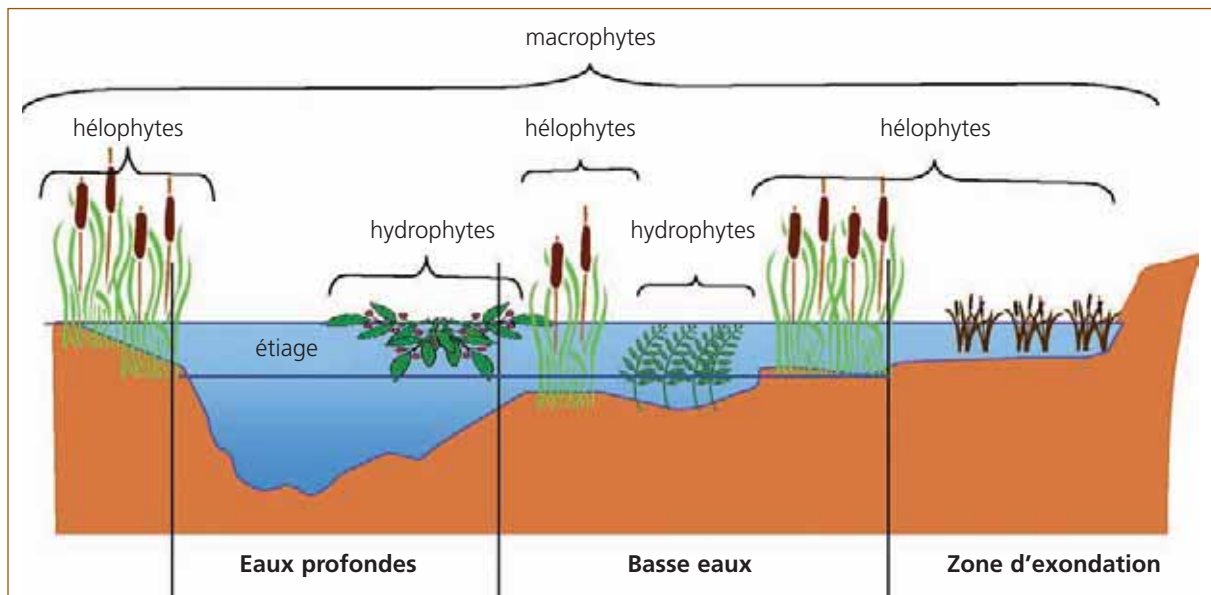
• Les hydrophytes

Les **hydrophytes** regroupent les plantes qui sont liées à la présence de l'eau : ils se développent entièrement dans l'eau ou en partie à sa surface. Suivant ces caractéristiques, certains sont totalement immergés (enracinés ou non), d'autres sont enracinés dans le fond de la mare mais flottent en surface, d'autres encore sont entièrement flottants. Toutes ces plantes ne peuvent survivre sans eau. Les échanges de CO_2 et d' O_2 se font sous forme dissoute.

• Les hélrophytes

Les **hélrophytes** colonisent des terrains un minimum engorgés. La base de certains d'entre eux est submergée en permanence tandis que d'autres sont implantés dans la zone d'exondation, là où la mare n'est pas inondée en permanence (puisque le niveau d'eau fluctue en fonction des apports saisonniers).

L'appareil végétatif des hélrophytes étant en grande partie aérien, le CO_2 utilisé lors de la photosynthèse provient donc directement de l'atmosphère, tout comme l'oxygène utilisé pour la respiration. Ce même gaz, produit par la synthèse de la matière organique, est relâché dans l'atmosphère. Par



contre, les autres nutriments essentiels à leur développement sont obtenus dans les sédiments immergés. Ces plantes émergentes forment un lien important entre l'eau et l'environnement terrestre. Elles constituent une «pompe à nutriments».

• Et les arbres ?

En milieu forestier, les mares sont pratiquement toujours entourées d'arbres (essences des peuplements environnants ou quelques arbres d'espèces plus hygrophiles). Bien qu'ils ne soient pas tous directement liés à l'écosystème mare, ces arbres contribuent à sa dynamique, de deux façons. D'une part, ils limitent la quantité de lumière qui arrive à la surface de l'eau, et réduisent d'autant les possibilités de développement des macrophytes héliophiles. D'autre part, leurs feuilles mortes et les branches tombées s'ajoutent à la matière organique accumulée sur le fond de la mare, fournissant ainsi des nutriments au milieu, et participant à l'épaississement de la couche de vases qui couvre le fond de la mare. Ces éléments sont dégradés plus ou moins rapidement selon les espèces et fournissent des nutriments différents.

En France métropolitaine, aucun arbre n'est véritablement aquatique, bien que certaines essences soient particulièrement hygrophiles, comme les saules (*Salix cinerea*, *S. atrocinerea*, *S. aurita*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le bouleau (*Betula pubescens*), le frêne (*Fraxinus excelsior*), l'orme lisse (*Ulmus laevis*), ou encore le tremble (*Populus tremula*).

Les consommateurs : une faune variée qui assure le transfert d'énergie dans l'écosystème

Des producteurs aux consommateurs tertiaires, voire quaternaires, une multitude d'espèces animales peuvent entrer dans le cycle de la vie de l'écosystème mare. Ce sont des organismes microscopiques qui constituent le **zooplancton** (protozoaires, rotifères, microcrustacés, etc.), des crustacés, des mollusques, des insectes de plusieurs ordres, qui interviennent sous forme larvaire et **imaginale**, des batraciens, des reptiles. De façon moins commune, les consommateurs peuvent être représentés par des poissons, des oiseaux ou encore des mammifères.

Leur présence dépend, tout comme pour les végétaux, des facteurs du biotope et de l'environnement immédiat, qui ne sont pas identiques pour toutes les mares.

La faune des milieux lenticules est divisée en trois catégories de consommateurs :

- le **zooplancton**, surtout constitué de microcrustacés Cladocères (Daphnies : le groupe le plus abondant du zooplancton d'eau douce) et Copépodes (brouetteurs de phytoplancton), ainsi que par les Rotifères (microphages, filtreurs) ;



source : N. Salmasso

- le **necton**, composé des animaux capables de se mouvoir activement dans l'ensemble de la mare (amphibiens, nombreux insectes tels que les notonectes ou les dytiques) ;
- le **neuston**, qui rassemble la faune inféodée à la surface de l'eau, essentiellement des insectes : Gerris, Gyrrins ;
- le périphyton.

S'y ajoute un cinquième groupe, le benthos (qui vit au fond) auquel appartiennent les principaux organismes décomposeurs et détritivores.

Les décomposeurs : des organismes microscopiques qui recyclent la matière

Tous les organismes vivant dans la mare, s'ils ne sont pas consommés par d'autres, finissent par mourir. Leurs restes, tombés au fond, sont décomposés par des organismes qui recyclent la matière. Ces décomposeurs et détritivores n'offrent pas une variété d'espèces aussi grande que celle des autres organismes vivant dans la mare, mais leur rôle est vital pour l'écosystème. Ils forment une zoocœnose particulière, qui vit à l'interface entre l'eau et le substrat de la mare : le benthos. Dominé par les saprophages, la faune benthique d'une mare regroupe principalement les Oligochètes (« vers de vases »), les Chironomes (Diptères), les Prosobranches (Gastéropodes).

Les bactéries aussi interviennent dans la décomposition de la matière organique morte. Lorsque les conditions de température sont favorables, les débris organiques sont rapidement disloqués chimiquement puis convertis sous une forme soluble, laquelle, relâchée dans le milieu, est assimilable par les végétaux et les animaux. Les bactéries fournissent donc les nutriments de base nécessaires aux formes de vie plus évoluées, qui ne pourraient pas les trouver par d'autres moyens.

Comblement ou atterrissement ?

Le **comblement** est le processus naturel d'accumulation de matière organique au fond de la mare, qui a pour effet de réduire voire d'éliminer la lame d'eau libre. L'apport de matière se fait par l'extension des macrophytes au sein de la mare, puis par leur décomposition. S'y ajoutent les débris des abords immédiats, essentiellement des feuilles mortes et des branches d'arbres.



L'**atterrissement** est un processus différent, temporaire, lié aux variations du niveau de l'eau. Bien qu'il aboutisse à la diminution de l'eau libre, il est issu du marnage, provoqué par le battement de la nappe et le recul de la lame d'eau. Cette exondation engendre un assec souvent partiel et temporaire, qui correspond à la période d'étiage. Il s'y développe alors des formes végétales de plantes restées à l'état de spores, de graines ou de rhizomes dormants, pendant la période de hautes eaux.



Les phénomènes d'atterrissement et de comblement peuvent se cumuler sur un même plan d'eau.

2 Evolution des mares : approche de la dynamique de ces milieux

Dynamique de la mare

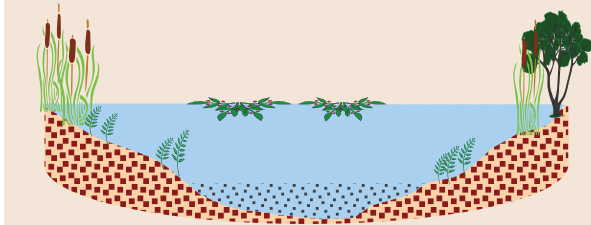
Une mare, au départ simple dépression remplie d'eau, est plus ou moins rapidement colonisée par des communautés d'êtres vivants adaptés. Les espèces pionnières sont les insectes volants, certains amphibiens, des organismes microscopiques ainsi que les végétaux. Le nombre d'espèces augmente progressivement, jusqu'à saturation du système, la compétition limitant la quantité d'individus.

Si l'écosystème n'est pas gravement perturbé, la mare connaîtra une diversité spécifique maximale lorsque l'équilibre entre tous les éléments biotiques et abiotiques sera atteint. Mais l'espérance de vie de ce système est limitée, car il est continuellement en évolution. La biocénose modifie le milieu physique et chimique. Une part croissante de matière organique n'est pas recyclée et se dépose au fond de la mare réduisant son volume puis bientôt sa surface : ce processus naturel est nommé comblement et diffère du phénomène d'atterrissement (voir encadré ci-contre). Les végétaux gagnent ce nouveau substrat et poursuivent ainsi leur extension au sein de la mare. Schématiquement, l'implantation des macrophytes est souvent représentée de deux manières :

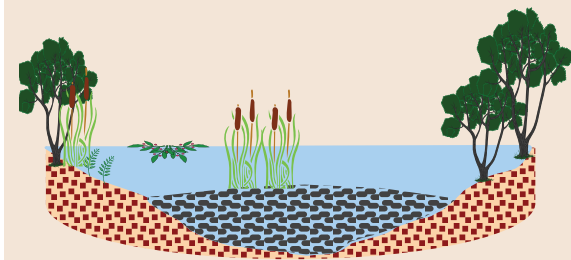
- des rives vers le centre de la pièce d'eau (colonisation centripète) ;
- du centre (ou des hauts fonds) vers les berges.

Sur le terrain, cette représentation est plus nuancée, le centre de la mare n'étant pas forcément son point bas, et ne constituant donc pas systématiquement une zone d'accumulation de vases. Ceci dit, il est avéré que la colonisation végétale des mares intra-forestières se fait plus souvent depuis le cœur de la mare vers ses rives, qu'inversement. Du point de vue du fonctionnement de l'écosystème, cette particularité éloigne un peu plus la mare de l'étang.

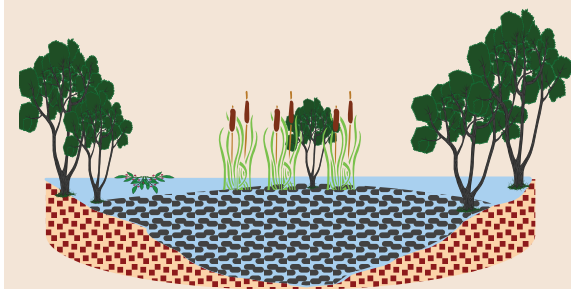
Etapes de la dynamique de comblement d'une mare



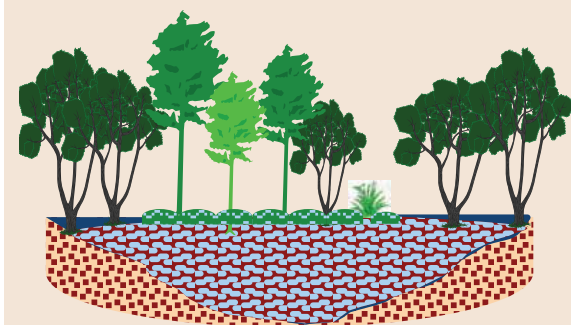
La lame d'eau libre se réduit avec le développement des macrophytes, l'apport de feuilles, de branches mortes, de sédiments, etc.



Progressivement, les macrophytes colonisent les zones d'atterrissement et gagnent sur la mare. En se décomposant, ils augmentent le volume de matière organique morte, de vases, et participent ainsi au comblement du milieu.



En général, ils finissent par s'implanter dans l'ensemble du milieu, de plus en plus dominé par une végétation ligneuse, ce qui accélère le processus de comblement.



A terme, un boisement humide (tourbeux ou non) remplace le plan d'eau. La mare a alors disparu : l'écosystème aquatique en tant que tel n'existe plus.

La durée nécessaire au comblement total d'une mare est mal connue, d'autant qu'elle varie selon la nature et la structure du plan d'eau. Entre autres facteurs, la vitesse d'évolution d'une mare dépend surtout de :

- **sa profondeur**, une grande mare profonde se comble plus lentement qu'une petite mare plate ;
- **du contexte forestier environnant** : forêt dense / forêt claire, sols pauvres / sols riches, types d'écosystèmes forestiers ;
- **son ouverture** : le recul de la lisière boisée diminue les apports de feuilles mortes, mais facilite le développement des macrophytes au

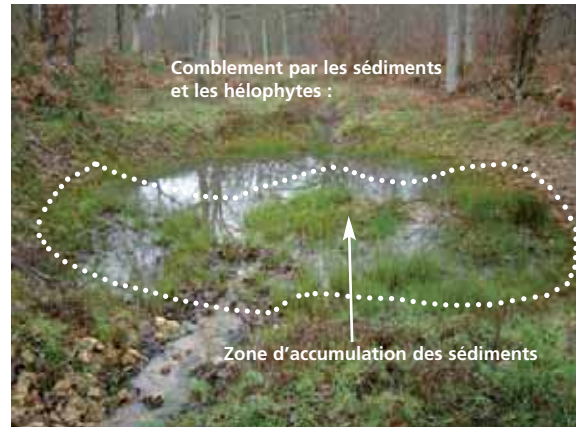
sein de la mare. Là aussi, la profondeur régle la colonisation et le comblement par les plantes ;

- **son alimentation** : des mares à fort marnage, souvent peu profondes et connectées à des fossés, voient un développement plus rapide des macrophytes que des mares à faibles variations du niveau de l'eau, qui sont en général des mares profondes et isolées du réseau hydrique. Les mares alimentées par des collecteurs sont, en outre, soumises à une plus forte sédimentation qui, mêlée aux végétaux, accélère le colmatage du plan d'eau ;

Exemple de vitesse de comblement d'un bassin de sédimentation de 60 m² alimenté par un ru temporaire :



Février 2003, 4 mois après le creusement du bassin.



Janvier 2004, état de comblement après une saison de végétation : environ 30 cm de sédiments se sont déposés en 15 mois et 2/3 du bassin sont végétalisés.

- son (micro)bassin versant : la pauvreté ou la richesse des nutriments influe sur la vitesse de colonisation et d'extension des végétaux ;
- la stabilité du régime hydrique : une mare soumise à des assèchements de plus en plus précoces et de plus en plus prolongés, comme cela est constaté sur la période 2003-2006, peut être soumise à une accélération de son comblement par les macrophytes, alors que celui-ci, inversement, peut être ralenti lors de cycles prolongés de hautes eaux.

Exemples de quelques stades d'évolution de mares intraforestières :

Stade initial



Colonisation du plan d'eau par les hydrophytes. Développement des héliophytes sur les berges et sur les dépôts de vases organiques.



Poursuite de l'extension des héliophytes, au détriment des hydrophytes. Accroissement du volume de vases organiques où s'installent quelques saules.



Développement des saules dans la mare. Evolution vers une saulaie « sèche » (mare peu profonde) ou tourbeuse (mare profonde).



La saulaie « sèche » se transforme en boisement frais (trembles, etc.). La saulaie tourbeuse évolue en boulaie à sphaignes.



La formation des mares tourbeuses à sphaignes

La tourbe subaquatique

Contrairement aux idées reçues, une mare intraforestière ne devient pas tourbeuse au moment de l'apparition de sphaignes, mais bien avant, en accumulant des vases organiques qui se dégradent très peu. Le comblement par des vases et des matières organiques molles non décomposées (débris végétaux) crée, par accumulation et tassement au fond de la mare, une tourbe d'origine subaquatique (selon la définition de Da Lage & Métaillé, 2000), aussi appelée « tourbe infra-aquatique ». C'est le point de départ d'une mare tourbeuse intraforestière où, bien plus tard, apparaîtront des sphaignes sur substrat acide ou une végétation de tourbière alcaline sur substrat neutre, qui à mesure de leur développement formeront un radeau (pas toujours flottant : un îlot) arbustif voire arborescent.

Les sphaignes : structure de biotope et composantes patrimoniales des mares tourbeuses

D'un point de vue fonctionnel, trois catégories de sphaignes se distinguent :

- les sphaignes à très faible activité **turfigène**, qui forment des tapis très fins sur berges ombragées telles que *Sphagnum fimbriatum* (colonise les boisements humides et le pied des arbres), *Sphagnum palustre* (sur humus brut et suintant).
- les sphaignes à activités turfigènes modérées, qui accumulent la matière organique et constituent les îlots tourbeux (posés sur la matière organique et l'humus) : *Sphagnum subnitens*.

- les sphaignes à activités turfigènes fortes, appartenant aux groupes *magellanicum* et *rubellum* qui forment des tremblants ou des buttes, constitués de sphaignes flottantes telles que *Sphagnum cuspidatum* (non turfigène), qui composent un radeau flottant sur l'eau où les espèces turfigènes viennent s'ancrer par la suite.

Si les sphaignes forment une pièce maîtresse du fonctionnement de la mare tourbeuse et participent activement à la structuration de l'écosystème, certaines d'entre elles, en tant qu'espèces, possèdent en outre une forte valeur patrimoniale du fait de leur rareté.

Succession écologique simplifiée du cortège de sphaignes d'une mare tourbeuse

Sphagnum subnitens (AC) et *S. denticulatum* (TC) sont les éléments fondateurs de la tourbière à sphaignes qu'elles construisent en colonisant les vases organiques et la tourbe subaquatique. Ces sphaignes sont accompagnées rapidement par *S. palustre* (TC), *S. papillosum* var. *laeve* (C) puis secondairement par *S. fallax* (C) et *S. flexuosum* (C). A ce stade, le développement du boisement à sphaignes s'accélère, car les sphaignes consolident le substrat où les graines de saules et de bouleaux peuvent s'implanter et croître plus facilement. Quand le boisement devient plus dense, *Sphagnum fallax* et *S. flexuosum* dominent le tapis de sphaignes, alors que *Sphagnum fimbriatum* (AC) peut progressivement dominer les stades de tourbières très boisées, fermées, en colonisant la base des bouleaux. *S. squarosum* (AC) se développera dans les petits îlots centraux ou nappant les bordures des petites mares très ombragées.

Sphaignes d'intérêt patrimonial pour l'Île de France et les départements limitrophes :

Espèces	Statut IdF	Type de tourbière	Biotores caractéristiques	Présence dans les mares
<i>Sphagnum tenellum</i>	Très Rare	En marge des tourbières actives	En bord de gouilles dans les landes tourbeuses	
<i>Sphagnum teres</i>	Rare		Interface entre saulaie tourbeuse et eau libre, espèce sub-flottante	Mares et queues d'étangs
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Très Rare	Tourbières actives	Tourbières vraies	Mares de platières et mares de landes tourbeuses
<i>Sphagnum papillosum</i>	Rare	Tourbières semi-actives	Landes tourbeuses	Rarement en mares
<i>Sphagnum rubellum</i> (+ <i>S. capillifolium</i>)	Assez Rare	Tourbières semi-actives	Landes tourbeuses	Rarement en mares
<i>Sphagnum angustifolium</i>	Assez Rare		Saulaies et boulaies tourbeuses	Mares tourbeuses boisées
<i>Sphagnum compactum</i>	Assez rare à Assez Commun	Sur sol humifère/humide légèrement tassé, ne produit pas de tourbe	Landes humides, parfois en bordure de mares oligotrophes ouvertes. sur berges en zone de transition entre lande sèche et humide	Mares de platières et mares de landes tourbeuses ouvertes

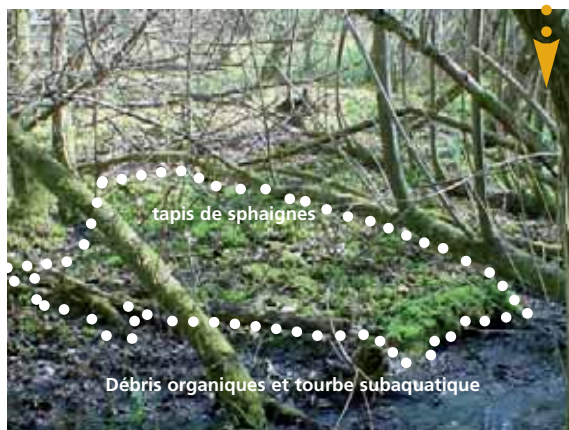
Selon les cas, les sphaignes colonisent des mares où le boisement est déjà bien constitué et représenté surtout par de vieilles saulaies inondables. Elles apparaissent aussi dans des mares très ouvertes, et viennent s'ancrer sur les débris et les vases organiques de surface, ainsi qu'aux pieds des héliophytes (joncs, Carex, molinie) ou des ligneux déjà en place.

Evolution tourbeuse d'une mare fermée :

La mare a d'abord tendance à se boisier, le manque de lumière limitant rapidement les héliophytes, mais facilitant néanmoins la progression des saules, où les sphaignes n'apparaîtront que dans un deuxième temps. Voilà pourquoi certaines saulaies se voient progressivement colonisées par des tapis de sphaignes, et non l'inverse (photos ci-dessous).



Progressivement la saulaie envahit la mare, accélère le comblement et augmente la quantité de débris organiques nécessaires à la production de tourbe subaquatique.



La saulaie gagne l'ensemble de la mare. Des tapis de sphaignes apparaissent alors sur la tourbe subaquatique.

Petit à petit, les tapis de sphaignes s'épaississent et peuvent s'étendre à toute la saulaie. Les sphaignes de ces saulaies sont peu turfigènes et progressent grâce aux substrats vaso-organiques préexistants. Elles appartiennent au groupe des « sphaignes vertes », qui recherchent l'ombre pour se développer. Elles ne forment jamais de tourbière bombée (réservée au groupe des « sphaignes rouges »), mais plutôt des faciès tourbeux sylvatiques, que l'on retrouve surtout en îlot central, mais parfois aussi dans l'anneau périphérique de la mare. Très lentement, la flore se modifie : développement de Carex qui vont recouvrir partiellement les mousses, implantation de jeunes bouleaux qui à terme supplanteront une bonne partie des saules. C'est ainsi que va naître la boulaie tourbeuse à sphaignes.



Boulaie à sphaignes colonisant une mare tourbeuse : au premier plan, les restes de la saulaie

Evolution tourbeuse d'une mare ouverte :

Les sphaignes et les jeunes saules apparaissent plus ou moins simultanément dans le milieu, déjà fortement comblé en tourbe subaquatique, sur laquelle s'est développé un couvert dense d'héliophytes (photos ci-dessous).



Evolution d'une mare ouverte en mare tourbeuse : saules et sphaignes colonisent ensemble et à peu près simultanément le milieu.

Saules et sphaignes vont recouvrir lentement la mare, engendrant au bout de plusieurs années un boisement tourbeux où des bouleaux domineront progressivement les saules.

Ces derniers finiront par se maintenir à la périphérie de la tourbière, donnant au site l'aspect typique de nos vieilles mares tourbeuses : un anneau de saules inondés encerclant un radeau (ou îlot) exondé de sphaignes ou de Carex, dominé par une boulaie.

Au sein de nos territoires, la dynamique d'une mare tourbeuse intraforestière n'est pas tout à fait celle d'un lac ou d'un étang. Nos mares tourbeuses, de superficie souvent réduite, se voient très rapidement colonisées par la végétation forestière riveraine : elle ne forme donc que très rarement des radeaux ouverts à sphaignes. Sous climat atlantique, les plantes vasculaires concurrencent de façon très intense les sphaignes¹. C'est pour cela que les faciès de tourbières ouvertes n'existent pas de manière naturelle dans nos mares, les îlots à sphaignes passant directement à des stades d'embroussaillage plus ou moins denses, quand ils ne s'implantent pas dans des formations déjà boisées.

Pensant rajeunir des tourbières, différents gestionnaires ont déboisé des mares tourbeuses durant les années 1990-2000. Les îlots ou les radeaux de sphaignes ainsi mis en lumière ont permis l'accroissement des populations de plantes remarquables associées à ces milieux : *Eriophorum polystachion*, *Carex curta*, *Menyanthes trifoliata*, etc. Mais ces opérations impliquent des actions d'entretien régulier, les ligneux rejetant très rapidement (lire Partie 4 : gestion des mares tourbeuses), le stade de tourbière ouverte non boisée n'étant finalement pas si naturel dans nos mares.

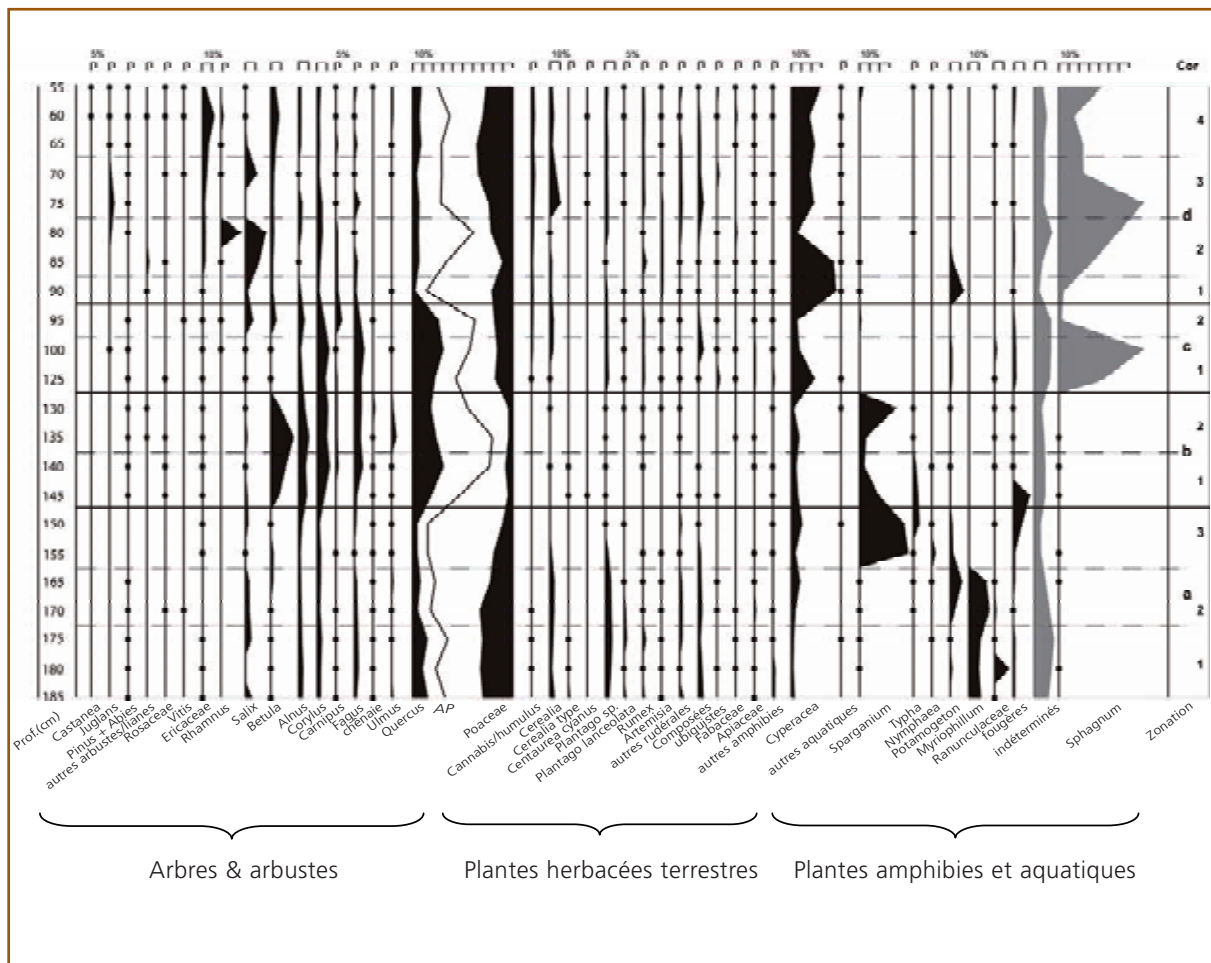
L'archéologie : un outil pour comprendre l'évolution d'une mare

En dehors des aménagements spécifiques et des vestiges archéologiques pouvant nous renseigner sur l'origine ou les usages anciens d'une mare, cette dernière peut également fournir des informations sur sa propre histoire et sur celle de l'évolution de la végétation environnante au cours du temps, grâce à la palynologie.

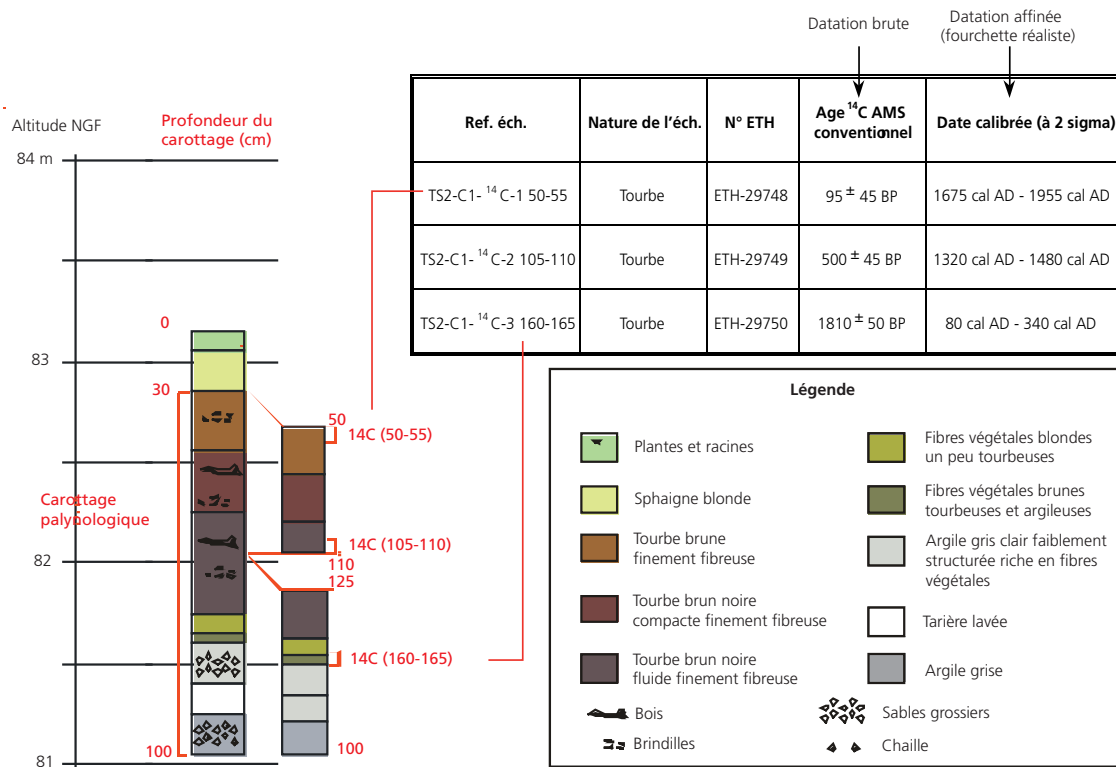
La palynologie

La palynologie étudie les grains de pollen et les spores. Elle se base sur la spécificité morphologique du pollen, permettant la détermination des plantes productrices de ce même pollen. Un certain nombre de contraintes méthodologiques sont bien évidemment liées à cette discipline mais la détermination et le comptage des pollens et des spores dans un échantillon permettent de reconstituer une image de la pluie pollinique et donc de la végétation autour de l'endroit d'où provient l'échantillon. L'analyse palynologique nécessite des pollens bien préservés, c'est à dire conservés dans un milieu pauvre en oxygène et en micro-organismes. C'est principalement dans le fond des mares, parmi les débris végétaux et les matières organiques mal décomposées, que sont piégés les pollens. Les mares tourbeuses et les tourbières, milieux humides généralement acides et anaérobies, présentent de très bonnes conditions de préservation des pollens. Il est donc possible d'y effectuer des prélèvements par carottage. Chaque carotte est découpée en plusieurs échantillons où sont comptés et identifiés les pollens et les spores, ce qui permet de dresser la liste des taxons qui se sont accumulés dans la tourbe. Les végétaux ainsi découverts sont reportés dans un diagramme et classés en grands ensembles écologiques : végétation forestière, herbacée terrestre, flore amphibie, plantes aquatiques, etc.

¹ contrairement à ce qui se passe dans les tourbières sous influence boréale ou sub-arctique, où la colonisation primaire s'opère par des groupements flottants sphagnicoles stricts. Dans les régions atlantiques de l'ouest européen, les tourbières de plaine sont l'héritage d'un passé récent (- 12 000 à - 15 000 ans). Elles subissent de plein fouet les évolutions climatiques et anthropiques. Leur existence même est précaire : elles sont vouées à se réduire encore plus.



Ce diagramme montre la prédominance d'une végétation aquatique et amphibie durant la première moitié de l'existence de la mare. Puis, à mesure que la densité du boisement augmente tant en périphérie, qu'à l'intérieur de la mare (implantation de saules et d'aulnes), les sphaignes apparaissent. L'évolution de la tourbière à sphaignes semble interrompue, sans raison connue, par un retour momentané de la mare vers un système plus aquatique où prédominent alors les potamots (hydrophytes). Cet épisode s'achève par la recolonisation de sphaignes et le fort développement de Cypéracées. Si les sphaignes restent présentes jusqu'à nos jours, leur quantité dans les carottages diminue très nettement, alors que les Cypéracées paraissent plus stables.



(source : C. Dardignac, ONF - cellule Archéologie)

Dans cet exemple, la base de la carotte est datée de la fin de l'Age du Fer / début de l'Antiquité, donnant à la mare un âge moyen d'environ 2000 ans.

Coûts de l'expertise :

Analyse palynologique : 375 € HT par jour de spécialiste

Datation radiocarbone : 765 € HT par échantillon



Carotte de tourbe prélevée à la tarière à piston stationnaire.

Les mares de platières

Les dalles de grès Stampien du massif de Fontainebleau, qui affleurent hors du sable, constituent un paysage typique que l'on assimile au terme de « platière ». Ces platières, à la morphologie accidentée, forment par endroit des dépressions de taille variable dont le fond, du fait de la cimentation du grès, demeure quasi imperméable. Temporaires ou permanentes, ces cuvettes retiennent une partie de l'eau de pluie et des ruissellements, créant ainsi les mares de platières. De la simple vasque d'un mètre carré à la mare de plusieurs ares, la physionomie de ces milieux est très variable, ce qui offre une large gamme d'habitats, source d'une richesse biologique considérable.



Vasque d'1 m² environ



Mare de platières d'environ 1 000 m²

Le plus souvent d'origine naturelle, certaines d'entre elles ont été entretenues et parfois modifiées par l'homme pour abreuver les animaux domestiques qui parcouraient la forêt jusqu'à la fin du 19^e siècle. On les rencontre essentiellement dans le Sud de l'Île-de-France : Gâtinais et massif de Fontainebleau.

Les eaux de ces mares peuvent présenter des caractères physico-chimiques assez variables suivant la nature du substratum. Ainsi, les valeurs de pH s'étendent entre 3,5 et 6,5 ; la neutralité résultant du contact de l'eau avec des nodules de calcaire inclus dans le grès.

Les mares de platières évoluent très lentement, constituant progressivement un fond humifère. La végétation pionnière est remplacée petit à petit par des plantes des landes humides, qui finissent par former des touradons de molinie et de sphaignes, où saules et bouleaux s'implantent en mélange. La mare tend alors à disparaître.

La flore des mares de platières constitue la principale richesse écologique. Parmi ces espèces on notera *Ranunculus nodiflorus* et 11 espèces de sphaignes (dont *Sphagnum magellanicum*). La faune présente aussi quelques espèces intéressantes ; ne serait-ce que par la présence dans certaines vasques d'un très rare crustacé phyllo-pode : *Tanymastix stagnalis*.



Mare temporaire à *Ranunculus nodiflorus*, en fin d'été



Vasque gréseuse d'1 m² où se développe *Tanymastix stagnalis*

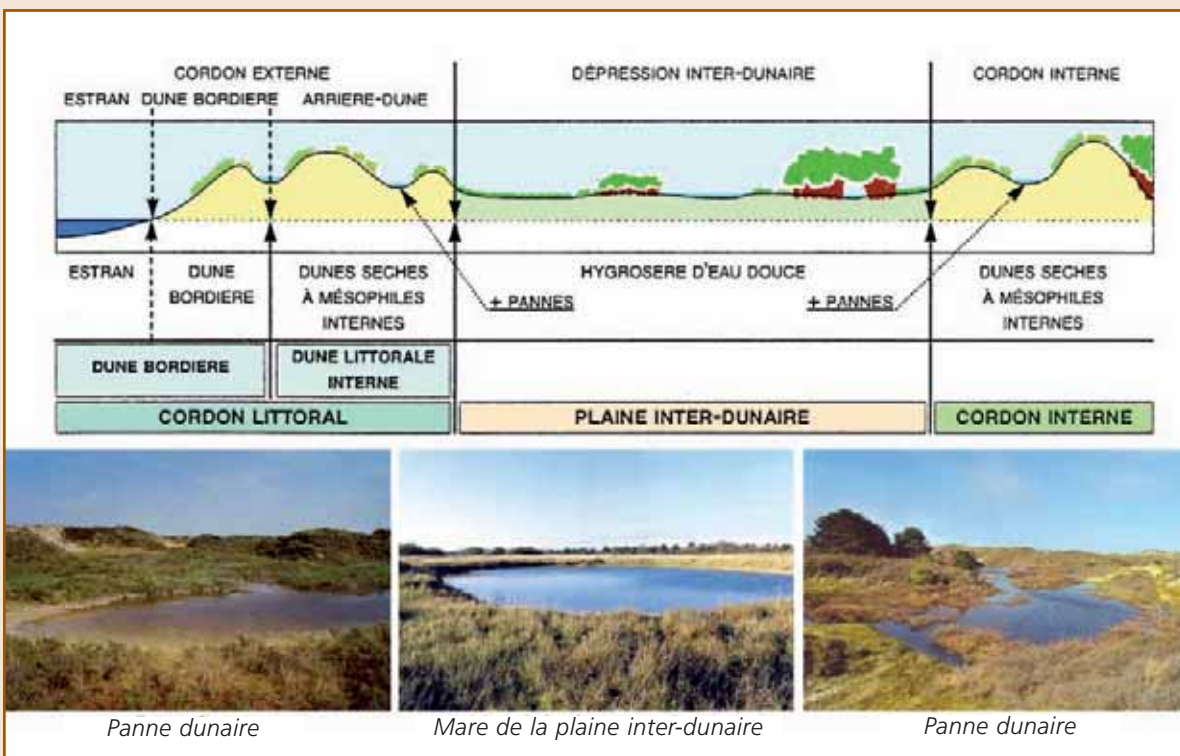
Les mares dunaires

L'ONF gère deux des plus importants domaines dunaires de France. Le premier est situé sur le littoral Atlantique (près de 200 km de côtes). Le second comprend la Réserve Biologique Domaniale Dirigée de la Côte d'Opale (Merlimont, Pas-de-Calais). Ce cordon dunaire, situé entre les estuaires de la Somme et de la Canche, adopte un profil typique des systèmes de dunes mobiles.

Sous l'action continue du vent, s'est mise en place une micro-topographie complexe liée aux différentes formes de remaniement des dunes. Dans les creux de déflation se sont formées des dépressions humides caractéristiques : les pannes. Celles-ci se remplissent régulièrement d'eau et sont assimilées à un type particulier de

mare. Dans la plaine inter-dunaire, on rencontre également de nombreuses mares, principalement d'origine anthropique : abreuvoirs à bétail, points d'eau pour le gibier, trous de bombes, etc.

Les dunes littorales, développées à partir de sédiments quaternaires en mouvement, constituent un aquifère libre. Elles renferment une nappe d'eau douce superficielle, appelée nappe dunaire, qui affleure au niveau des pannes. Celle-ci fait aussi office de « plancher de déflation » dans la plaine interdunaire et limite ainsi son érosion. Cette nappe phréatique ne varie qu'en fonction des précipitations et ne fluctue pas selon les marées, contrairement aux nappes plus souterraines.



Profil Ouest-Est de la Réserve Biologique Domaniale dirigée de la Côte d'Opale (Merlimont-62), d'après l'Aménagement forestier

La nappe dunaire alimente le réseau de pannes, dont les eaux approvisionnement ensuite les mares de la plaine. Le réseau hydrographique évacue alors les eaux superficielles vers un exutoire. Du fait du milieu sableux, ces mares et ces panes sont en général temporaires, inondées principalement entre mi-octobre et mi-mai. A sec, elles sont rapidement colonisées par les ligneux et nécessitent un débroussaillage avec exportation des produits. Des curages ponctuels sont parfois nécessaires pour conserver des stades pionniers.

Les panes humides jeunes de la dune interne permettent d'observer la succession des habitats dans la dynamique de colonisation par la végétation du substrat sableux humide peu organique. Les niveaux aquatiques quasi-permanents (herbier infra-aquatique à Characées, herbier aquatique à *Potamogeton gramineus*) laissent place aux fourrés bas longuement inondables à *Salix arenaria*, en passant successivement par les bas-marais dunaires inondables, les groupements oligo-mésotrophes amphibies de bas niveau et les prairies dunaires hygrophiles. Ces milieux hébergent une faune et une flore singulière, riches de nombreuses plantes rares comme *Liparis loeselii*, *Teucrium scordium*, *Parnassia palustris* et *Littorella uniflora*. A Merlimont, on compte pas moins de 11 amphibiens qui s'ajoutent à la diversité entomologique et ornithologique du site.



Panne humide jeune de la dune interne

3 La flore, la végétation et les habitats remarquables



La végétation des mares est un support de vie pour la faune : habitat larvaire, support d'émergence, zone refuge ou terrain de chasse

C'est plus d'une centaine de plantes que les mares sont susceptibles d'héberger. Avec l'eau, la flore est une composante importante de l'écosystème mare. Il existe trois grands types de végétaux :

- le phytoplancton : des algues microscopiques ;
- les macrophytes : les plantes supérieures (joncs, Carex, etc.) ;
- les mousses et les hépatiques.

Le phytoplancton est la source nourricière de l'écosystème mare. Le développement d'une partie de la vie animale de la mare repose sur lui. Les macrophytes représentent la végétation visible des mares. S'ils assurent aussi un rôle trophique, ils structurent la mare en différents faciès de végétation qui :

- traduisent une organisation « sociale » des plantes en groupements végétaux (aspects phytosociologiques) ;
- offrent un support pour la vie animale, en formant différents (micro-)habitats favorables à l'installation d'une faune aquatique et amphibie. Les macrophytes constituent des prairies aquatiques, des roselières basses (parvo-roselières) et parfois hautes, des **magno-cariçaies**, etc. Ces formations végétales sont utilisées par un grand nombre d'invertébrés ou de vertébrés comme zone de ponte, d'alimentation ou de refuge face aux prédateurs. La biomasse animale d'une mare est beaucoup plus élevée dans la partie immergée des macrophytes, que dans leur partie aérienne. Les mousses et les hépatiques forment des cortèges botaniques souvent réduits (quelques mètres carrés).

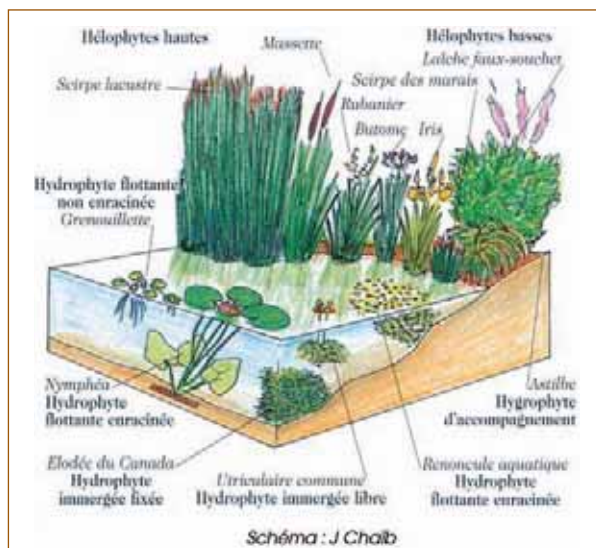
Les différentes formes de plantes supérieures des mares

Les botanistes divisent la flore des mares en :

hydrophytes : végétaux aquatiques dont les organes qui assurent la pérennité de la plante passent l'hiver sous l'eau :

hydrogéophytes : hydrophytes fixés dont les bourgeons d'hiver sont portés par un rhizome enfoncé dans la vase (ex : *Potamogeton polygynifolius*) ;

hydrohémicryptophytes : hydrophytes fixés dont les bourgeons d'hiver sont situés à la surface du substrat solide ou vaseux (ex : *Luronium natans*) ;



hydrothérophytes : plantes aquatiques libres ou fixées passant l'hiver à l'état de graines ou de bourgeons spéciaux caducs (ex : *Utricularia neglecta*) ;

hélophytes : plantes croissant au bord de l'eau, enracinées dans la vase, dont seule la base (avec les bourgeons d'hiver) est submergée (ex : *Typha latifolia*) ;

Pour simplifier, il existe dans les mares :

- des plantes se développant dans la zone de battement de la lame d'eau, sur les berges, îlots et touradons ;
- des plantes de pleine eau, enracinées immergées, ou flottantes et non enracinées flottantes.

Les mares ne renferment pas toutes de la végétation. Lorsqu'elle est présente, la végétation peut être :

- homogène et peu diversifiée : faciès unique à glycérie ou à saules, etc.
- variée et agencée en mosaïque : cariçaie, scirpaie, herbiers à *Eleocharis*, prairies aquatiques à *Callitriche*, *Potamogeton*, etc.

Stratégies de colonisation et d'adaptation des plantes dans une mare

Les mares sont des écosystèmes où il n'y a pas toujours de limite bien nette entre ce qui relève de la mare proprement dite et les milieux riverains.

Les biotopes terrestres et aquatiques sont parfois intimement imbriqués. La mare peut donc empiéter à un moment donné sur une prairie humide, une lande humide, un peuplement forestier, pour se réduire ensuite à un milieu purement aquatique, laissant apparaître des rives aux sols gorgés d'eau.

Comment se répartissent les végétaux dans la mare ?

Malgré un aspect parfois entremêlé, la végétation n'est pas disposée par hasard, mais groupée en associations de plantes présentant sensiblement les mêmes exigences écologiques. Ces associations se répartissent selon plusieurs critères.

En fonction de la profondeur de l'eau :

Ce facteur détermine l'installation d'un gradient de végétation. La corrélation profondeur/type de plantes dépend de la faculté des ces dernières à émettre des tiges leur permettant de fleurir en surface. Le Jonc des tonneliers (*Scirpus lacustris*) a trouvé la parade, en dépassant les trois mètres de hauteur, il s'accommode de grandes profondeurs. Certaines plantes préfèrent attendre ces périodes d'exondations estivales pour fleurir (ex : Bidens radié, *Bidens radiata*). Enfin d'autres espèces, dites à éclipses, attendent des conditions favorables pour se développer, c'est le cas du Flûteau nageant (*Luronium natans*) et de l'Etoile d'eau



Evolution des types de végétation en fonction du gradient hydrique : la limite entre mare et forêt n'est pas toujours bien nette...



Evolution de la physionomie de la végétation d'une mare en fonction du niveau de l'eau

(*Damasonium alisma*) qui peuvent rester à l'état de graines plusieurs années, avant d'apparaître de nouveau, grâce au retour de conditions favorables.

La hauteur d'eau, la lumière, la composition chimique de l'eau, le substrat procurent aux plantes différentes niches écologiques :

- **sous l'eau** : les hydrophytes immergés forment des prairies aquatiques, qui peuvent être très denses, lorsqu'elles sont composées de Myriophylles, de Characées ou encore d'Elodées ;
- **entre deux eaux** : les Utriculaires flottent sous la ligne d'eau, mais fleurissent au-dessus. D'autres plantes, enracinées au fond de la mare, fleurissent en surface (ex : l'Oenanthe aquatique, *Oenanthe aquatica*) ;
- **à la surface** : les plantes flottantes sont adaptées aux fluctuations du niveau de l'eau. Elles profitent ainsi d'un meilleur éclaircissement et s'adaptent de manière optimale à ces variations. C'est le cas des *Lemna* (lentilles d'eau) ou des

Riccia, hépatiques à thalle. Il existe aussi des plantes sans racines, pourvues de rhizoïdes (simple rôle de fixation) telles qu'*Hydrocharis morsus-ranae*, qui se propage par stolons. Certaines graminées enracinées au fond, comme la Glycérie flottante (*Glyceria fluitans*) ou le Vulpin roux (*Alopecurus aequalis*), forment souvent en surface des radeaux flottants ;

- **en zone de marnage** : les berges, si elles ne sont pas trop abruptes, accueillent essentiellement des héliophytes, dans la partie soumise aux variations du niveau de l'eau : parvo-roselières à *Eleocharis palustris*, cariçaias à *Carex pseudocyperus*, massifs de rubaniers (*Sparganium erectum*) ou d'iris, magno-roselières à phragmites ou massettes. Ces grands héliophytes, grâce à leurs rhizomes profonds, peuvent coloniser de vastes étendues et former ainsi des roselières presque pures, éliminant les autres plantes du fait de leur grande taille. Les zones d'accumulation de vases, soumises à une forte exondation, permettent le développement d'arbustes, puis d'arbres, en particulier des saules.



Gazon ras de Pilulaire sur rive exondée



Renoncles fleurissant à la surface de l'eau



Développement d'un herbier de Plantain aquatique en pleine eau



Parvo-roselière à Iris, Plantain et joncs, colonisant une rive plane

En fonction de la luminosité :

Une faible intensité lumineuse limite l'expression de la flore. Pourtant, certaines espèces s'accommodent mieux que d'autres d'une faible luminosité. C'est le cas de *Carex acutiformis*. Mais, de manière générale, l'augmentation de l'éclairage au niveau de la mare permet un plus fort développement des macrophytes et du phytoplancton. Les héliophytes colonisent assez facilement, et parfois rapidement, les portions de berges et les plans d'eau récemment mis en lumière. En revanche, les hydrophytes suivent moins systématiquement cette tendance, leur développement pouvant être entravé par des problèmes de turbidité, d'eau trop chargée en matière organique (feuilles mortes et branchages en décomposition), ou de concurrence des héliophytes.

En fonction de la composition physico-chimique de l'eau :

Si certaines plantes possèdent une large amplitude écologique, tels les phragmites, d'autres nécessitent des caractères physico-chimiques de l'eau plus précis. Le type d'eau influence la composition végétale de la mare. Il conditionne des grandes catégories de végétation, celles des eaux acides, celles des eaux basiques, celles des eaux douces, celles des eaux saumâtres.

Au delà de ces aspects liés à l'acidité ou à la salinité, s'ajoutent des facteurs de pauvreté ou de richesse en éléments nutritifs dissous dans l'eau, qui rendent compte de l'état trophique du milieu :

- mare oligotrophe à dystrophe ;
- mare mésotrophe ;
- mare eutrophe ;

- mare hypertrophe.

Il est important de noter qu'une mare acide n'est pas forcément oligotrophe, de même qu'une mare de bas-marais alcalin n'est pas pour autant



Reste d'un insecte piégé sur une feuille de *Drosera rotundifolia*

eutrophe.

Les mares oligotrophes ont une faible teneur en sels nutritifs, notamment en azote minéral. Certaines espèces ont dû se spécialiser et trouver un autre moyen pour se procurer l'azote nécessaire à leur développement. C'est le cas des utriculaires qui capturent des micro-arthropodes ou encore des rossolis qui piègent des insectes grâce à leur poils glanduleux, fixés sur leurs feuilles. Les mares oligotrophes présentent des teneurs plutôt élevées en oxygène, du fait d'une faible densité en macrophytes et d'eaux habituellement claires (si ce n'est une turbidité ponctuelle liée au passage des ongulés).



Evolution de la végétation d'une mare, suite à la mise en lumière des berges

L'enrichissement en éléments minéraux et organiques, issus de l'activité biologique de la mare, mais aussi la nature de l'eau qui l'alimente (eau de pluie, eau de nappe riche en ions calcaires, eau de ruissellement, etc.), augmentent progressivement le niveau trophique de la mare, celle-ci devenant mésotrophe puis eutrophe, voire dystrophe ou hypertrophe.

Une mare eutrophe se caractérise par une végétation abondante qui enrichit le milieu en matières organiques et en substances nutritives, en particulier azote et phosphates. L'eau est de moins en moins oxygénée à mesure que les macrophytes prolifèrent et que les vases organiques s'accumulent. Une mare devient dystrophe lorsque les eaux qui l'alimentent sont fortement chargées en acides humiques issus, par exemple, du ruissellement sur sols pauvres sablo-argileux, en particulier sur plateau. A force de s'accumuler dans le plan d'eau, ces acides empêchent le développement des bactéries qui assurent la décomposition des matières organiques. Ces mares sont caractérisées par des eaux très brunes, acides, dont les vases organiques mal décomposés peuvent donner une tourbe infra-aquatique, propice à terme au déve-

loppement d'une mare tourbeuse. Ces « mares noires » sont fréquentes dans certaines forêts. Les mares hypertrophes hébergent des plantes friandes en sels nutritifs comme *Lemna gibba*, qui s'accommode de milieux pollués par une forte minéralisation de l'eau en phosphates et en nitrates. C'est notamment le cas des mares proches de champs fertilisés.



Mosaïque de populations de plantes des eaux oligotrophes (*Luronium natans*, *Eleogiton fluitans*), de plantes des eaux mésotrophes (*Sparganium emersum*) et eutrophes (*Alisma plantago-aquatica*)

Végétation et catégories trophiques des eaux (liste non exhaustive) :

Plantes des eaux oligotrophes		Plantes des eaux dystrophes	
<i>Baldellia ranunculoides</i>	<i>Comarum palustris*</i>	<i>Myriophyllum alternifolium</i>	
<i>Carex nigra*</i>	<i>Damasonium alisma</i>	<i>Nymphaea alba</i>	<i>Eriophorum polystachion</i>
<i>Carex paniculata</i>	<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Pilularia globulifera</i>	<i>Hypericum elodes</i>
<i>Carex rostrata*</i>	<i>Eleogiton fluitans</i>	<i>Polygonum hydropiper</i>	<i>Potamogeton polygonifolius</i>
<i>Carex viridula</i>	<i>Littorella uniflora*</i>	<i>Ranunculus nodiflorus</i>	<i>Ranunculus tripartitus</i>
<i>Carum verticillatum</i>	<i>Luronium natans</i>	<i>Ranunculus ololeucos</i>	<i>Sparganium minimum</i>
<i>Chara spp.</i>	<i>Menyanthes trifoliata</i>	<i>Sphagnum inundatum*</i>	<i>Utricularia minor</i>
Plantes des eaux mésotrophes			
<i>Agrostis canina</i>	<i>Iris pseudacorus</i>	<i>Nitella flexilis</i>	<i>Scutellaria galericulata</i>
<i>Carex acuta</i>	<i>Juncus acutiflorus</i>	<i>Oenanthe aquatica</i>	<i>Sparganium emersum</i>
<i>Carex acutiformis</i>	<i>Juncus bulbosus</i>	<i>Potamogeton obtusifolius</i>	<i>Sphagnum cuspidatum</i>
<i>Carex panicea</i>	<i>Juncus effusus*</i>	<i>Potamogeton trichoides</i>	<i>Trapa natans</i>
<i>Carex vesicaria*</i>	<i>Lemna minor</i>	<i>Ranunculus aquatilis</i>	<i>Typha angustifolia*</i>
<i>Elatine hexandra</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i>	<i>Ranunculus flammula</i>	<i>Utricularia neglecta*</i>
<i>Equisetum fluviatile</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Riccia fluitans</i>	
<i>Hydrocotyle vulgaris*</i>	<i>Najas minor</i>	<i>Scirpus lacustris</i>	
Plantes des eaux eutrophes			
<i>Alisma plantago</i>	<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Ranunculus sceleratus</i>
<i>Bidens cernua</i>	<i>Elodea canadensis*</i>	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	<i>Ranunculus trichophyllus</i>
<i>Bidens frondosa</i>	<i>Glyceria fluitans</i>	<i>Nuphar lutea</i>	<i>Rorippa amphibia</i>
<i>Bidens tripartita</i>	<i>Glyceria maxima</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Sagittaria sagittifolia</i>
<i>Callitriche stagnalis</i>	<i>Hottonia palustris</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Spirodela polyrhiza</i>
<i>Carex otrubae</i>	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	<i>Stratiotes aloides</i>
<i>Carex pseudocyperus</i>	<i>Juncus inflexus*</i>	<i>Potamogeton crispus*</i>	<i>Typha latifolia</i>
<i>Carex riparia*</i>	<i>Lemna gibba</i>	<i>Potamogeton gramineus</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>
<i>Ceratophyllum demersum*</i>	<i>Lemna minor</i>	<i>Potamogeton lucens*</i>	
<i>Chara contaria*</i>	<i>Lemna trisulca</i>	<i>Potamogeton nodosus</i>	
<i>Eleocharis acicularis</i>	<i>Lycopus europaeus</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>	

D'après Felzines (1977) et Montégut (1987) : * plante possédant une valeur indicatrice élevée de la trophie de l'eau, selon JC Felzines.

Une fois sur le terrain, déterminer le degré de trophie de l'eau d'une mare n'est pas facile. Une lecture de la végétation en place peut révéler quelques tendances, mais la séparation en catégories trophiques bien distinctes (oligotrophes, mésotrophes, etc.) est délicate : ainsi, à l'intérieur du même plan d'eau peuvent cohabiter des plantes associées aux eaux oligotrophes, avec des plantes plutôt liées aux systèmes eutrophes. La zonation est parfois assez nette (flore oligotrophe sur les rives exondées et zones peu profondes pauvres en vases organiques / flore eutrophe dans les zones riches en vases organiques). Mais il arrive aussi que ces plantes soient agencées en mosaïque. Pour cette raison, les Cahiers d'Habitats regroupent certaines formations sous la dénomination « oligotrophes à mésotrophes », tant la distinction du stade est compliquée à caractériser, à travers la végétation en place.

Au delà de la flore, des paramètres physico-chimiques peuvent servir d'indicateurs pour caractériser le niveau trophique d'une mare. Ces paramè-

tres nécessitent des campagnes de relevés répétées, pour une interprétation fiable. Ils ont surtout été mis au point pour les systèmes lacustres, plus « stables » que les mares. Dans ces dernières, les variations physico-chimiques de l'eau sont importantes du fait de la faible masse d'eau.

Les éléments fournis ici sont donc indicatifs et mériteraient d'être étayés par des études approfondies de la physico-chimie des mares intraforestières.

Nitrates et phosphates sont des éléments essentiels pour la croissance des macrophytes. Plus leur teneur est élevée, plus la végétation prolifère : phénomène d'eutrophisation. La conductivité mesure la minéralisation des eaux. C'est un facteur qui donne une bonne idée de la richesse en sels nutritifs dissous dans l'eau. Attention, les valeurs présentées ci-dessous sont valables pour les mares alimentées par le ruissellement et la pluie. Cette échelle de valeur n'est pas adaptée aux mares littorales.

Catégories trophiques de l'eau en fonction de certains éléments physico-chimiques

Facteurs	Catégories trophiques de l'eau			
	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hypertrophe
Phosphates, P-PO ₄ ³⁻ en g/l	10 < X < 20	20 < X < 50	50 < X < 100	> 100
Azotes, N-NH ₄ ⁺ en g/l	10 < X < 20	20 < X < 50	50 < X < 100	> 100
Conductivité en S/cm	< 100	100 < X < 300	300 < X < 500	> 500

En fonction du substrat de la mare :

La nature du substrat de la mare induit des vitesses de colonisation différentes. Par exemple, sur des substrats limono-argileux remis à nu en décembre (décapage/curage), l'implantation de la végétation est très rapide, les premières pousses apparaissant 4 mois après (avril). Sur un substrat de vases organiques épaisses, la végétalisation peut même commencer un mois après le décapage, quand celui-ci est réalisé à la fin de la période d'étiage, en septembre. A l'opposé, les substrats sableux semblent moins propices au développement rapide de la végétation.

La position topographique de la mare influe aussi sur la nature du substrat : une mare en fond de vallon, alimentée par un collecteur, verra une sédimentation plus rapide qu'une mare située sur un plateau, uniquement alimentée par les pluies.



Exemple de vitesse de colonisation par la végétation d'une rive décapée en décembre 2005

Plantes d'intérêt écologique majeur au sein du territoire Ile-de-France - Nord-Ouest

Données générales

Au niveau du territoire (5 régions), on a recensé 63 espèces végétales protégées susceptibles d'être présentes dans des mares (végétations aquatiques

ou amphibies, mares « classiques », tourbeuses, de platières) ou à leurs abords immédiats (prairies et landes humides). Ces espèces, récapitulées dans le tableau ci-dessous, se répartissent entre 10 espèces protégées au niveau national et 53 espèces protégées dans au moins une des 5 régions.

Plantes protégées	Nord Pas-de-Calais	Picardie	Haute-Normandie	Ile-de-France	Basse-Normandie
1. <i>Alisma lanceolatum</i>	PR				
2. <i>Alopecurus aequalis</i>	PR				
3. <i>Anagallis tenella</i>	PR	PR	PR		
4. <i>Apium inundatum</i>	PR			PR	
5. <i>Baldellia ranunculoides</i>	PR			PR	
6. <i>Bidens radiata</i>				PR	
7. <i>Carex curta</i>		PR		PR	
8. <i>Catabrosa aquatica</i>	PR				
9. <i>Ceratophyllum submersum</i>	PR		PR		PR
10. <i>Crassula vaillantii</i>				PR	
11. <i>Cyperus longus</i>	PR			PR	
12. <i>Damasonium alisma</i>			X	X	X
13. <i>Drosera intermedia</i>		X	X	X	X
14. <i>Drosera rotundifolia</i>	X	X	X	X	X
15. <i>Eleocharis acicularis</i>	PR	PR			
16. <i>Eleocharis ovata</i>		PR			PR
17. <i>Eleogiton fluitans</i>	PR	PR		PR	
18. <i>Epipactis palustris</i>	PR		PR		
19. <i>Eriophorum polystachion</i>	PR	PR		PR	
20. <i>Eriophorum vaginatum</i>		PR	PR	PR	
21. <i>Exaculum pusillum</i>					PR
22. <i>Hippuris vulgaris</i>	PR				PR
23. <i>Hottonia palustris</i>	PR		PR		
24. <i>Hypericum elodes</i>		PR		PR	
25. <i>Juncus bulbosus</i>	PR				
26. <i>Juncus capitatus</i>				PR	PR
27. <i>Juncus pygmaeus</i>				PR	PR
28. <i>Juncus tenageia</i>					PR
29. <i>Leersia oryzoides</i>				PR	
30. <i>Limosella aquatica</i>	PR				PR
31. <i>Littorella uniflora</i>	X	X	X	X	X
32. <i>Lobelia urens</i>			PR	PR	
33. <i>Luronium natans</i>			X	X	X
34. <i>Menyanthes trifoliata</i>		PR	PR		
35. <i>Myriophyllum alterniflorum</i>		PR		PR	
36. <i>Myriophyllum verticillatum</i>	PR				PR
37. <i>Nymphoides peltata</i>		PR	PR		PR
38. <i>Ophioglossum azoricum</i>				X	
39. <i>Ophioglossum vulgatum</i>		PR	PR		
40. <i>Pilularia globulifera</i>			X	X	X
41. <i>Pinguicula lusitanica</i>			PR		
42. <i>Potamogeton gramineus</i>		PR			
43. <i>Potamogeton perfoliatus</i>	PR				
44. <i>Potamogeton polygonifolius</i>	PR	PR		PR	

L'écosystème mare

Plantes protégées	Nord Pas-de-Calais	Picardie	Haute- Normandie	Ile-de-France	Basse- Normandie
45. <i>Potentilla palustris</i>	PR	PR		PR	
46. <i>Potentilla supina</i>				PR	
47. <i>Pulicaria vulgaris</i>		X		X	X
48. <i>Ranunculus lingua</i>	X	X	X	X	X
49. <i>Ranunculus nodiflorus</i>				X	
51. <i>Ranunculus ololeucos</i>				PR	
51. <i>Ranunculus peltatus</i>	PR				
52. <i>Ranunculus tripartitus</i>				PR	
53. <i>Rhynchospora alba</i>		PR	PR	PR	
54. <i>Salix repens argentea</i>			PR		
55. <i>Sedum villosum</i>				PR	
56. <i>Sparganium minimum</i>	PR	PR		PR	PR
57. <i>Stratiotes aloides</i>	PR		PR	PR	
58. <i>Thelypteris palustris</i>	PR		PR	PR	
59. <i>Trifolium ornithopodioides</i>				PR	
60. <i>Utricularia australis</i>	PR		PR	PR	PR
61. <i>Utricularia minor</i>		PR		PR	PR
62. <i>Vaccinium oxycoccos</i>		PR	PR	PR	PR
63. <i>Zannichellia palustris</i>				PR	

Espèces végétales protégées susceptibles d'être présentes dans des mares ou leurs abords en DT IDF-NO

En gras = espèce protégée nationale ; X = espèce protégée nationale présente dans la région concernée ; PR = espèce protégée régionale dans la région concernée

Choix des espèces « cibles »

Pour choisir, parmi ces 63 espèces, les espèces pour lesquelles l'ONF a une responsabilité majeure, ont été conservées :

Les espèces protégées nationales (10 espèces)

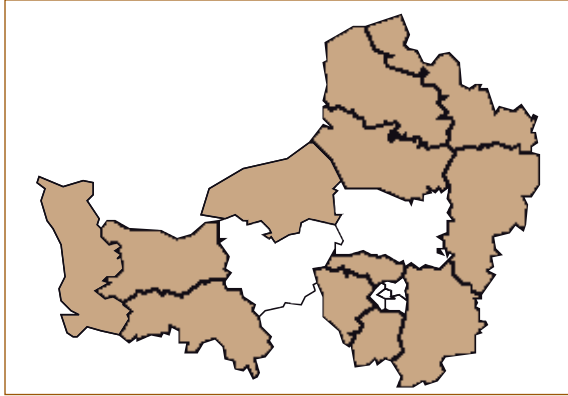
Les espèces protégées régionales dans 4 des 5 régions (3 espèces)

Ces espèces sont récapitulées dans le tableau suivant :

Plantes protégées	Nord Pas-de-Calais	Picardie	Haute- Normandie	Ile-de- France	Basse- Normandie	Nombre de régions
1. <i>Drosera rotundifolia</i>	X	X	X	X	X	5
2. <i>Littorella uniflora</i>	X	X	X	X	X	5
3. <i>Ranunculus lingua</i>	X	X	X	X	X	5
4. <i>Drosera intermedia</i>		X	X	X	X	4
5. <i>Damasonium alisma</i>			X	X	X	3
6. <i>Luronium natans</i>			X	X	X	3
7. <i>Pilularia globulifera</i>			X	X	X	3
8. <i>Pulicaria vulgaris</i>				X	X	3
9. <i>Ophioglossum azoricum</i>				X		1
10. <i>Ranunculus nodiflorus</i>				X		1
11. <i>Sparganium minimum</i>	PR	PR		PR	PR	4
12. <i>Utricularia australis</i>	PR		PR	PR	PR	4
13. <i>Vaccinium oxycoccos</i>		PR	PR	PR	PR	4

Espèces « cibles » retenues pour la zone de la DT IdF-NO

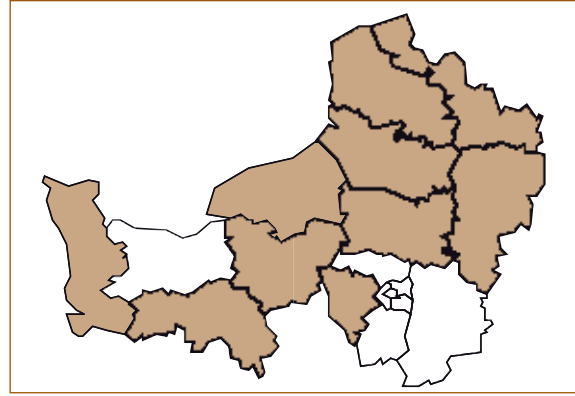
1 - *Drosera rotundifolia* (Rossolis à feuilles rondes)



Petite plante herbacée, de 5 à 10 (-20) cm, qui se reconnaît aisément notamment grâce à ses feuilles à limbes très arrondis. Dans les milieux où elle est à son optimum, l'espèce peut assez rapidement (mais temporairement) être abondante, et constituer de vastes peuplements denses, formant une strate her-

bacée basse et continue, rougeâtre, tout à fait caractéristique. Plante des marais tourbeux, des mares à sphaignes, des landes humides, elle se rencontre sur sols pauvres et gorgés d'eau (tourbe ou anmoor), en plaine comme en montagne. Très héliophile, elle s'installe souvent sur les zones décapées. En France, elle est disséminée ça et là, dans les zones tourbeuses des régions de climat frais ou froid et humide : Nord, Normandie armoricaine, Bretagne et un peu dans le Centre-Ouest. Elle est plus fréquente dans toutes les montagnes. Mais l'espèce marque globalement un recul sensible, surtout en plaine. Les milieux où elle se développe sont en effet partout menacés. De plus, elle est souvent cueillie, d'une part, à titre de curiosité, par les jardiniers amateurs, et d'autre part pour ses propriétés médicinales : la plante est réputée agir dans les maladies pulmonaires, la coqueluche, etc. Des décapages légers d'humus tourbeux (sans toucher aux sphaignes vivantes) permettent de réactiver la banque de semences.

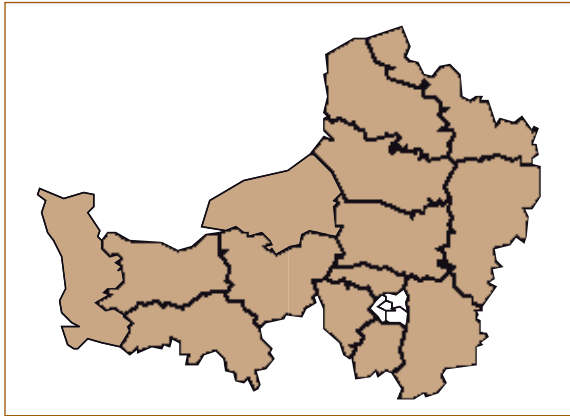
2 - *Littorella uniflora* (Littorelle)



Plante herbacée de petite taille (de 3 à 10 cm), amphibie, la Littorelle peut former, du fait de ses rhizomes et des tiges radicales, de véritables gazons assez étendus. Espèce aquatique des rives sableuses ou graveleuses des étangs, elle ne s'élève guère au-dessus de 500 m d'altitude. D'écologie

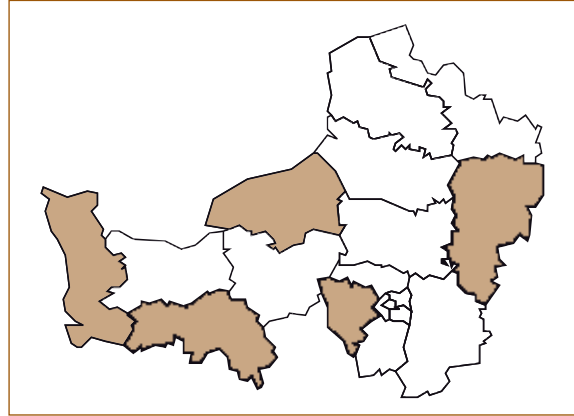
assez stricte, elle se rencontre dans les eaux stagnantes ou à courant faible, en général acides et même tourbeuses (mais elle tolère des eaux oligotrophes un peu calcaires). Fortement héliophile, elle craint la concurrence. Espèce strictement européenne, elle est très inégalement répartie en France. Espèce sujette à éclipses en fonction des conditions climatiques, particulièrement des précipitations printanières, elle peut être abondante pendant plusieurs années et disparaître complètement l'année suivante. Les variations trop importantes ou, au contraire, une trop grande régulation du niveau des eaux, les pollutions, la fréquentation et le sur-piétinement des berges peuvent nuire fortement à cette espèce.

3 - *Ranunculus lingua* (Grande douve)



Grande plante vivace (jusqu'à 160 cm de hauteur), cette renoncule est unique par sa taille. Espèce semi-aquatique, elle se rencontre dans les prairies marécageuses et tourbeuses, les bords de mares, d'étangs, les bras morts et les rivières à cours lent, les pannes, les saulaies claires, sur sol neutre ou peu acide, à basse altitude (ne dépasse guère 500 m). Plutôt héliophile, elle supporte mal la concurrence. L'espèce est disséminée et inégalement répartie. Les stations de *Ranunculus lingua*, si elles sont encore assez nombreuses à l'échelle du territoire national, sont devenues très ponctuelles, avec des effectifs plutôt faibles. En Ile-de-France tout particulièrement, la Grande Douve était assez fréquente, au début des années 1900, dans un nombre significatif de stations (jusqu'aux environs immédiats de Paris) ; le nombre de populations a fortement régressé depuis un siècle, tout comme le nombre de pieds. Comme pour la plupart des héliophytes, les menaces principales sont celles qui pèsent sur les biotopes humides (assèchement, comblement, pollution, etc.).

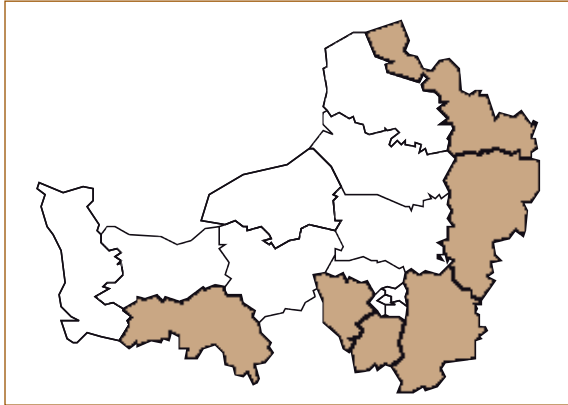
4 - *Drosera intermedia* (Rossolis intermédiaire)



Petite plante herbacée de 4 à 10 cm, cet hémicryptophyte à rosette se perpétue grâce à des bourgeons situés sur une tige souterraine très courte. Dans les milieux où elle a son optimum, l'espèce peut assez rapidement (mais en général temporairement) être abondante. Plante des marais tourbeux, des mares à sphaignes et des landes humides, on la rencontre aussi bien en plaine qu'en montagne. Très héliophile, elle s'installe souvent sur des substrats tourbeux décépés. En France, elle est rare la plupart du temps, plutôt disséminée et discrète. Elle est en recul sensible, surtout en plaine, du fait des menaces qui pèsent sur les zones humides et de la cueillette dont elle fait l'objet. Elle est réputée agir contre les maladies pulmonaires, la coqueluche, etc.

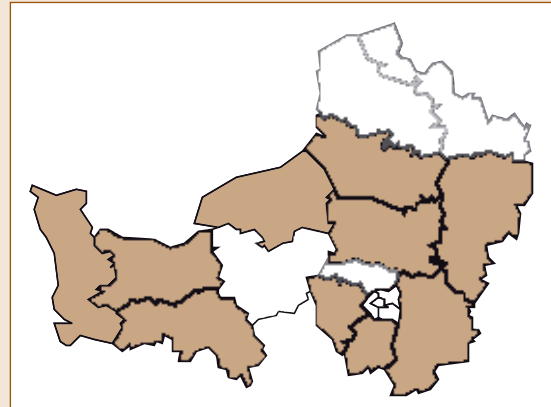


5 - *Damasonium alisma* (Etoile d'eau)



Plante herbacée aquatique ou amphibie, cet héliophyte annuel ou bisannuel, parfois vivace, se reproduit de manière uniquement sexuée, avec une fécondation croisée obligatoire. Les fleurs étant toujours émergées, la pollinisation est aérienne, essentiellement anémophile. La survie de la population est assurée grâce à un stock de graines dans le sol pouvant resté latent de nombreuses années. *Damasonium alisma* est une plante de plaine, qui ne dépasse guère 500 m d'altitude. C'est une pionnière des bords de mares et d'étangs soumis à une période d'exondation, des mouillères, des marais, des chemins dans les landes et dans les forêts très claires. Elle est calcifuge, et préfère les sols limoneux ou argileux mésotrophes. Très héliophile, elle redoute la concurrence des hautes herbes et des plantes vivaces. *Damasonium alisma* nécessite ainsi l'alternance de phases d'inondation (germination), et de phases d'exondation (développement, floraison et reproduction). En fonction de la réalisation ou non de ces diverses phases, de leur durée, ce sera donc une plante à éclipses, disparaissant brutalement pendant plusieurs années, et réapparaissant tout aussi spectaculairement. En France, elle se fait de plus en plus rare. Dans les dernières décennies, la plante n'a été observée que lors des années à forte pluviosité. Certaines stations perdurent grâce à un labour du sol, qui réactive les graines stockées dans le sol. Des perturbations similaires sont parfois induites par la fréquentation de la mare par des sangliers.

6 - *Luronium natans* (Flûteau nageant) Annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore



Répartition géographique

Cette espèce européenne à caractère atlantique se rencontre, en France, principalement en plaine ou à faible altitude. L'espèce est actuellement présente, de manière très éparse, dans une quarantaine de départements.

Plante herbacée, glabre, dont les tiges immergées varient de 10 à 50-60 cm, pouvant aller parfois jusqu'à 1 m en fonction de la profondeur des eaux. Le Flûteau nageant est une plante vivace, stolonifère, dont le rhizome mince, droit et court subsiste sous l'eau l'hiver. La variabilité inter annuelle du nombre de pieds est parfois forte, cette espèce faisant partie des plantes à éclipses. En hiver, les feuilles flottantes ne sont plus visibles. La floraison a lieu de mai à septembre (voire octobre). Elle est extrêmement variable selon les conditions écologiques et les localités dans lesquelles se trouve le Flûteau. La pollinisation serait assurée par les insectes (pollinisation entomophile).

Aspects des populations



Gazon flottant à *Luronium natans*

En fonction des situations, les stations peuvent comporter un nombre très limité de pieds isolés ou plusieurs centaines, voire milliers, d'individus qui forment alors des herbiers denses. Dans ce dernier cas, les feuilles flottantes peuvent couvrir plusieurs mètres carrés d'eau libre.



Différentes morphoses chez *Luronium natans* :
gazon flottant en condition aquatique et
rosettes sur substrat vaseux exondé

Ecologie

Le Flûteau nageant est une espèce aquatique et amphibie, très bien adaptée aux variations importantes du niveau de l'eau et aux exondations temporaires. On le trouve principalement dans les zones peu profondes. Cette plante colonise des eaux oligotrophes à méso-eutrophes, aussi bien en milieu acide que calcaire. En

revanche, elle ne se trouve ni en milieu très acide, ni en milieu très carbonaté, ni dans les eaux saumâtres. *Luronium natans* se développe aussi bien dans des mares très ensoleillées aux eaux claires, qu'en milieu fermé aux eaux turbides. Il recherche surtout des substrats de vases minérales peu organiques et s'accommode fort bien de sols exondés et fortement retournés par les sangliers, ce qui limite l'installation d'autres végétaux. Localement, cette plante a pu se maintenir grâce à ces perturbations occasionnées par les ongulés, entretenant ainsi des conditions de substrat pionnier argilo-sableux très favorables. Du fait de la concurrence végétale, l'espèce peut rapidement être supplantée par des héliophytes de plus grande taille et disparaître temporairement. Mais *Luronium natans* peut assez vite recoloniser une mare, suite à un décapage des végétaux envahissants et du substrat organique accumulé sur le fond minéral. C'est sans doute une adaptation à la concurrence des autres macrophytes, cette espèce possédant certainement un fort potentiel séminal.

Luronium natans fréquente une très large gamme de milieux humides, naturels ou d'origine anthropique. On l'observe principalement dans des milieux d'eau stagnante : lacs, étangs, mares, auxquels on peut ajouter fossés, bras morts, chemins piétinés et ornières. Se développe parfois dans le lit ou en bordure de cours d'eau, le plus souvent à pente et courant faibles. Le Flûteau nageant peut se trouver dans les herbiers aquatiques, les groupements de bordures de plans d'eau susceptibles de subir une exondation temporaire et, plus rarement, dans les glycères. Ces dernières finissent par étouffer et recouvrir totalement les populations de *Luronium*.

3 Habitats de l'annexe I de la Directive Habitats-Faune-Flore, liés aux mares de la DT IdF-NO, sont susceptibles d'héberger le Flûteau nageant : 31.10, 31.30, 31.50.

Évolutions et menaces

L'espèce est considérée comme en régression généralisée dans l'ensemble de son aire de répartition. Mais cette régression reste mal expliquée du fait de la rareté de l'espèce, y compris en milieu favorable, et malgré une amplitude écologique importante. Bien que les menaces soient mal cernées du fait de la méconnaissance de certains aspects de la biologie de l'espèce, on peut

supposer que l'altération des zones humides est un facteur de régression de *Luronium natans*. A cela, il convient d'ajouter la pisciculture intensive (utilisation de dés herbants, d'intrants altérant la qualité des eaux) et les modifications des conditions physico-chimiques du milieu (acidification trop élevée des eaux, eutrophisation, chaulage). Cependant, la conservation des stations de *Luronium natans* dans les mares intraforestières est maintenant assez bien connue. Il convient de rajeunir partiellement, sur des pas de temps d'une dizaine d'années environ, les parties des mares où s'observe une forte progression des héliophytes (glycérie en particulier) dans les faciès

à *Luronium*, conséquence de la sédimentation et de l'accumulation de vases organiques. La gestion consiste à décapager légèrement le fond de la mare, pour revenir à un substrat minéral, que la plante reconquiert en général rapidement. Selon la taille de la mare, opérer par rotation sur un tiers ou la moitié de la surface, en conservant toujours les secteurs où la plante reste la plus abondante. Le décapage peut être réalisé en hiver, voire au printemps (attention aux espèces animales : amphibiens), le mieux étant d'intervenir à l'étiage ou lors de l'assèchement de la mare.

Restauration de stations à *Luronium natans*, par décapage localisé des macrophytes et du substrat organique



22/09/05 : mare asséchée, avant décapage



06/03/06 : mare en eau, après décapage



26/06/06 : *L. natans* recolonise les faciès décapés



Faciès comblé par la glycérie et le lyclope où *L. natans* régresse fortement : étouffement, disparition du substrat minéral

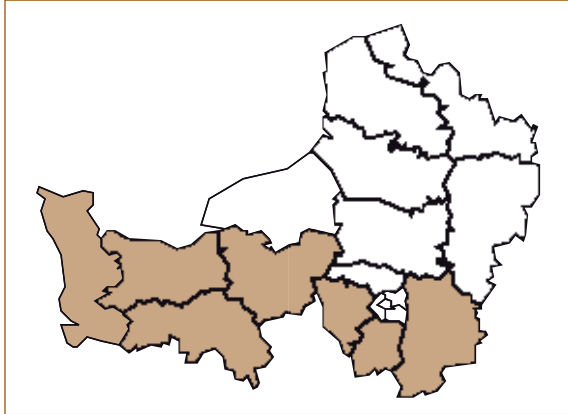


Décapage en période d'assèchement : la végétation et le substrat organique (en marron) sont enlevés jusqu'à l'apparition du fond minéral (en gris)



Premier plan : zone décapée, noyée sous 60 cm d'eau où réapparaîtra *L. natans* 7 mois après les travaux

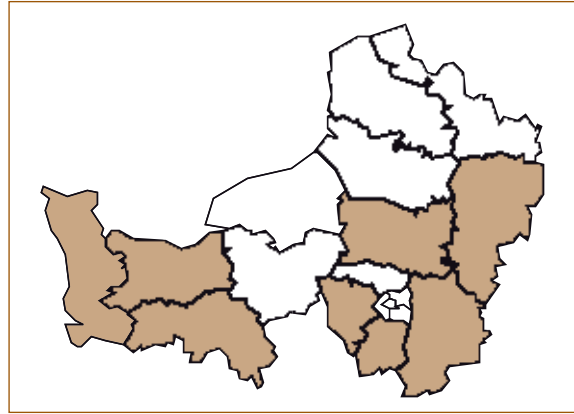
7 - *Pilularia globulifera* (Pilulaire)



Fougère semi-aquatique de 5 à 10 cm de haut, espèce à éclipses disparaissant certaines années, pour réapparaître ensuite, souvent de manière spectaculaire. Du fait de ses rhizomes longuement traçants, la Pilulaire forme de véritables gazons denses et parfois étendus (de 1 à 100 m² selon les sites). Espèce de basse altitude (< à 200-300 m), elle s'installe toujours sur des sols pauvres et nus. Fortement héliophile, elle ne tolère pas l'ombrage et ne supporte pas non plus une trop forte concurrence. Elle nécessite toujours pour se développer et se reproduire une période de forte inondation en hiver et au début de printemps, puis d'exondation en fin de printemps et durant l'été. Espèce des grèves oligotrophes des plans d'eau de niveau variable, elle se rencontre surtout sur les rives exondées en été des étangs, mares et bras morts de rivières. L'espèce est très localisée, et très inégalement répartie entre la Seine et les plaines méditerranéennes. Elle semble en régression, surtout sur les marges de son aire. Elle est aussi très menacée dans les zones périurbaines, comme en Ile-de-France. Le piétinement, par les ongulés, des rives permet de façon naturelle le maintien de conditions pionnières favorables au développement des gazons de Pilulaire.

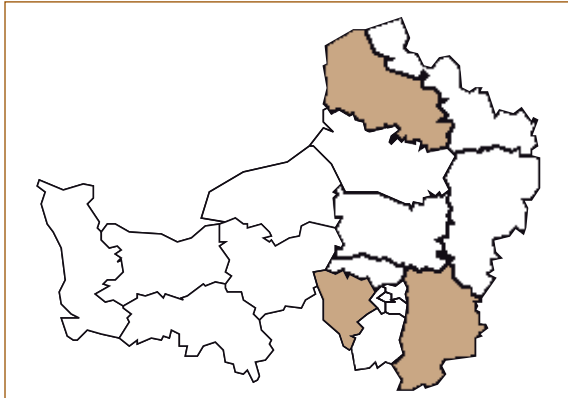


8 - *Pulicaria vulgaris* (Pulicaire commune)



Plante annuelle de 10 à 40 cm, la Pulicaire commune est présente de façon hétérogène sur le territoire même si les populations peuvent être localement importantes du fait de son pouvoir de dissémination élevé. C'est cependant une espèce à éclipses, dont les graines peuvent subsister longtemps dans le sol. Plante plus ou moins nitrophile, elle se rencontre sur les bords de chemins humides, les fossés, les bords d'étangs, de mares temporaires, ou sur les alluvions en bord de rivière. En France, bien que présente dans la majeure partie du territoire, elle est en nette régression. Elle semble avoir disparu du Nord-Pas-de-Calais et de la Haute-Normandie, et s'est fortement raréfiée ailleurs. L'espèce était pourtant considérée comme commune dans toute la France par les botanistes de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle.

9 - *Ophioglossum azoricum* (Ophioglosse des Açores)

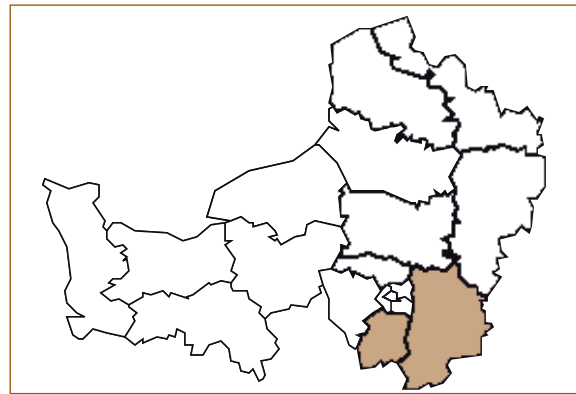


Petite plante vivace de 5 à 10 cm de hauteur, cette géophyte à rhizomes est toujours extrêmement localisé, en stations très ponctuelles (de quelques m²).

Espèce plutôt héliophile, elle se rencontre sur les pelouses rases plus ou moins humides (au moins temporairement au printemps), sur substrat siliceux acide et sols minces.

Elle ne s'élevé que faiblement (moins de 300 m), sauf en Corse où elle atteint 1500 m. On la trouve aussi sur les pelouses du littoral, dans les dépressions d'arrière-dunes, sur les rochers siliceux humides ou suintants, sur les platières humides de grès. Elle est présente notamment dans les dépressions d'arrière-dunes du Pas-de-Calais et sur les platières gréseuses de Fontainebleau. Certaines stations n'ont pas été confirmées récemment et sont présumées disparues ; celles qui se maintiennent sont toujours très réduites et sont de ce fait très vulnérables. L'ONF est un acteur majeur de la conservation de cette fougère, puisque les localités franciliennes actuellement répertoriées, sont uniquement dans des forêts domaniales (Fontainebleau et Rambouillet).

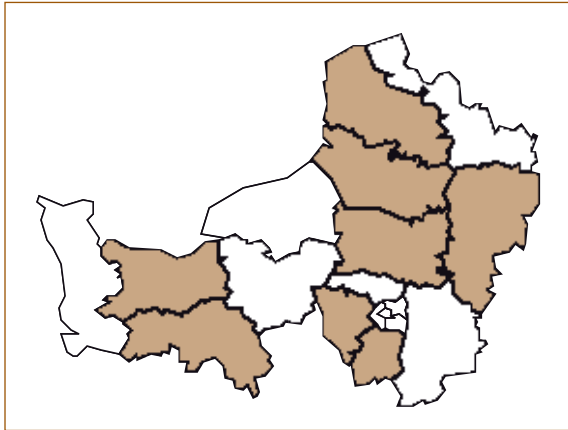
10 - *Ranunculus nodiflorus* (Renoncule à fleurs nodales)



Petite plante annuelle, cette renoncule se reconnaît facilement à sa petite taille (de 5 à 20 cm). Les populations de *Ranunculus nodiflorus* semblent extrêmement variables : c'est une plante à éclipses, les populations sont cependant le plus souvent très réduites. Petite plante des mares temporaires, des grèves de mares à niveau variable, on la rencontre particulièrement dans les mares des platières gréseuses du Sud du Bassin parisien. Cette espèce apprécie les sols acides engorgés l'hiver et s'asséchant en fin de printemps et les mares temporaires oligotrophes sur substrat acide. En régression partout, elle est essentiellement touchée par les mesures d'assainissement des zones humides et la colonisation, puis la fermeture, des milieux favorables. La gestion est très délicate, totalement dépendante de la composition physico-chimique de l'eau et du substrat (présence favorisée par des nodules calcaires dans le grès). Veiller à limiter l'embroussaillage des abords immédiats des stations. Opérer des décapages manuels très légers des vasques les plus comblées.



11 - *Sparganium minimum* (Rubanier nain)

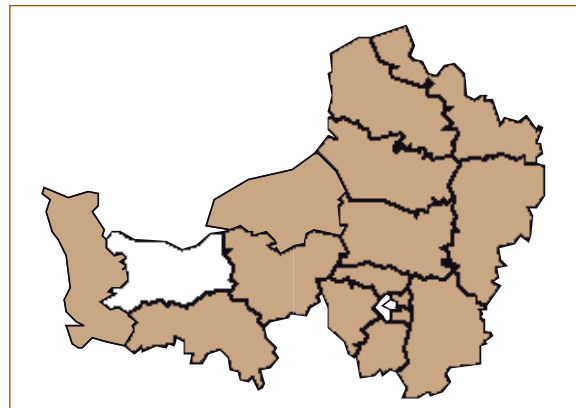


Plante vivace de 10 à 50 cm de hauteur, à tige simple, flottante ou dressée, ce Rubanier se distingue assez facilement des autres par son aspect général et la présence d'une tige non ramifiée. On le rencontre dans les eaux oligotrophes, mésotrophes ou dystrophes des mares, des fossés, des tourbières et des landes tourbeuses. Il se rencontrait autrefois dans presque toute la France (en dehors de la région méditerranéenne). Aujourd'hui, il est limité à une partie du Nord et de l'Est du pays, au Nord des Alpes et du Massif Central, ponctuellement dans les Pyrénées et en Corse. Il semble globalement être en régression. Le Rubanier nain est victime de la dégradation des zones humides et surtout de l'eutrophisation des eaux. Le maintien des conditions physico-chimiques idéales pour la plante échappe à la maîtrise du gestionnaire.



12 - *Utricularia australis* (Utriculaire citrine)

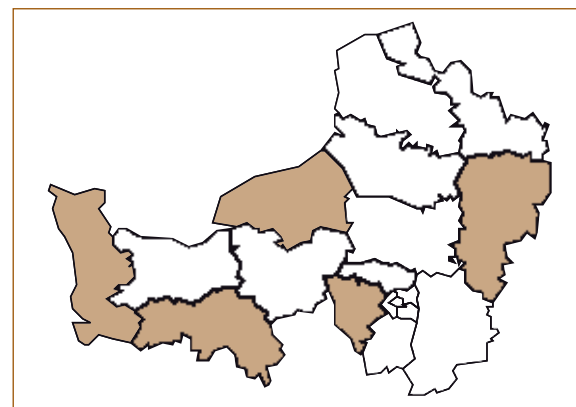
Plante aquatique vivace, les tiges et les rameaux flottants de cette espèce, tous semblables, peuvent atteindre 60 à 80 cm de long. En automne, la plante donne naissance à des sortes de bourgeons (hibernacles), qui constituent une forme de passage de l'hiver et permettent une multiplication végétative. Les graines, formées en été, sont



très rudimentaires mais ont la capacité de germer dans la vase au fond de l'eau. Le genre *Utricularia* est caractérisé par la présence de petites "outres", lobes modifiés des feuilles, pourvus d'un couvercle et munis de poils sensoriels, qui permettent aux plantes de capturer des minuscules proies, telles que des

Protozoaires, de petites larves de Daphnies, etc.. L'espèce peut parfois se développer abondamment et former des paquets de tiges flottant dans les eaux calmes. En France, elle se rencontre presque partout, mais irrégulièrement.

13 - *Vaccinium oxycoccos* (Canneberge)



Sous-arbrisseau de 8 à 30 cm de hauteur, cette espèce sempervirente se reconnaît aisément à ses fleurs roses et ses fruits volumineux. Ce chaméphyte est pollinisé par les insectes et la dispersion des fruits est assurée par les oiseaux et les petits mammifères. Les fruits sont comestibles et connus pour leurs propriétés médicinales (antiscorbu-



tiques). La Canneberge peut se marcotter naturellement et abondamment. Elle se rencontre dans les tourbières bombées actives et les landes tourbeuses jusqu'à 2000 m d'altitude. En France, disséminée et peu commune, elle semble être en régression partout, surtout en plaine. Des fauchages tardifs, avec

exportation des végétaux, permettent de ralentir l'envahissement par une végétation plus haute (Molinie, bruyères, Phragmites). La fauche à mi-hauteur permet d'éviter la fermeture du milieu, sans altérer les pieds de Canneberge, qui se développent très au ras du sol.

Des habitats et des plantes

La Directive 92/43/CEE (Directive Habitats-Faune-Flore), désigne une liste d'habitats qui comprennent la végétation des mares, mais aussi des étangs, des

prairies humides, des landes, des zones tourbeuses, etc. Les cas de figure sont nombreux. Certaines mares accueillent sur la quasi-totalité de leur surface un seul type d'habitat. D'autres hébergent un habitat dans une partie très restreinte du plan d'eau, parfois d'une surface de l'ordre du mètre carré. Enfin, certaines présentent une succession d'habitats (exemple ci-dessous).

27 habitats de la Directive 92/43/CEE peuvent être répertoriés dans les mares ou à leur marge, sur le territoire Ile-de-France - Nord-Ouest. Ils hébergent parfois des plantes protégées tant au niveau national que régional.

Des fiches de présentation de chaque habitat sont rédigées dans les Cahiers d'habitats. Elles énumèrent, notamment, la liste des plantes déterminantes de ces habitats. Ces fiches sont consultables sur Internet :

<http://natura2000.environnement.gouv.fr/habitats/cahiers.html>

Un récapitulatif des habitats est fourni dans le tableau pages suivantes.

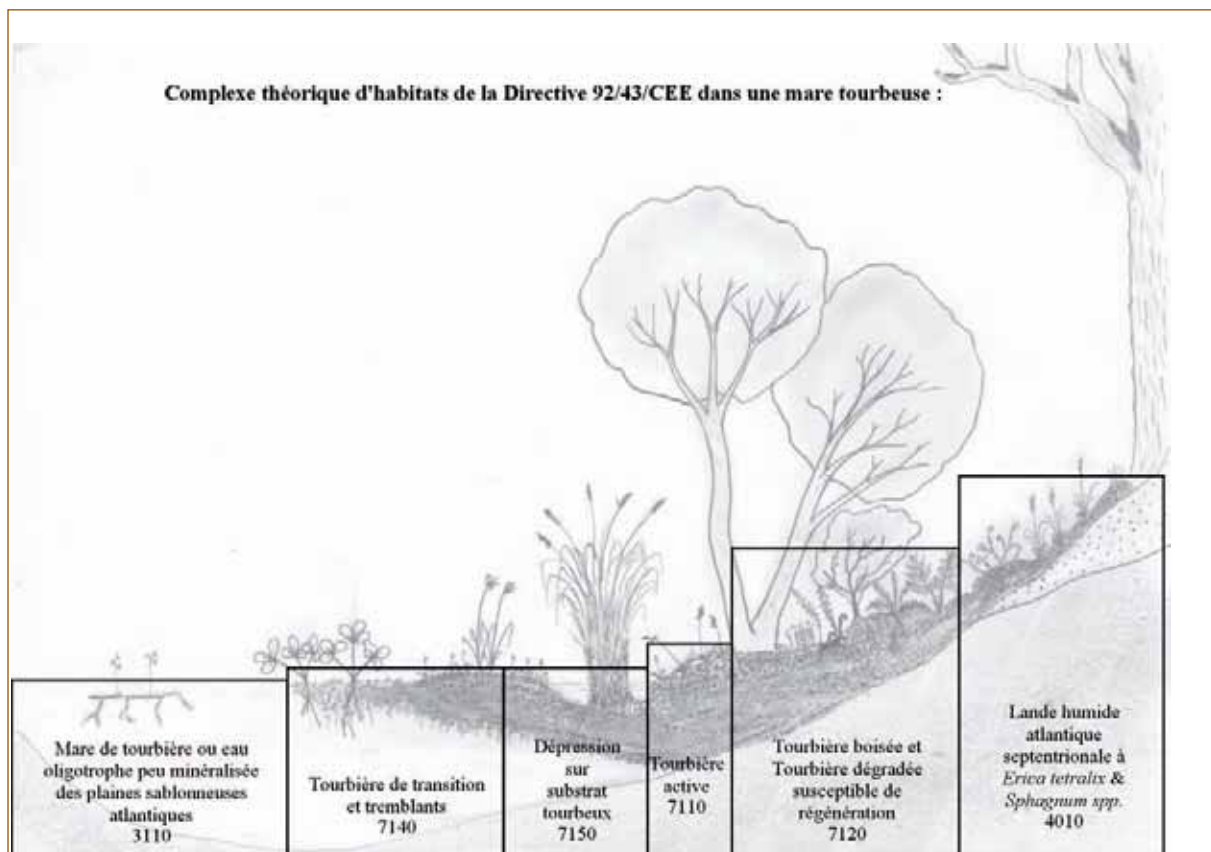


Schéma : A. Tositti

Habitats potentiellement présents dans les mares de la DT Ile de France-Nord Ouest

Code	Désignation des Habitats	Position phytosociologique	Faciès / biotopes
Eaux douces : végétation aquatique et amphibie du plan d'eau et des bords de la mare			
3110-1	Eaux stagnantes à végétation vivace oligotrophique planitaire à collinéenne des régions atlantiques, des <i>Littorelletea uniflorae</i>	<i>Lobelion dortmannae</i> , <i>Elodo palustris-Sparganion</i>	Gazon ras exondé, herbier aquatique enraciné, à <i>Luronium natans</i> , <i>Pilularia globulifera</i> , <i>Littorella uniflorae</i> etc. Mares très peu minéralisées à rives planes très exondables. Dans la partie Ouest de la DT
3130-2	Eaux stagnantes à végétation vivace oligotrophique à mésotrophique planitaire des régions continentales, des <i>Littorelletea uniflorae</i>	<i>Littorellion uniflorae</i> , <i>Deschampsia littoralis</i>	Gazon fin à <i>Littorella uniflorae</i> , <i>Juncus bulbosus</i> , etc. En marge Est de la DT
3130-3	Communautés annuelles mésotrophiques à eutrophiques, de bas-niveau topographique, planitaires d'affinité continentales, des <i>Isoeto-Juncetea</i>	<i>Elatino hexandrae-Eleocharition ovatae</i> , <i>Heleochoilon schoenoidis</i>	Gazon fin clairsemé exondable sur substrat de limons ou sables à Puliculaire, Elatine, etc. En marge Est-Sud-Est de la DT
3130-4	Communautés annuelles oligotrophiques à mésotrophiques, de bas-niveau topographique, planitaires, d'affinité atlantiques, des <i>Isoeto-Juncetea</i>	<i>Heleochoilon schoenoidis</i> , <i>Cicendion filiformis</i>	Gazon fin clairsemé exondable des mares temporaires dont mares à <i>Ranunculus nodiflorus</i> , <i>Damasonium alisma</i> , <i>Pulicaria vulgaris</i> . Marge Ouest de la DT
3130-5	Communautés annuelles oligotrophiques à mésotrophiques, acidiphiles, de niveau topographique moyen, planitaires à montagnardes, des <i>Isoeto-Juncetea</i>	<i>Cicendion filiformis</i> , <i>Radiolon linoidis</i> , <i>Nanocyperion flavescens</i>	Gazon fin des mares temporaires et zones d'exondation à Radiale, Cicendie, petits joncs, etc.
3140-1	Communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes basiques	<i>Charion fragilis</i> , <i>Charion vulgaris</i> , <i>Charion canescentis</i>	Mares jeunes à eau oligo-mésotrophe calcaire avec végétation benthique de <i>Chara</i> spp. Eau de nappe sans phosphates, basique, très oxygénée
3140-2	Communautés à characées des eaux oligo-mésotrophes faiblement acides à faiblement alcalines	<i>Nitellion syncarpo-tenuissimae</i> , <i>Nitellion flexilis</i>	Mares sur substrats divers, à eau oligo-mésotrophe peu acide ou calcaire, avec herbiers benthiques de <i>Chara</i> spp.
3150-1	Plans d'eau eutrophes avec végétation enracinée avec ou sans feuilles flottantes	<i>Potamion pectinati</i>	Prairies aquatiques des mares riches en hydrophytes, petits et moyens héliophytes
3150-2	Plans d'eau eutrophes avec dominance de macrophytes libres submergés	<i>Lemnion trisulcae</i> , <i>Hydrocharion morsus-ranae</i>	Herbier flottant immergé à <i>Lemna trisulca</i> ou Utriculaires ou Ceratophylles
3150-3	Plans d'eau eutrophes avec dominance de macrophytes libres flottant à la surface de l'eau	<i>Lemnion minoris</i> , <i>Hydrocharion morsus-ranae</i>	Herbier flottant, immergé ou de surface, à <i>Lemna</i> et <i>Hydrocharis</i>
3160-1	Mares dystrophes naturelles	<i>Sphagno cuspidati-Utricularion minoris</i> , <i>Scorpidio scorpidiodis-Utricularion minoris</i>	Faciès à Utriculaires et <i>Sparganium minimum</i> sur substrat vaseux ou tourbeux peu profond (< 30cm) à exondé
Dépressions humides intradunales			
2190-1	Mares dunaires	<i>Charion canescentis</i> , <i>Nymphaeion albae</i> , <i>Potamion pectinati</i>	Herbiers aquatiques des mares arrière-dunaires en contact (temporaire) avec la nappe d'eau douce
2190-2	Pelouses pionnières des pannes	<i>Nanocyperion flavescens</i> , <i>Elodo palustris-Sparganion</i>	Gazons herbacés ras à très ras temporairement inondés par des eaux oligotrophes
3130-6	Communautés annuelles oligotrophiques à mésotrophiques, neutrophiles à basophiles, de niveau topographique moyen, planitaires à montagnardes, des <i>Isoeto-Juncetea</i>	<i>Centauro pulchelli-Blackstonion perfoliatae</i>	Gazon fin en zone d'exondation des mares et pannes dunaires à l'interface hydrosère-xérosère
2190-5	Roselières et cariçales dunaires	<i>Scirpion compacti</i> , <i>Scirpion compacto-littoralis</i>	Roselières, parvo-roselières et cariçales des berges à forte exondation des mares arrière-dunaires à eau oligotrophe douce à saumâtre

Code	Désignation des Habitats	Position phytosociologique	Faciès / biotopes
Végétation des landes humides, en contact avec la mare			
4010-1	Landes humides atlantiques septentrionales à Bruyère à quatre angles	<i>Ulicion minoris</i>	Stade de comblement des mares de platières et landes humides. Faciès mixte à Molinie-Bruyères
Prairies humides semi-naturelles à hautes herbes			
6430-4	Mégaphorbiaies eutrophes des eaux douces	<i>Convolvulion sepium</i>	Formations riveraines de la mare. Aspect de prairie humide haute à Eupatoire, Epilobes, etc.
Tourbières non ou peu boisées			
7110-1	Végétation des tourbières hautes actives	<i>Erico tetralicis-Sphagnetalia papillosoi</i> , <i>Sphagnetalia medii</i> , <i>Rhynchosporion albae</i> , <i>Caricion lasiocarpae</i>	Nombreux faciès de buttes de Sphaignes, en mélange avec des éricacées, Rossolis, Linaigrettes, Rhynchosporion et peu de Molinie
7120-1	Végétation dégradée des tourbières hautes actives, susceptible de restauration	<i>Ericion teralidis</i> , <i>Sphagnion medii</i> , <i>Ulicion minoris</i>	Comblement avancé des mares de platières et de landes humides. Faciès tourbeux mixte à Molinie-Bruyères, aspect très herbeux, parfois boisé (pin, bouleau)
7140-1	Tourbières de transition et tremblants	<i>Rhynchosporion albae</i> , <i>Caricion lasiocarpae</i>	Faciès de radeau flottant à <i>Menyanthes trifoliata</i> ou de tapis instables de bryophytes, plus ou moins dominé par des Carex
7150-1	Dépansions sur substrats tourbeux du <i>Rhynchosporion</i>	<i>Rhynchosporion albae</i>	Végétation de Rhynchosporion et Rossolis implantée en zone de marnage des mares oligotrophes sur substrat sableux ou peu tourbeux. Milieu éphémère
7210-1	Végétations à Marisque	<i>Caricion davallianae</i>	Formations diverses à <i>Cladium mariscus</i>
7230-1	Végétation des bas-marais neutro-alkalins	<i>Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis</i>	Végétation de tourbière basse alcaline, sur tourbe infra-aquatique
Végétations des mares boisées ou en cours de boisement			
2170-1	Dunes à Saule des dunes	<i>Salicion arenariae</i> , <i>Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis</i>	Evolution des pannes vers un fourré bas lors d'assèchements prolongés
2180-5	Aulnaies, saulaies, bétulaies et chênaies pédonculées marécageuses arrière-dunaires	<i>Alnion glutinosae</i>	Mares dunaires comblées, envahies par un boisement de saules, bouleaux et aulnes, principalement
2190-5	Boulaies pubescentes tourbeuses de plaine	<i>Sphagno palustris-Betulum pubescentis</i> , <i>Sphagno fimbriati-Betulum pubescentis</i> , <i>Sphagno recurvi-Betulum pubescentis</i>	Mares comblées, avec faciès de boulaies sur des tapis de Sphaignes.
91DO-11	Aulnaies à hautes herbes	<i>Filipendulo ulmariae-Alnetum glutinosae</i> , <i>Ribio rubri-Alnetum glutinosae</i>	Mares comblées avec faciès boisés d'aulnes et de grands héliophytes

Les lichens

Quelques lichens associés aux mares boisées



Parmelia caperata
Lichen foliacé



Evernia prunastri
Lichen fruticuleux



Lecanora pallida
Lichen crustacé

Issus de l'association symbiotique d'une algue et d'un champignon, les lichens occupent différents étages de la forêt, colonisant des substrats variés, allant du sol nu aux branches les plus élevées de la canopée. En DT IdF-NO, les lichens sont représentés par une soixantaine d'espèces, dont la moitié environ est susceptible de coloniser des biotopes arborés humides ou marécageux, dont font partie les mares boisées (sauviaies, boulaies tourbeuses, aulnaies, tremblaies).

Parmi cette trentaine d'espèces, plusieurs taxons sont ubiquistes. D'autres sont beaucoup plus exigeants en terme d'habitats. Ils fréquentent uniquement des boisements humides aux conditions d'hygrométrie, de qualité d'air et de supports corticoles bien particulières.

Dans certains massifs, les mares boisées constituent les seuls habitats non perturbés favorables au développement de ces lichens sténoèces.

Lichens	Morphologie	Luminosité	Hygrométrie	Toxitolérance	Intérêt mares
<i>Anaptychia ciliaris</i>	Fruticuleux	2	2	9	++
<i>Chrysothrix candelaris</i>	Crustacé	2	1	Non définie	-
<i>Cladonia coniocraea</i>	Composite	1	3	Non définie	-
<i>Evernia prunastri</i>	Fruticuleux	2-3	2	6	-
<i>Hypogymnia physodes</i>	Foliacé	2	2	3	-
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Foliacé	2	2	5	++
<i>Lecanora allophana</i>	Crustacé	2	2	8	+
<i>Lecanora argentata</i>	Crustacé	1	3	7	+
<i>Lecanora carpinea</i>	Crustacé	1	2	6	+
<i>Lecanora expallens</i>	Crustacé	1	2	2	-
<i>Lecanora pallida</i>	Crustacé	1-2	2	Non définie	+
<i>Lecidella elaeochroma</i>	Crustacé	2	2	5	+
<i>Lepraria incana</i>	Crustacé	1	3	2	-
<i>Parmelia caperata</i>	Foliacé	2	2-3	8	+
<i>Parmelia exasperatula</i>	Foliacé	2	2	5	+
<i>Parmelia glabra</i>	Foliacé	2	3	5	+
<i>Parmelia perlata</i>	Foliacé	2-3	2	7	++
<i>Parmelia saxatilis</i>	Foliacé	2	2	4	+
<i>Parmelia subaurifera</i>	Foliacé	2	2-3	Non définie	+
<i>Parmelia subrudecta</i>	Foliacé	2	2	5	+
<i>Parmelia sulcata</i>	Foliacé	2	2	3	-
<i>Parmelia revoluta</i>	Foliacé	2-3	2	Non définie	+
<i>Pertusaria albescens</i>	Crustacé	2	2	7	+
<i>Pertusaria amara</i>	Crustacé	2	3	7	+
<i>Pertusaria hemisphaerica</i>	Crustacé	1	2	Non définie	+
<i>Pertusaria pertusa</i>	Crustacé	1	1	7	+
<i>Phlyctis argena</i>	Crustacé	2	1-2	5	++
<i>Platismatia glauca</i>	Foliacé	2	2	6	++
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Fruticuleux	2	3	5	++
<i>Ramalina farinacea</i>	Fruticuleux	2	2-3	6	++

Lichens associés aux mares boisées de la DT IdF-NO : liste provisoire établie pour des forêts de la région parisienne

Légende :

Luminosité :

- 1 : Ombrage, 15 %
- 2 : Semi-héliophile, 15<L<40 %
- 3 : Héliophile, >40 %

Hygrométrie :

- 1 : faible
- 2 : moyenne
- 3 : forte

Toxitolérance de 1 à 10 :

- 1 : pollution très forte
- 5 : pollution moyenne
- 10 : air « pur »

Intérêt du milieu mare :

- : faible
- + : moyen
- ++ : élevé

Le cortège lichénique d'une mare boisée est constitué d'espèces communes, que l'on retrouve assez facilement dans le peuplement périphérique, ainsi que d'espèces pionnières, représentées seulement par quelques individus au niveau de la mare, et qui sont beaucoup plus rares, voire absentes, dans le boisement riverain. La richesse spécifique de la mare est induite par différents facteurs :

- l'hygrométrie et le micro-climat ambiant ;
- la luminosité, la mare, même boisée, créant un puits de lumière dont bénéficie les lichens corticoles ;
- l'abri relatif au vent, dont profitent les lichens associés aux écorces lisses ;
- la structure du boisement en place dans la mare (arbres penchés) ;
- la présence d'essences secondaires en nombre (saules et bouleaux en particulier).

Les mares boisées réunissent en un seul point et sur une surface réduite, un ensemble riche en lichens. Sans ce type de mares (ou sans boisements humides), il faudrait parcourir plusieurs dizaines d'hectares de forêt avant de totaliser la même diversité. Les mares boisées forment de véritables réservoirs du patrimoine lichénique des forêts : à diamètre égal, un gaulis héberge 5 espèces de lichens, alors qu'une mare boisée accueille entre 15 et 20 taxons, soit trois à quatre fois plus d'espèces. En forêt de Dourdan (91), les mares accueillent 60 % de la richesse lichénique totale du massif.

4 Les invertébrés aquatiques

Principaux groupes d'invertébrés des eaux douces

D'après la classification phylogénétique du vivant (LECOINTRE et LE GUYADER, 2006)
et Invertébrés d'eau douce (TACHET *et al.*, 2003)

<p>Démospouges Le phylum des éponges contient semble-t-il qu'une seule famille en eau douce (Spongillidae) qui serait représentée par moins de dix espèces. Ces organismes filtreurs se nourrissent surtout d'algues unicellulaires.</p>	<p>Hirudinées Les sangsues sont des annélides au corps segmenté présentant deux ventouses, l'une antérieure dans laquelle se situe la bouche et la seconde, postérieure. Les sangsues sont, soit prédatrices se nourrissant d'invertébrés, soit parasites (Hirudo medicinalis est à l'état adulte hémaphophage d'animaux à sang chaud). Moins d'une dizaine d'espèces peuvent se développer dans les mares.</p>
<p>Cnidaires La majorité des Cnidaires (Hydres et méduses) ne dépasse pas quelques millimètres de longueur. Les Hydres regroupent la majorité des espèces présentes dans les eaux douces (environ 6 espèces), elles se nourrissent surtout de vers Oligochètes. La famille des Trachylines n'est représentée que par une seule espèce. Cette méduse d'eau douce de 10 à 20 millimètres de diamètre se nourrit de zooplancton. Elle apparaît et disparaît brutalement des milieux quelle occupe.</p>	<p>Ectoproctes Il s'agit surtout d'organismes marins vivant en colonies dont le corps est constitué par une logette dans laquelle la partie extensible peut se rétracter. Une cinquantaine d'espèces sont connues dans les eaux douces.</p>
<p>Rotifères Il s'agit essentiellement de petits animaux d'eau douce qui sont une composante du zooplancton.</p>	<p>Nématodes Dans les eaux douces, les nématodes sont généralement abondants mais la plupart d'entre eux sont microscopiques. Il s'agit de vers allongés et blancs qui sont parasites d'invertébrés à l'état larvaire et libre à l'état adulte.</p>
<p>Entoproctes Ce groupe est représenté par de nombreuses espèces marines, un seul genre (Urnatella) et une espèce sont présents en eau douce.</p>	<p>Arachnides Principalement terrestre, les Arachnides ont cependant des représentants dans les eaux douces comme les hydracariens (parasites) ou l'argyronète.</p>
<p>Plathelminthes Ces vers plats (Planaires) se nourrissent d'autres invertébrés, vivants, malades ou morts.</p>	<p>Branchiopodes Ce phylum réunit les Anostracés (artémie) et Notostracés (triops), particulièrement adaptés aux milieux temporaires, les Conchostracés et les Cladocères (daphnie).</p>
<p>Némertes Abondant dans le milieu marin, les Némertiens semblent n'être représentés que par une seule espèce en eau douce. Il s'agit d'un ver rubané au corps non segmenté, mou et fortement cilié qui permet ainsi à l'animal de se déplacer.</p>	<p>Malacostracés Les Malacostracés sont présents dans un grand nombre d'habitats (océans, milieux terrestres et aquatiques...). Dans les eaux douces, ces Crustacés comptent de nombreuses familles (crevette d'eau douce, aselle, gammaré...).</p>
<p>Mollusques Le clade des Mollusques regroupe de nombreuses espèces marines, aquatiques et terrestres. Dans les eaux douces comme les mares deux phylums sont présents : les Gastéropodes (reconnaisables à leurs coquilles spiralées) et les Bivalves ou Lamellibranches.</p>	<p>Hexapodes Il s'agit du phylum qui réunit le plus grand nombre d'espèces au monde, de un à plusieurs millions. Les recherches taxonomiques et phylogénétiques ont montré que les Protoures, les Collembolés et deux autres ordres (Entognatha) se différencient des autres ordres d'insectes (Insecta). Ces derniers sont donc considérés actuellement comme sous-embanchement (ou sous-phylum) des Hexapodes.</p>
<p>Oligochètes Ces annélides sont des vers caractérisés par la présence de faisceaux de soies positionnés sur les cotés inférieurs et supérieurs de chaque segments du corps. Les espèces d'eau douce sont pour la plupart détritivores recherchant les matières organiques décomposées. Les vers du genre Tubifex sont souvent bien visibles dans les eaux claires en raison de la coloration rougeâtre des zones occupées.</p>	<p>Les insectes aquatiques sont présentés ci-après d'une manière plus précise et selon leur importance (facilité d'étude, ordre bien présent dans le milieu mare).</p>

Les insectes aquatiques

Les invertébrés, qui réunissent à eux seuls plus de 93 % des espèces animales connues, sont aujourd'hui de plus en plus pris en compte dans le cadre de la conservation de notre patrimoine naturel. Les mares constituent un habitat particulièrement important pour de nombreux insectes aquatiques. Sur près de 37 000 espèces d'insectes répertoriées en France (d'après MARTINEZ et GAUVRIT, 1997 et autres données plus récentes), 10 % d'entre elles (environ 3700 espèces) sont liées directement au milieu aquatique. La plupart ne sont aquatiques qu'au cours de leur phase larvaire, les adultes (*imagos*) étant alors aériens. Certains Hémiptères, Hétéroptères et Coléoptères sont totalement aquatiques, tant aux stades larvaires qu'imaginaux (Notonectidae, Corixidae, Dytiscidae, Hydrophilidae). Chez quelques familles de Coléoptères, le stade aquatique est uniquement imaginal ; la larve étant alors terrestre (Hydraenidae, Helophoridae...). Sur l'ensemble des groupes concernés, il n'existe que quatre ordres d'insectes dont l'ensemble des espèces est lié au milieu aquatique : Ephéméroptères, Odonates, Plécoptères et Trichoptères.

En dehors de quelques cas particuliers comme par exemple les Odonates, la reconnaissance des différents taxons est bien souvent réservée aux spécialistes. Ces derniers, amateurs pour la grande majorité, sont le plus souvent compétents sur un ordre, voire une famille. De plus, ils s'intéressent essentiellement aux adultes qui constituent, dans la grande majorité des cas (et par nécessité), le stade d'étude privilégié en entomologie. La principale conséquence de cette difficulté d'approche, résultant de la grande diversité spécifique des insectes et de la nature des critères de reconnaissance, est qu'il n'existe aucun spécialiste susceptible d'identifier tous les insectes aquatiques de France. Ces difficultés ainsi que le faible nombre d'entomologistes (comparativement à l'importance numérique de ces invertébrés), ont conduit à une pénurie d'ouvrages d'identification qui restent aujourd'hui peu nombreux, parfois absents pour certains ordres (Trichoptères par exemple), souvent anciens et alors non conformes à la nomenclature actuelle

et aux espèces présentes. Le spécialiste a fréquemment recours à des ouvrages étrangers mais leur territoire géographique ne couvre pas forcément notre pays. Il faut noter à ce propos qu'il existe aujourd'hui de nombreux guides sur les insectes, largement illustrés et destinés principalement au grand public. Ces derniers ne réunissent pas toutes les espèces d'insectes connues dans l'ordre ou le groupe traité, ce qui rend délicat leur utilisation pour une identification rigoureuse. L'ouvrage de TACHET *et al.*, 2003 (rééditions régulières) permet une première approche.

En fonction de leurs exigences écologiques, les insectes aquatiques ont colonisé l'ensemble des zones humides continentales, du niveau de la mer aux plus hautes altitudes en se spécialisant plus ou moins suivant les groupes à de nombreux types d'habitats : sources, rivières, fleuves, tourbières, étangs, mares, suintements et autres micro-habitats, surfaces mouillées, nappes phréatiques. Par ses caractéristiques générales (biotope *lentic* de petite taille et de faible profondeur), le milieu mare et ses habitats ou micro-habitats périphériques sont favorables aux groupes inféodés essentiellement aux eaux stagnantes. Le tableau de la page suivante permet de présenter sommairement quelques caractéristiques des différents groupes d'insectes aquatiques présents en France.

Thèmes abordés Liste des Ordres	Ecologie		Systématique			Contexte « mares »				
	Plaine eau	Surf.	Fam.	Gen.	Esp.	Hab.	Bio.	Diff.	Niv.	
Classe des Hexapodes	Larves	Imagos	Larves Imagos							
ENTOGNATHA										
1. Collemboles			<input type="checkbox"/>	6	10	25	◆	?	3	?
INSECTA										
1. Ephemeroptera	<input type="checkbox"/>			15	39	138	◆	3	3	■
2. Odonata	<input type="checkbox"/>			10	32	90	◆	2	1	■
3. Plecoptera	<input type="checkbox"/>			7	26	175	-	3	3	■
4. Hemiptera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	30	92	◆	1	3	<input type="checkbox"/>
5. Megaloptera	<input type="checkbox"/>			1	1	3	◆	1	2	?
6. Neuroptera	<input type="checkbox"/>			2	2	5	◆	?	2	?
7. Coleoptera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18	117	650	◆	2	3	<input type="checkbox"/>
8. Diptera	<input type="checkbox"/>			24	372	1962	◆	3	4	-
9. Trichoptera	<input type="checkbox"/>			23	111	475	◆	3	4	■
10. Lepidoptera	<input type="checkbox"/>			1	5	7	◆	?	?	-
11. Hymenoptera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12	32	40	◆	?	?	-
Total :Total :						3637				

Présentation des différents groupes d'insectes aquatiques avec des éléments d'écologie et de systématique ainsi que leur problématique générale dans le contexte « mares »

Légende :

Ecologie : milieu de développement selon le stade : **plaine eau**, larves et/ou imagos () ; insectes vivants en surface (**Surf.**) : larves et imagos (L. + I.) ().

Systématique : **Fam.** = Nombre de familles en France ; **Gen.** = nombre de genres ; **Esp.** = nombre d'espèces. Bien que vraisemblablement très près de la réalité, les indications fournies sont indicatives.

Contexte « mares » :

Hab. = importance de l'habitat mare pour l'ordre en question ; ◆ = faible (peu d'espèces de l'ordre en question colonisent le milieu « mare » et/ou ses habitats périphériques) ; ◆ = ordre d'insectes colonisant l'habitat « mare » de manière importante ; - = sans objet (ordre d'insectes non concerné sauf exception).

Bio. = Niveau d'intérêt général du groupe en tant qu'indicateur biologique. **1** = faible intérêt ; **2** = intérêt moyen ; **3** = grand intérêt ; **?** = pas d'information.

Diff. = Niveau de difficultés taxinomiques. **1** = Etude des **imagos**, des **exuvies** et des larves au dernier stade relativement aisée et souvent possibles sur le terrain pour les imagos ; **2** = Etude des imagos et les larves relativement aisée du fait du très faible nombre d'espèces en question ; **3** = Etude des imagos et des larves nécessitant le plus souvent un prélèvement et un examen précis en laboratoire à l'aide d'ouvrages scientifiques et de collections de références ; **4** = Etude des imagos et des larves particulièrement délicate par suite de la méconnaissance du groupe en question ou de difficultés de reconnaissance particulières. Etude nécessitant un prélèvement et un examen précis en laboratoire à l'aide d'ouvrages scientifiques, de collections de références et en liaison avec des spécialistes français et étrangers.

Niv. = Niveau d'étude et de connaissance (systématique, biologie, écologie) du groupe en question : ■ = existence d'un réseau national (coordination, programme d'inventaire cartographique, études scientifiques particulières, etc.) et parfois de relais régionaux ; = groupe taxinomique faisant l'objet d'inventaires et d'études locales ou régionales par des spécialistes (amateurs pour la plupart) et pour lequel il existe des ouvrages majoritairement en français ; - = groupe taxinomiques concernés par quelques rares spécialistes (en France) ; **?** = Pas d'information.

Revue des principaux ordres d'insectes aquatiques

3637 espèces d'insectes aquatiques sont actuellement répertoriées en France. Parmi elles, un millier sont susceptibles de se développer dans le milieu mare, au sens large. En DT IdF-NO, on peut raisonnablement penser qu'une mare intraforestière, bien ensoleillée, peut potentiellement accueillir plus de 200 espèces d'insectes. Ce chapitre concerne 11 ordres d'insectes dont au moins une espèce est associée aux mares. Il traite plus particulièrement des Odonates, des Hémiptères et des Coléoptères aquatiques, dont la biologie et les exigences écologiques sont mieux connues.

Ephéméroptères (Éphémères)

Les éphémères, dont les larves sont aquatiques et les adultes aériens, sont des insectes hétérométaboles (métamorphose progressive) et prométaboles en raison du type exceptionnel de développement qui, à la suite de la vie larvaire, acquiert, lors de l'émergence, l'état adulte après une mue imaginale ailée (subimago). Ils se reconnaissent aisément par leurs ailes inégales, leurs longs cerques et leur fragilité.



Larve d'Ephéméroptère

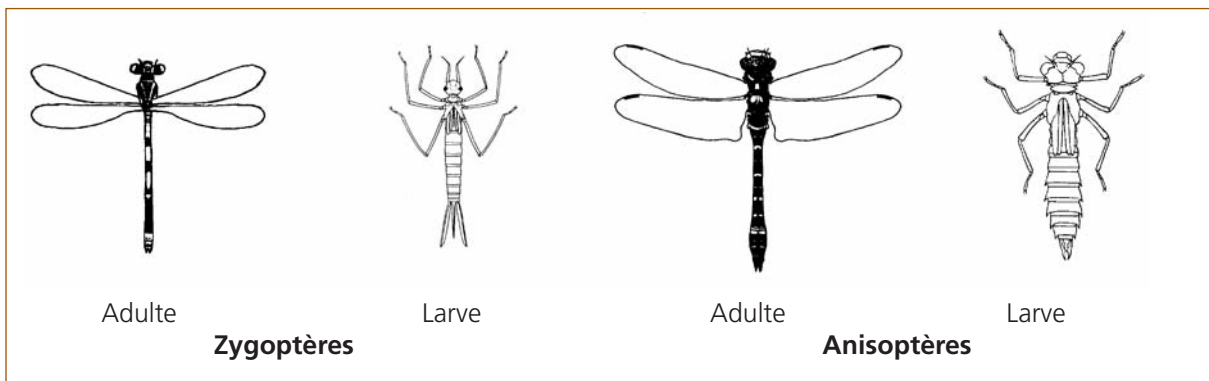
La phase larvaire se réalise en un temps variable, de quelques semaines à plusieurs années, en fonction du type de développement (poly ou semi-voltinisme) et les composantes climatiques de l'environnement (température de l'eau). Selon les groupes, les larves se développent en un à trois ans ; selon les groupes elles peuvent être nageuses, rampantes ou fouisseuses. Leurs pièces buccales, sont de type broyeur. L'abdomen est prolongé par trois longs appendices (parfois

deux). Les adultes se tiennent généralement à proximité de leurs habitats larvaires ; ils ont une durée de vie assez limitée de quelques heures à quelques jours. En France, ces insectes sont surtout inféodés aux milieux lotiques. Le nombre d'espèces colonisant les eaux stagnantes est nettement plus faible et ne se limite qu'à quelques espèces seulement dans les mares, en général une ou deux dans celles situées en milieu forestier (en dehors de quelques cas particuliers : mares alimentées par une source ou un cours d'eau). Il n'existe à ce jour aucun ouvrage d'identification spécifique récent pour la faune de France (138 espèces) ; par contre, un groupe de travail « Éphémères » peut être contacté via le site Internet de l'Opie benthos (www.invfmr.org).

Odonates (Demoiselles et Libellules)

Les Odonates constituent un patrimoine biologique original et remarquable sous différents aspects : lointaines origines (plus de 280 millions d'années), morphologie particulière, biologie et comportements uniques dans le règne animal. Le rôle social de ces insectes est loin d'être négligeable, notamment auprès du grand public. Dans la mesure où les Odonates sont relativement bien connus au plan biologique et biogéographique - le nombre d'espèces françaises étant assez faible (90) et leur identification souvent plus aisée que celle des autres groupes d'invertébrés aquatiques - ces insectes constituent un ordre privilégié pour l'étude et la gestion conservatoire des zones humides. Deux sous-ordres sont présents en France :

- les **Zygoptères** (1/3 des espèces) sont reconnaissables à leurs ailes antérieures et postérieures de forme semblables (souvent pédonculées) ; à leur abdomen fin, et d'une manière générale à leur **habitus** (la forme générale) grêle, d'aspect fragile, et à leur vol faible et peu soutenu (ce sont des « percheurs »). Les larves sont fines et allongées et l'extrémité de l'abdomen porte trois lamelles caudales ;
- les **Anisoptères** (2/3 des espèces) se reconnaissent au fait que les ailes postérieures sont larges à leur base et différentes des ailes antérieures (jamais pédonculées) ; l'abdomen, comme l'ensemble du corps, est nettement plus robuste ; leur vol est généralement puissant et soutenu (il s'agit de « percheurs » ou de « patrouilleurs »). Les larves sont robustes et trapues, l'extrémité de l'abdomen est dépourvue de lamelles caudales.



Morphologie des Odonates : imagos et larves

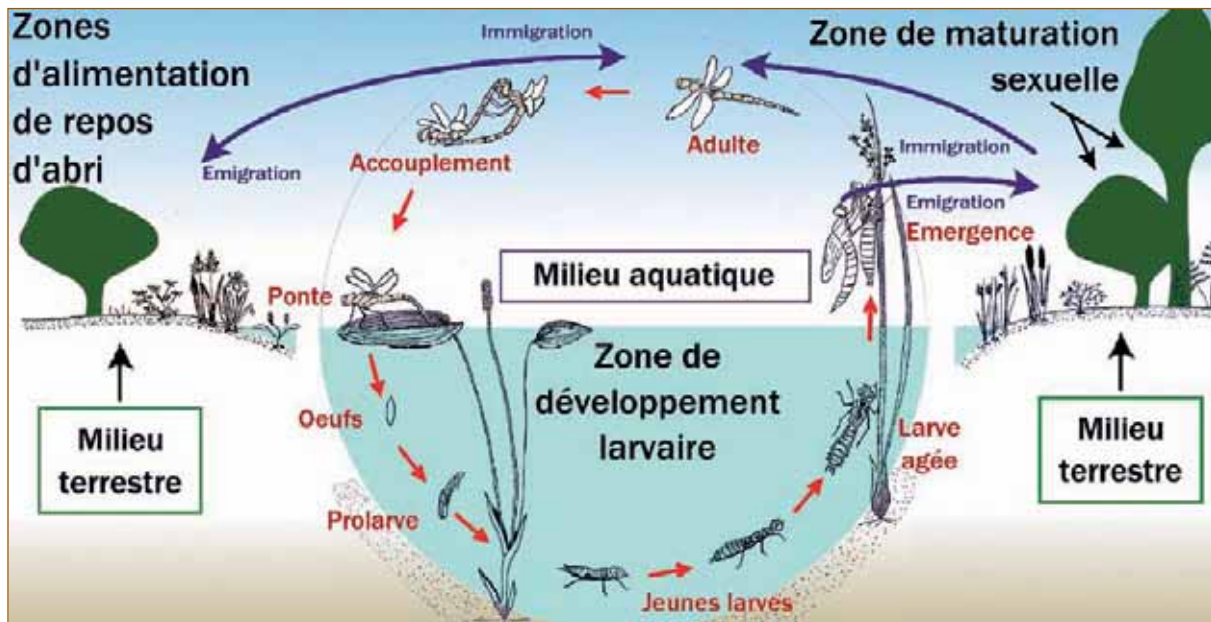
• **Éléments généraux de biologie et d'écologie des Odonates**

Insectes prédateurs, à larves aquatiques, leur développement comprend quatre stades : l'œuf, la pro-larve, la larve et l'imago. Ils sont hétérométaboles (métamorphose progressive) et hémimétaboles (milieu de vie des larves différent de celui des adultes). Lors de la ponte, les œufs sont soit insérés dans les tissus vivants ou morts des végétaux aquatiques ou riverains, soit « lâchés » isolément ou par groupes au contact ou au dessus de l'eau ou, plus rarement, sur les zones exondées. Les larves, à respiration branchiale, chassent à l'affût les infusoires, le zooplancton, les larves d'insectes, etc. Elles grandissent en effectuant de 9 à 16 mues suivant les espèces. La durée de développement s'échelonne entre deux mois et cinq ans.

La mue imaginale constitue la dernière mue de la libellule, qui prend alors sa forme adulte en quittant l'élément liquide. Dès l'émergence, les Odonates s'éloignent des habitats larvaires et s'en tiennent à plus ou moins grande distance, durant une période de maturation d'une à quatre semaines selon les espèces. Ils s'alimentent essentiellement d'insectes volants. Ensuite, les mâles sexuellement matures regagnent les milieux aquatiques, occupant souvent un territoire ou un terrain de chasse qu'ils défendent contre leurs congénères et les autres espèces.



Aeshna cyanea : enveloppe larvaire (exuvie) abandonnée après la métamorphose et imago

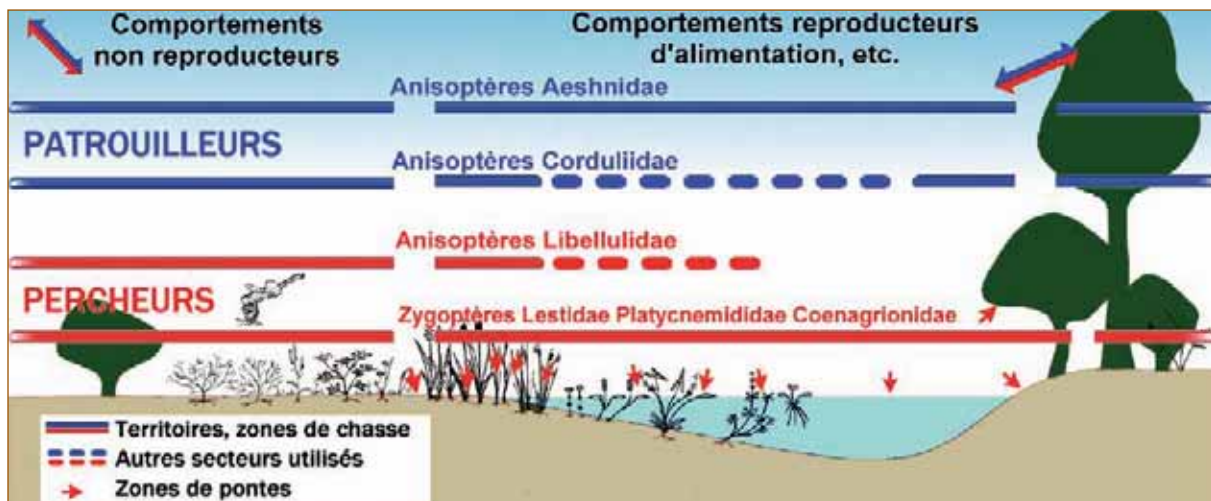


Cycle biologique des Odonates (reproduit avec la permission de la SFO)

Les Odonates sont particulièrement mobiles, notamment les Anisoptères. On constate ainsi différents types de déplacements allant de quelques dizaines de mètres pour tel ou tel Zygoptère à plusieurs centaines de mètres ou kilomètres – voire bien davantage – pour certains Anisoptères. Aussi, il est important de s'assurer du caractère autochtone des espèces présentes dans un habitat et de la stabilité de leurs populations, notamment celles qui y sont découvertes ou redécouvertes.

Selon les espèces et en fonction des caractéristiques de l'habitat larvaire, les adultes mâles adoptent des comportements sexuels particuliers. Les

Zygoptères préfèrent la strate inférieure et se tiennent posés dans la végétation basse (« percheurs »). Certains Anisoptères présentent un comportement similaire, en se tenant posés sur les rives ou les hélophytes présents (ou tout autre support). D'autres, qualifiés de « patrouilleurs », volent sans cesse dès lors que les conditions d'ensoleillement le permettent. En effet, ils se posent souvent très rapidement dès que le soleil disparaît. Ces comportements ont pour rôle la détection des femelles présentes (déjà accouplées avec d'autres mâles, en cours de passage) et leur saisie pour un nouvel accouplement qui sera suivi immédiatement par la ponte.



Zones d'activités des imagos (reproduit avec la permission de la SFO)

• *L'habitat larvaire et imaginal*

Dans leur grande majorité, les libellules sont sensibles à l'importance de l'ensoleillement et aux perturbations brutales du milieu : atteintes à la végétation, à la qualité et au niveau de l'eau. La présence de vertébrés prédateurs ou « perturbateurs » (oiseaux d'eau, poissons, tortues de Floride, etc.) est souvent rédhibitoire pour la faune odonotologique, même ubiquiste, et parfois fatale pour certaines libellules peu fréquentes. La présence de micro-habitats permettant aux larves d'échapper aux prédateurs ou aux animaux perturbateurs permet le maintien de certaines espèces.

La présence permanente d'eau stagnante ou faiblement courante et d'une flore aquatique diversifiée sont des facteurs essentiels pour le développement larvaire d'une majorité d'espèces. Le réchauffement rapide de l'eau et de l'ensemble du milieu, à la suite de la période hivernale, est également important. Des conditions telles que la faible profondeur de l'eau, la situation ensoleillée du milieu et le fait qu'il soit abrité des vents dominants, sont particulièrement favorables à de nombreuses espèces. Les variations de niveaux peuvent avoir un effet néfaste sur les populations, surtout lors d'un assèchement total du milieu. Il s'agit cependant le plus souvent d'un phénomène naturel, notamment pour les petits plans d'eau dont la profondeur est faible. Dans ce cas, une sélection des espèces se produit et seules celles dont le cycle larvaire le permet s'y développent avec succès. Une exondation habituelle, à partir de la mi-juillet jusqu'à la période hivernale, favorise ainsi le développement des genres *Lestes* et *Sympetrum* et de quelques *Aeshnidae*. Ce type d'habitat se révèle souvent particulièrement intéressant au point de vue odonotologique, bien que la faune y soit plus réduite.

Comme pour beaucoup d'autres animaux aquatiques, les zones peu profondes, généralement proches des berges, constituent souvent la partie essentielle de l'habitat larvaire des libellules. Toutefois, on sait aujourd'hui qu'elles sont susceptibles de se développer également à une grande profondeur (plusieurs mètres).

La présence de milieux aquatiques périphériques et de micro-habitats (secteurs marécageux, ruisselets, anses, trous d'eau, suintements, résurgences, cavités aquatiques, micro-cascades, fossés) est

capitale pour le maintien des espèces et pour la diversité de l'ensemble du site. L'intérêt odonotologique d'un milieu aquatique est donc davantage lié à la richesse en micro-biotopes, qu'à sa surface en eau ou sa structure générale. De plus, l'existence d'un environnement constitué de zones de lisières, de bocages, de taillis, de friches, de landes, de prairies, de fourrés de régénération, de chemins ensoleillés et abrités du vent, etc., riches en insectes volants, est très propice durant les phases de vie ne nécessitant pas la présence de l'eau.

Comme pour les autres groupes d'insectes aquatiques, le rôle de la végétation aquatique et terrestre est important et même essentiel pour les espèces à ponte **endophyte**. En dehors du rôle fondamental des végétaux aquatiques au sein des chaînes trophiques, les plantes interviennent aussi bien au cours du cycle biologique que dans le cadre de certains comportements particuliers :

- **lors de la ponte**, comme supports d'insertion des oeufs (végétaux et arbustes riverains, héliophytes, hydrophytes flottants ou immergés, végétaux flottants en voie de décomposition). Il n'existe cependant pas de véritable spécificité entre l'Odonate et l'espèce végétale. Le choix du substrat de ponte est davantage lié à la texture du support qu'à l'espèce ou au genre botanique. Les végétaux aquatiques jouent également un rôle pour les espèces à ponte **exophyte**. Dans ce cas, la femelle préfère souvent déposer ses œufs au-dessus de plantes immergées sur lesquelles les œufs se fixent.

- **durant la vie larvaire**, en tant que niches écologiques et comme abri contre les prédateurs, à tous les stades pour certains groupes (*Zygoptères*, *Sympetrum*, etc.). La densité des larves est souvent liée à celle de la végétation.

- **lors de la métamorphose**, les plantes émergées étant fréquemment utilisées comme support. La densité, voire l'exubérance des végétaux riverains, joue aussi un rôle protecteur contre les différents prédateurs.

- **durant la vie imaginale**, en offrant des aires de chasse ou des secteurs territoriaux aux imagos. Également comme support pour les *Zygoptères* et les *Libellulidae* qui chassent à l'affût à partir d'un point fixe.

Les Odonates des mares intraforestières (Nord de la France)

Les caractéristiques, les conditions biologiques, la situation géographique, l'environnement des mares conditionnent le peuplement qui peut aller, suivant les cas, de l'absence d'espèce (mare forestière très fermée) à plus d'une vingtaine dans les meilleures conditions (mare ouverte, mare de lisière, envahie par les héliophytes et les hydrophytes). Au niveau national, en tenant compte de

la situation (Nord, Sud, plaine, altitude) et de la diversité des caractéristiques de ce type d'habitat aquatique, le milieu « mare » permet potentiellement le développement de plus de 50 % de la faune française. Ce sont donc des milieux particulièrement importants pour les libellules puisqu'elles peuvent héberger plus de la moitié du patrimoine odonatologique. Elles permettent aussi de maintenir une faune « minimale » (intérêt faunistique et pédagogique) dans des secteurs défavorisés sur ce plan (zones urbaines notam-

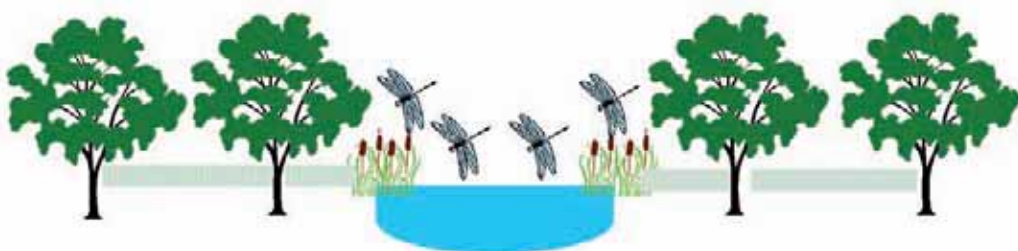
Diversité odonatologique en fonction du degré d'ouverture de mares intraforestières :



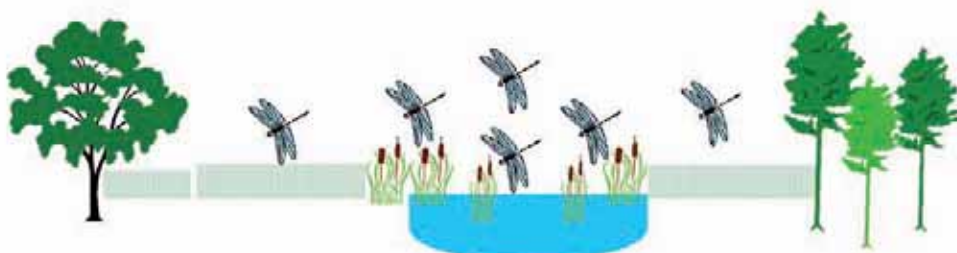
Mare boisée : 0, 1 ou 2 espèces



Mare fermée : environ 10 espèces



Mare semi-ouverte : environ 15 espèces



Mare ouverte : 20 à 25 espèces

Odonates des mares intraforestières : espèces patrimoniales en DT IdF-NO :

Taxons	Mares ouvertes	Mares semi-ouvertes	Tourbières et mares tourbeuses	Milieux de reproduction et habitats larvaires
<i>Lestes barbarus</i>	X			Mares très ouvertes, méso à eutrophes, de landes humides, prairies, arrière dunes. Milieux temporaires ou à forte exondation estivale, abondamment colonisés en moyens héliophytes, où les œufs sont insérés
<i>Lestes dryas</i>	X	X	X	Mares ensoleillées ou partiellement ombragées, riches en héliophytes, où les œufs sont insérés et passent l'hiver avant d'éclore au printemps suivant. Eaux souvent acides, oligo à mésotrophes
<i>Sympecma fusca</i>	X	X		Eaux douces ou légèrement saumâtres, méso à eutrophes, ensoleillées et bordées de zones arbustives denses (fourrés de régénération, friches, landes armées, etc.). Larves dans les vases organiques, les débris végétaux et tiges mortes d'héliophytes
<i>Coenagrion pulchellum</i>	X	X		Eaux acides ou basiques, mésotrophes, ensoleillées et colonisées par une abondante végétation (hydrophytes / héliophytes). Larves dans les herbiers aquatiques. Pontes insérées dans les débris végétaux et les plantes flottantes (Cératophylles, <i>Potamogeton</i> , etc.)
<i>Coenagrion scitulum</i>	X	X		Mares mésotrophes à eutrophes, riches en herbiers aquatiques flottants ou immergés, ainsi qu'en ceintures de petits et moyens héliophytes, souvent bordées de milieux herbacés ouverts
<i>Ischnura pumilio</i>	X			Mares bien ensoleillées, acides à saumâtres, temporaires ou à forte exondation, peu végétalisées (milieux pionniers, mares nouvellement créées) : petites mares peu profondes de queue d'étang, platière et lande ouvertes, zones tourbeuses
<i>Leucorrhinia caudalis</i> , PN		X	X	Eaux profondes souvent acides, oligo à mésotrophes, peu ombragées, pourvues de différentes strates de végétation aquatique où les larves se tiennent, et recouvertes par des plantes à feuilles flottantes de type <i>Nymphaea alba</i> . Présence d'héliophytes sur les berges et d'une végétation arborée en retrait du plan d'eau. L'introduction de poissons est défavorable à l'espèce : destruction des micro-habitats larvaires et prédation
<i>Leucorrhinia pectoralis</i> , AII, PN	X	X	X	Micro-habitat larvaire en eau oligo à mésotrophe, plutôt acide, peu profonde et ensoleillée, partiellement végétalisée (10 à 40 %) par des hydrophytes à feuilles flottantes (<i>Menyanthes</i> , <i>Nymphaea</i> , <i>Potamogeton</i> , etc.). Craint la compétition inter-spécifique (<i>Aeshna cyanea</i>) et la présence de poissons prédateurs
<i>Sympetrum danae</i>	X	X	X	Mares bien ensoleillées dans des zones tourbeuses, ou acides, relativement riches en macrophytes. Eaux acides oligo à mésotrophes. Larves dans les parties peu profondes, sur le substratum ou parmi les plantes immergées

PN : Protection Nationale ; AII : Annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore

Quelques Odonates remarquables des mares de la DT IdF-NO :



Lestes barbarus



Leucorrhinia pectoralis



Ischnura pumilio



Leucorrhinia caudalis



Sympetrum danae
(mâle mature)



Sympetrum danae (émergence)

ment).

Pour la faune métropolitaine, il existe des ouvrages d'identification spécifique récents (DIJKSTRA et LEWINGTON, 2007 ; GRAND et BOUDOT, 2007 ; WENDLER & NUSS, 1997, etc.) et une association nationale (Société française d'odonatologie) qui peut être contactée via son site Internet : www.libellules.org.

Plécoptères (Perles)

Les Plécoptères sont des insectes hétérométaboles hémimétaboles qui, dans notre pays, colonisent essentiellement les cours d'eau bien oxygénés et froids. Ils sont de ce fait bien présents sur les reliefs. En plaine, ils se cantonnent dans les cours d'eau rapides et frais. Leur présence dans les mares est soumise à des conditions de milieu très particulières : les larves se développent essentiellement dans les milieux lotiques et sont absentes des milieux stagnants, à l'exception de ceux qui sont alimentés par une source ou un cours d'eau. Elles possèdent des pièces buccales brouteuses, mais certains groupes prédateurs possèdent des mandibules. Les adultes sont de forme allongée, les antennes sont longues et filiformes, l'extrémité du corps est prolongée par deux cerques. Les ailes, repliées au repos au dessus de l'abdomen sont

presque toujours présentes. En général, les adultes s'éloignent peu des milieux larvaires, se cantonnant dans la végétation riveraine.

Les Plécoptères sont très sensibles au taux d'oxygène dissous ; de très faibles pollutions organiques ou le réchauffement des eaux les éliminent rapidement. En France, on estime le nombre d'espèces à environ 150. Il n'existe pas à ce jour d'ouvrage d'identification spécifique récent, par contre, un groupe de travail « Plécoptères » peut être contacté via le site Internet de l'Opie benthos (www.invfmr.org).

Hemiptera Heteroptera (Punaises aquatiques et de surface)

Ces insectes se distinguent par leur appareil buccal piqueur-suceur qui ne leur permet d'absorber que de la nourriture liquide. Il s'agit d'insectes hétérométaboles paurométaboles (larves et adultes vivant dans le même habitat). Si la famille des Corixidae est majoritairement phytozoophage, les autres groupes sont surtout prédateurs et sont des chasseurs plus ou moins polyphages, destructeurs d'organismes des milieux aquatiques. Mais ils sont aussi, à leur tour, victime de nombreux prédateurs et de parasites. Ces insectes

colonisent la quasi totalité des milieux aquatiques qu'ils soient lenticules, lotiques ou même marins. Si certaines espèces ont des exigences écologiques strictes, d'autres sont assez opportunistes et colonisent aussi bien les mares, les étangs et les cours d'eau. En France, seulement 70 espèces sont vraiment aquatiques (fossés, mares, étangs, lacs, cours d'eau).

On retrouve chez ces insectes les trois parties principales des insectes : tête, thorax et abdomen, trois paires de pattes, une paire d'antennes plus ou moins visibles et plus rarement des ocelles. Chez l'adulte les quatre ailes sont parfois réduites ou absentes. Toutefois, l'habitus diffère nettement selon les familles ou les genres.

• Hémiptères aquatiques

La famille des Corixidae, un peu moins de 50 espèces, compte le plus de représentants dans notre pays. Les Corixes que l'on appelle également « bateliers » sont de forme assez homogène avec un corps allongé à côtés subparallèles. L'habitus général de l'insecte et la forme courte et triangulaire du rostre sont bien caractéristiques. La coloration supérieure est souvent composée de lignes sinueuses transverses sur fond noirâtre. La nage de ces punaises, le dos tourné vers la surface de l'eau, s'effectue à l'aide des deux pattes postérieures natatoires, elle est rapide et saccadée. Les Corixidae respirent à l'aide d'une réserve d'air en forme de bulle placée entre la partie dorsale et les ailes. Pour renouveler sa bulle, la punaise remonte régulièrement à la surface de l'eau. Les grosses

espèces s'attaquent aux larves de culicidés et de chironomes. Les petites et moyennes espèces grattent, râpent avec leurs palettes, la pellicule organique des algues filamenteuses et la microfaune benthique qui recouvre la vase du fond.

Les Notonectidae se reconnaissent très facilement à leur forme allongée, leur grande taille (de 12 à 16 mm) et leur nage sur le dos. Le rostre est long et robuste (piqûre douloureuse !). La respiration s'effectue à la surface, par l'extrémité de l'abdomen, la réserve d'air étant stockée dans les poils de la face ventrale de l'abdomen et également sous les ailes. Les espèces se développent surtout dans les mares et les pièces d'eau artificielles qui sont colonisées en général très rapidement (insectes pionniers). Il s'agit de prédateurs particulièrement actifs, se présentant souvent en nombre dans les milieux qu'ils occupent. Ils se nourrissent de diverses larves d'insectes, de crustacés, de têtards et d'alevins.

Les Naucoridae ont un corps assez large et aplati dorso-ventralement, brunâtre à noirâtre et mesurant 10 à 15 mm. Ces insectes nagent sur le ventre au contraire des Notonectidae. Ils sont très communs dans les eaux stagnantes et notamment les mares. Ils se tiennent habituellement sur le fond ou parmi les plantes aquatiques, remontant régulièrement à la surface pour respirer. Munies de pattes ravisseuses, ils capturent et maintiennent leurs proies constituées principalement par des larves d'insectes et de mollusques.

Les deux représentants de la famille des Nepidae se reconnaissent par la forme caractéristique de



Aperçu de différentes espèces d'Hémiptères aquatiques : Notonecte (à gauche), Ranatre (à droite).
En médaillon : Plea minutissima

leurs corps : large, plat et court, prolongé par un siphon respiratoire ou bien au contraire étroit, cylindrique et long, prolongé également par un siphon particulièrement allongé. Communs dans les mares, ces insectes nagent peu, se déplaçant le plus souvent en marchant sur le fond ou sur les plantes immergées. Ils se tiennent, souvent à proximité de la surface, ce qui leur permet de respirer à l'aide de leur siphon respiratoire postérieur tout en guettant à l'affût leurs proies (larves d'insectes, alevins, têtards).

• Hémiptères de surface

Les Mesoveliidae sont de petites punaises aquatiques de surface se reconnaissant à leurs corps élancés de couleur brunâtre ou verdâtre, à leurs longues antennes de quatre articles et à leur pattes grêles de type marcheur. Les adultes présentent un polymorphisme alaire avec des individus macroptères et aptères. Larves et adultes se développent auprès des rives dans la végétation bordière des mares et des étangs, principalement sur les feuilles flottantes (*Potamogeton*, *Nymphaea*, *Nuphar*, etc.). Prédateurs, ils se nourrissent de petits invertébrés. Assez discrets, ils passent aisément inaperçus.

Les Hydrometridae ont une physionomie qui rappelle les phasmes : corps linéaire avec des antennes allongées pourvu de six pattes grêles de type marcheur. Le polymorphisme alaire est courant. Ces insectes se tiennent surtout sur le bord des eaux (mares, étangs, marais, tourbières, cours d'eau lents), marchant lentement sur la surface de l'eau ou sur la végétation aquatique, les mousses, les sphaignes, etc. Ils se nourrissent de petits invertébrés morts ou mourants qu'ils trouvent sur l'eau ou sur la végétation.

Les Hebridae sont de très petits insectes vivant à la surface de l'eau (moins de 2,5 mm de longueur), ils sont trapus et présentent un polymorphisme alaire notable : chez les **submicroptères** et **microptères**, le **pronotum** est réduit et transverse, les **hémélytres** écailleux et la taille est plus réduite que celle des **macroptères**. Ces minuscules insectes se développent çà et là dans les zones marécageuses pourvues d'une végétation aquatique fournie des mares et des étangs. Les individus se tiennent entre les feuilles de mousses et autres plantes aquatiques et se déplacent également à la surface de l'eau recherchant les endroits obscurs et abrités.

Les Veliidae sont des insectes prédateurs densément pubescents, trapus ou un peu allongés avec des pattes robustes. Les adultes présentent un polymorphisme alaire avec des individus macroptères et aptères. Ces insectes se déplacent à la surface de l'eau et sur les plantes aquatiques émergentes des mares, des étangs et le long des rives ombragées des rivières et des ruisseaux.

Les Gerridae (araignées d'eau) sont des insectes de moyenne ou grande taille au corps élancé et à longues pattes « patinant » sur l'eau avec agilité et rapidité. Les pattes fines et grêles ont les tarses couverts par une dense pilosité qui permet le maintien de l'insecte sur la surface de l'eau. Le polymorphisme alaire est fréquent. Ils colonisent la plupart des surfaces d'eaux tranquilles, du minuscule fossé aux grands lacs en passant par les eaux courantes, etc. Ils se nourrissent des insectes morts ou se noyant à la surface de l'eau, pouvant sucer en groupe des proies de taille relativement importante.

En France, on estime le nombre d'espèces à environ une centaine. Il n'existe pas à ce jour d'ouvrage d'identification spécifique récent en français, mais la faune de Poisson, 1957 est encore utilisable pour de nombreuses espèces. Il est aussi possible de contacter l'Opie benthos pour obtenir des informations complémentaires.



Exemple d'Hémiptère de surface : *Velia* sp.

Mégaloptères (Sialis)

Il s'agit d'insectes holométaboles (métamorphose complète), réparti dans toutes les régions du globe. Les Mégaloptères ou « mouches du saule » sont divisés en deux sous-ordres correspondant à deux familles dont seuls les Sialidae concernent notre faune. Ils se rencontrent dans de nombreux habitats aquatiques dont les mares, ouvertes ou fermées.

Les adultes sont de taille moyenne (ailes antérieures de 10 à 18 mm de longueur), les ailes membraneuses très assombries aux épaisses nervures sont repliées au repos en toit sur l'abdomen, le vol est lourd et les individus ne s'écartent guère des milieux aquatiques. Ils sont, semblent ils, plus ou moins floricoles et affectionnent les inflorescences de Cerfeuil sauvage et celles d'autres végétaux. La période de vol des adultes est relativement courte (mai/juin).

Les larves carnassières et très actives sont caractérisées par les appendices latéraux ciliés et le prolongement terminal de l'abdomen. L'abdomen est composé de dix segments membraneux, dont les sept premiers sont prolongés latéralement par de longues expansions cylindriques ciliés (trachéobranches) ; le dernier segment est constitué en une pointe très effilée ciliée latéralement. Le développement larvaire se prolonge sur deux ans environ.

En France, il n'y a que trois espèces dont une (peut-être deux ?) sont observées dans les mares. Le travail de DETHIER et HAENNI, 1986 permet d'obtenir l'identification des espèces.

Névroptères aquatiques (Névroptères)

Il s'agit d'insectes holométaboles (métamorphose complète), à l'état adulte, ils se distinguent des Mégaloptères par leurs ailes délicates à nervures fines assez nombreuses ; elles sont également repliées en toit au repos sur le corps comme ces derniers. Ces insectes se développent dans différents types d'habitats aussi bien lotiques que lenticules. Les larves carnassières se caractérisent principalement par la transformation des mandibules et des maxilles en « crocs » perforants et suceurs. Les adultes de la famille des Osmylidae se reconnaissent à leur taille moyenne (ailes antérieures de 20 à 26 mm de longueur) et aux ailes souvent tachetées densément nervurées. Ils se tiennent au bord des eaux et peuvent être observés du printemps à l'automne et paraissent avoir des mœurs crépusculaires. Les larves sont plus allongées que les Sisyridae. Elles se développent dans différents habitats plus ou moins lotiques comme les ruisseaux, les zones de sources, les milieux stagnants alimentés, etc. D'une manière générale, elles sont rares ou absentes dans les mares non alimentées (Une seule espèce connue en France).

Les représentants de la famille des Sisyridae se reconnaissent à leur petite taille (ailes antérieures de 4,5 à 6 mm de longueur) et au petit nombre de nervures alaires. Les ailes transparentes et sans taches ont une nervation caractéristique. Les larves sont plus larges et plus trapues que les Osmylidae. L'abdomen porte de longues soies et des branchies ventrales. Elles parasitent les éponges d'eau douce et sont donc liées à la présence de leur hôte se trouvant dans les mêmes situations et micro-habitats : incrustations sur la face inférieure des pierres ou des rochers des cours d'eau ou sous les feuilles des hydrophytes à feuilles flottantes des étangs et des mares, ou bien encore dans les gaines entourant les tiges des végétaux profondément immergés (Characées).

En France, il n'y a à notre connaissance que 4 espèces dont 2 ou 3 peuvent être observées dans les mares. Le travail de DETHIER et HAENNI, 1986 est utilisable pour les identifier.



Osmylus sp. : un Névroptère aquatique

Coléoptères aquatiques

Il s'agit de l'ordre d'hexapodes le plus important numériquement dans le règne animal (plus de 330 000 espèces, près de 10 000 en France). Ce sont surtout des insectes terrestres, crépusculaires ou diurnes qui ont pratiquement colonisé tous les habitats à l'exception des océans. En France, les Coléoptères, aquatiques au moins à l'un des états de leur développement, ne sont que 656, répartis à l'intérieur de 22 familles, entre les trois grands sous-ordres : Myxophaga (4 espèces), Adephaga et Polyphaga. A l'état adulte, ces insectes holométaboles se distinguent immédiatement de tous les autres ordres par les ailes antérieures transformées en élytres coriacés qui assurent, parallèlement à la rigidité du corps, la protection d'une véritable armure. Les ailes postérieures membraneuses, dis-

simulées sous les élytres, permettent à la plupart des espèces, y compris aquatiques, de voler et donc de se déplacer pour coloniser les habitats qui leur sont favorables. Les larves sont de forme très variable selon les familles et les espèces.

Le groupe le plus typique, c'est-à-dire celui dont tous les représentants possèdent un haut niveau d'adaptation au milieu aquatique, notamment aux plans hydrodynamique et natatoire, appartient au sous-ordre des Adephaga, au travers de la superfamille des Dytiscoidea et de la famille des Gyrinidae.

Parmi cet ensemble, les Dytiscidae (les « dytiques ») forment un groupe nombreux, de près de 220 espèces, et assez homogène. Adultes et larves sont aquatiques mais la métamorphose s'effectue en milieu terrestre. Il s'agit pour la plupart d'insectes prédateurs qui s'attaquent à des proies vivantes ou mortes, en fonction de leur taille (pour les adultes de la faune de France de 1,5 mm à 4 cm). Certains genres comme *Dytiscus* ou *Cybister* présentent une adaptation remarquable, notamment par la forme aplatie de leur corps, la morphologie des pattes intermédiaires et surtout postérieures qui, associée à des mouvements simultanés, leur permet de nager très rapidement. La longévité des adultes de ces grandes espèces est surprenante puisqu'elle dépasse 4 années, ce qui constitue une particularité dans l'ordre des Coléoptères. Les larves prédatrices de ces espèces sont particulièrement agressives, ce qui leur a valu le nom de « tigres d'eau douce ». Chaque mandibule est traversée par un canal qui permet à la larve d'injecter ses sucs digestifs dans le corps de sa proie. La substance ainsi digérée est ensuite aspirée par la larve.

La famille des Gyrinidae, avec quinze espèces dans nos régions, constitue un cas particulier chez les Coléoptères à l'instar des punaises de surface chez des Hémiptères Hétéroptères. L'adaptation des gyrins adultes à la vie de surface est en effet particulièrement marquante : un corps fusiforme, des pattes intermédiaires et postérieures en « palettes » nageuses, un œil séparé en deux parties par une arête chitineuse, etc. Carnassiers et polyphages, ils se nourrissent de petits animaux qui tombent à la surface de l'eau. Les larves aquatiques ont une respiration trachéobranchiale et se tiennent sur le fond ou bien dans les plantes aquatiques ; elles sont

également carnassières et se nourrissent de divers organismes.

Contrairement aux précédents, les 22 représentants des Haliplidae ne sont pas d'excellents nageurs. La plupart se nourrissent d'algues vertes aux stades adulte et larvaire et fréquentent des mares permanentes, à l'eau plutôt claire et riche en substance nutritive. L'unique Hygrobiidae européen préfère les fonds vaseux et possède un régime carnivore, les vers *Tubifex* constituant l'alimentation principale des larves.

Les Noteridae, au nombre de trois, sont de bons nageurs. Également prédateurs, ils habitent les plans d'eau à végétation dense et fond de détritus végétaux. Ils présentent la particularité d'être aquatiques aux 3 stades de leur développement.

Le sous-ordre des Polyphaga rassemble 420 espèces aquatiques. Beaucoup plus nombreux que les Adephaga, il est cependant beaucoup moins connu en raison sans doute d'une détermination apparemment plus difficile de ses membres, due à l'absence de documentation française récente et d'une nomenclature fréquemment modifiée. Les espèces concernées sont généralement peu aptes à la nage, phytophages à l'état adulte et souvent prédatrices à l'état larvaire.

La famille des Hydrophilidae regroupe 78 espèces avec de nombreux genres assez polymorphes et de taille très variable, toutes aquatiques aussi bien à l'état imaginal que larvaire. Le genre *Hydrophilus* réunit les plus grosses espèces comme le « grand hydrophile », le plus grand Coléoptère aquatique de France avec ses 5 cm de longueur. L'adulte, plutôt phytophage et même parfois nécrophage, n'a pas la mobilité ni la dextérité d'un *Cybister* mais présente néanmoins des adaptations remarquables à son mode de vie. A la suite de l'accouplement au printemps, les œufs sont enfermés dans une sorte de coque flottante en soie, prolongée par un long tubercule et placée souvent parmi les hydrophytes affleurant la surface ou à feuilles flottantes. Les larves carnassières peuvent être très voraces.

Les Helophoridae et Hydrochidae, les premiers avec des larves terrestres, rassemblent une quarantaine d'espèces aux mœurs proches de celles des Hydrophilidae.

Les Hydraenidae comptent 108 espèces de très petite taille mais de biologie très intéressante. Terrestres à l'état larvaire, leurs adultes peuplent tant le bord des eaux stagnantes, douces ou saumâtres, que les cours d'eau. Ils constituent ainsi de bons indicateurs de la qualité des milieux et, de ce point de vue, leur absence est toujours suspecte. Les Elmidae, au nombre de 33 espèces et inféodés aux eaux courantes, sont encore plus réceptifs aux pollutions car adultes et larves respirent généralement dans l'eau.

Deux autres familles, les Dryopidae et les Heteroceridae, de 19 espèces chacune, sont également bien représentées le long des berges vaseuses ou sableuses des mares, marais et rivières.

Les Scirtidae, famille méconnue malgré ses 39 espèces, sont aquatiques au stade larvaire seulement et se trouvent ensuite, souvent en abondance, dans la végétation proche de l'eau.

Les Polyphaga comportent par ailleurs des représentants qui ont adopté le mode de vie aquatique, bien qu'ils appartiennent à deux familles essentiellement terrestres. Il en est ainsi des donaciacés qui, au nombre de 29 et rattachés aux Chrysomelidae, ont des larves se développant dans l'eau aux dépens de diverses plantes aquatiques (hélrophytes et hydrophytes). Leur nymphose s'effectue aussi dans l'eau, souvent sur les plantes nourricières, où se tient habituellement l'adulte, aérien et très mobile.

Les Curculionidae (charançons) comptent pour leur part quelque quarante espèces aquatiques et relativement discrètes dont larves et adultes vivent aux dépens de plantes aquatiques.

Globalement, sur l'ensemble des 656 espèces recensées pour la faune de France, il convient de noter que 160 d'entre elles environ sont inféodées aux eaux courantes. Parmi les autres, qui vivent en eau stagnante, 170 sont présentes en Ile-de-France et les régions avoisinantes. Compte tenu de la pression urbaine et agricole, ces espèces ont trouvé refuge en zone forestière où elles recherchent de préférence les mares et plans d'eau découverts. Sauf exception, la forêt ne constitue pas en effet pour elles un environnement indispensable mais un écran nécessaire pour s'affranchir des atteintes multiples de la pollution. Une trentaine d'espèces aquatiques

ont été retenues comme "patrimoniales". Il s'agit d'insectes rares, quelquefois peu aptes au vol, ou représentatifs de biotopes fragiles. Le suivi du comportement et de l'habitat de leurs représentants est donc précieux.

Du fait de leurs exigences écologiques et de leur diversité, les Coléoptères aquatiques recèlent de nombreuses espèces sensibles à la qualité des eaux et au niveau trophique des habitats colonisés. A l'instar des autres groupes d'animaux et de plantes, leur prise en compte dans les inventaires et autres études destinées à la caractérisation et à la mise en valeur des zones humides doit donc être favorisée pour permettre une meilleure gestion conservatoire de ces insectes et de leurs habitats.

Coléoptères aquatiques des mares intraforestières : espèces patrimoniales en DT IdF-NO :

Taxons	Mares ouvertes	Mares semi-ouvertes	Tourbières et mares tourbeuses	Commentaires
Agabus (Gaurodytes) affinis (Paykull, 1798)			X	Sphaignes / Adultes hivernant, larves en été / Aptitude au vol incertaine
<i>melanarius</i> Aubé, 1837		X		Pièces d'eau de petite taille, généralement peu profondes et alimentées, à fond de vase et feuilles mortes / Adultes hivernant, larves en début d'été
<i>striolatus</i> (Gyllenhal, 1808)			X	Fossés et petites mares à fond de débris organiques, notamment litière de <i>Carex</i> / Adultes hivernant dans l'eau, larves en début d'été
<i>unguicularis</i> (Thomson, 1867)			X	Bords de mares et marécages découverts, peu profonds et riches en matière organique / Serait inapte au vol
Ilybius aenescens Thomson, 1870			X	Sphaignes, eaux acides et bien éclairées / Adultes hivernant hors de l'eau, prompts au vol
<i>guttiger</i> (Gyllenhal, 1808)	X		X	Mares permanentes à végétation dense / Adultes hivernant hors de l'eau, sans doute bons voiliers
<i>neglectus</i> (Erichson, 1837)		X		Eaux souvent temporaires, ornières même / Œufs (1 ^{ère} année) et adultes (2 ^{ème} année) en hiver, reproduction estivale
<i>subaeneus</i> Erichson, 1837	X			Bord de mares permanentes à végétation dense / Adultes hivernant hors de l'eau, bons voiliers
<i>subtilis</i> (Erichson, 1837)	X	X		Mares souvent temporaires, à fond de feuilles mortes
Rhantus (Nartus) grapii (Gyllenhal, 1808)		X	X	Mares plutôt permanentes à végétation dense, sphaignes parfois / Adultes hivernant hors de l'eau, larves en été
(Rhantus) s. str. suturellus (Harris, 1828)			X	Adultes hivernant hors de l'eau, larves de la fin du printemps au début de l'été
Graphoderus zonatus (Hoppe, 1795)	X			Adultes hivernant dans l'eau, larves de la fin du printemps au début de l'été / La plupart des individus seraient inaptes au vol
Cybister (Scaphinectes) lateralimarginalis (De Geer, 1774)				Mares profondes avec végétation marginale abondante / Adultes hivernant dans l'eau, prompts au vol / Larves de la fin du printemps au début de l'été, se nourrissant surtout des larves d'autres insectes, notamment odonates
Dytiscus circumflexus Fabricius, 1801	X			Mares et fossés à fond argileux, vaseux ou sableux, avec végétation / Adultes hivernant dans l'eau, prompts au vol, larves à la fin du printemps et en été
Bidessus grossepunctatus Vorbringer, 1907			X	Sphaignes ou berges tourbeuses / Adultes hivernant et larves en été / Sans doute mauvaise aptitude au vol
<i>unistriatus</i> (Goeze, 1777)	X			Eaux peu profondes, plutôt herbeuses
Hydroporus melanarius Sturm, 1835			X	Eaux peu profondes, parfois temporaires / Sphaignes, végétation en décomposition / Adultes et larves trouvés en hiver
<i>neglectus</i> Schaum, 1845		X	X	Mares plutôt ombragées, riches en végétation pourrissante ou sphaignes / Adultes hivernant, larves au début de l'été
<i>notatus</i> Sturm, 1835			X	Mares à riche végétation
<i>obscurus</i> Sturm, 1835			X	Sphaignes / Adultes hivernant, larves en été
<i>scalesianus</i> Stephens, 1828			X	Sphaignes, végétation en décomposition
<i>umbrosus</i> (Gyllenhal, 1808)			X	Végétation dense / Adultes hivernant, larves en été
Laccornis oblongus (Stephens, 1835)			X	Mares, parfois temporaires, et fossés à végétation dense, notamment sphaignes et <i>Carex</i> / Adultes hivernant sans doute, larves au début de l'été
Helophorus (Rhopalohelophorus) pumilio Erichson, 1837	X			Fossés et mares de faible dimension / Adultes en hiver et au printemps
<i>strigifrons</i> Thomson, 1868	X			Mares à végétation dense et herbeuse / Adultes de l'automne au début du printemps, larves du printemps au début de l'été
Hydrophilus (Hydrophilus) piceus (Linnaeus, 1758)	X			Eaux bien éclairées et peu profondes, à végétation abondante / Ponte en mai-juin, larves se nourrissant surtout d'escargots tels que limnées, adultes émergeant en été et pouvant vivre au moins 2 à 3 ans, bons voiliers
Hydraena palustris Erichson, 1837		X		Eau fraîche et peu profonde en bordure des mares, litière de feuilles sur les berges / Trouvé en toutes saisons
Dryops anglicanus Edwards, 1909	X			Dans la végétation de la bordure vaseuse et peu profonde des mares
<i>striatellus</i> (Fairmaire & Brisout, 1859)	X			Dans la végétation de la bordure vaseuse et peu profonde des mares

En France, une étude récente (QUENEY, 2004) a permis d'actualiser le recensement des Coléoptères aquatiques de la faune de France. En dehors du travail de TACHET *et al.*, 2003 (mais qui s'arrête au genre), il n'existe pas d'ouvrage d'identification en français à jour pour l'ensemble des espèces présentes dans notre pays. Par contre, d'excellents ouvrages étrangers, cités ci-après, peuvent être utilement consultés. Pour les Adephtaga, les travaux de Guignot (1947) sont encore praticables à quelques exceptions près, mais doivent être réajustés sur le plan de la nomenclature à l'aide du catalogue de QUENEY, 2004. Par contre, pour l'étude des Polyphaga aquatiques, profondément remaniés par les taxonomistes depuis de nombreuses années, le recours aux travaux étrangers qui ne couvrent pas forcément le territoire national est indispensable. A noter enfin que les Coléoptères aquatiques sont intégrés au groupe de travail Opie benthos qui peut être contacté via son site Internet : www.invfmr.org.

Diptères aquatiques

Insectes holométaboles dont les larves sont aquatiques et les adultes aériens. Mouches et moustiques ont un habitus typique, bien reconnaissable par le grand public. Les ailes postérieures réduites à de simples balanciers et l'appareil buccal piqueur ou suceur suivant les cas, constituent les critères de reconnaissance des Diptères. Cet ordre réunit à lui seul les deux tiers des insectes aquatiques de France. Certains Diptères servent de proies aux autres invertébrés et aux vertébrés aquatiques. Ils participent également à la dégradation des vases (Chironomidae par exemple).

Les Diptères sont divisés schématiquement en deux sous-ordres : les Nématocères qui regroupent tous les espèces qui ont un habitus de « moustiques » et les Brachycères qui ressemblent grosso modo aux « mouches ». Ces deux



Exemples de Diptères aquatiques

groupes réunissent des espèces à larves aquatiques, mais ce sont les Nématocères qui en rassemblent le plus grand nombre.

Parmi les Nématocères, les Culicidae réunissent une centaine d'espèces en France et sont bien connus pour leurs piqûres et leurs rôles en tant que vecteurs. Les Chironomidae comptent en France près d'un millier d'espèces soit 50 % des Diptères à larves aquatiques. Ils colonisent tous les habitats et sont souvent présents en très grand nombre.

Les Brachycères recèlent diverses familles qui n'ont que certains groupes ou espèces aux larves



Aperçu de quelques Coléoptères aquatiques

véritablement aquatiques (Tabanidae, Stratiomyidae, Dolichopodidae, Syrphidae, etc.). Les larves de ces dernières, bien différentes de celles des Nématocènes, ressemblent à des asticots et se rencontrent dans de nombreux types d'habitats aquatiques comme les mares.

En France, on estime le nombre d'espèces à plus de 2000. Il n'existe pas à ce jour d'ouvrage d'identification spécifique récent en dehors des espèces d'intérêt médical ou vétérinaire (clés d'identification sous la forme de CD-Rom).

Trichoptères (Phryganes ou porte-bois)

Insectes holométaboles à larves aquatiques et imagos aériens. Les phryganes adultes possèdent quatre ailes bien développées recouvertes de poils plus ou moins forts et denses, dont une partie est parfois transformée en écailles (mais distinctes de celles des papillons) ; les antennes sont longues, parfois dépassant la longueur du corps ; les pièces buccales sont de type broyeur mais elles sont rudimentaires et la lèvre inférieure est transformée en une pièce lécheuse. Les larves sont aquatiques, à l'exception d'une seule espèce, la tête et le thorax sont bien sclérifiés, ce dernier porte trois paires de pattes ; l'abdomen composé de 9 segments (dont 8 sont bien visibles) porte à son extrémité une paire d'appendices anaux, chacun terminé par un crochet. Les segments 2 à 8 présentent parfois des branchies trachéennes.

Les adultes se tiennent à proximité des milieux aquatiques ; ils semblent se nourrir essentiellement de liquides sucrés. Comme les Éphémères,

ils forment parfois de véritables essaims. La ponte s'effectue souvent dans l'eau, la femelle pénétrant alors sous l'eau mais ils sont parfois déposés hors de l'eau. Les larves présentent des modes de vies et des comportements originaux très variés selon les familles, les genres ou les espèces. Certaines sont libres ou construisent des filets à partir desquels ils se nourrissent des particules végétales et micro-organismes qui s'y prennent. D'autres espèces construisent un fourreau dans lequel ils se tiennent, l'agrandissant au fur et à mesure de leur développement ; ces larves fixent leurs fourreaux sur les pierres (notamment dans les eaux courantes) ou bien se déplacent ou nagent avec cet « étui de protection » qui est construit, selon les espèces et la disponibilité de l'habitat, de débris végétaux, coquillages, brindilles, sables et gravier fin, etc. La nymphose s'effectue dans l'eau. Si la larve est mobile, le fourreau est alors fixé, à la suite de quoi lorsque la nymphe est prête à effectuer sa métamorphose, elle sort du fourreau traverse l'élément liquide pour rejoindre l'air libre et réalise alors sa métamorphose.

Les larves de Trichoptères sont particulièrement sensibles à la qualité du milieu dans lequel elles se développent et sont donc utilisées à l'instar des larves d'Éphémères ou des Plécoptères dans l'évaluation des milieux aquatiques.

En France, on estime le nombre d'espèces à environ 475. Il n'existe pas à ce jour d'ouvrage d'identification spécifique récent, par contre, un groupe de travail « Trichoptères » peut être contacté via le site Internet de l'Opie benthos www.invfmr.org.



Trichoptères : forme larvaire (à gauche) et imaginaire (à droite)

Lépidoptères aquatiques (Papillons)

Insectes holométaboles qui s'alimentent à l'aide d'un appareil buccal de type suceur pourvu d'une trompe spiralée, avec laquelle ils extraient les substances fluides ou liquides qu'ils absorbent par succion. A l'état adulte, ces insectes se distinguent immédiatement de tous les autres ordres par l'appareil buccal dont nous venons de parler et les quatre ailes recouvertes d'écailles. Les larves ou chenilles sont aussi très caractéristiques avec trois paires de pattes thoraciques et plusieurs paires de pseudopodes abdominaux (« fausses pattes »).

De nombreuses espèces sont inféodées aux zones humides, cependant, la grande majorité d'entre elles vivent sur les parties aériennes des plantes aquatiques que ce soit des hélophytes ou même des hydrophytes à feuilles flottantes. Pourtant, quelques unes ont des chenilles qui se développent en pleine eau sur divers végétaux. A notre connaissance, dans un cas seulement l'adulte peut être aquatique.

La famille des Crambidae (= Pyralidae) est composée par de nombreuses espèces souvent nocturnes se nourrissant de très nombreuses espèces végétales (en tant que mineuses ou défoliatrices), y compris les denrées entreposées. Les adultes des quelques espèces aquatiques ne s'éloignent guère des milieux de développement larvaire ; des vols massifs sont cependant parfois observés.

Après l'éclosion les jeunes larves vivent libres (respiration par voie cutanée), parfois en mineuses de feuilles. Ensuite, elles se confectionnent un fourreau tapissé de soie l'aide de débris végétaux. Selon l'espèce ou le stade, ce fourreau est rempli d'eau ou d'air. La nymphose s'effectue sous l'eau à l'intérieur du fourreau ; les imagos remontent alors à la surface pour prendre leur essor. Il y a souvent deux générations par an qui déterminent en général des éclosions en mai et en septembre. Les chenilles des espèces aquatiques se développent dans les milieux surtout lenticules (mares, étangs, rivières à cours lent ou parties calmes des eaux courantes) et ont été rencontrées sur de nombreuses espèces d'Hydrophytes.

En France, moins d'une dizaine d'espèces peuvent être rencontrées dans les mares. Il existe le travail de DETHIER et HAENNI, 1986 pour les identifier.



Clemnata sp. : Lépidoptère aquatique

Hyménoptères

Plusieurs familles d'Hyménoptères ont des représentants susceptibles de pénétrer dans l'eau pour déposer leur ponte à l'intérieur d'un hôte (Ichneumonidae, Braconidae, Chalcididae, Eurytomidae, Ptéromalidae, etc.), cependant, seuls les Agriotypidae ont développé un comportement pour survivre dans l'eau. Ces derniers sont parasites de prénymphe et de nymphes de Trichoptères. Leur détection et identification sont particulièrement délicates.

5 Les amphibiens et reptiles

L'objectif de ce chapitre est de rappeler les principaux traits de vie des amphibiens, afin de faciliter leur prise en compte lors de la gestion des mares. Il existe de très bons ouvrages consacrés à l'identification et à la biologie de ce groupe. Certaines références sont indiquées dans la bibliographie.

Présentation générale du groupe des amphibiens

Les amphibiens sont représentés par environ 4000 espèces sur la planète, mais seulement une cinquantaine vivent en Europe. La France métropolitaine en accueille 34, dont 18 pour la zone atlantique. Deux espèces originaires de la zone continentale sont aussi présentes dans le domaine atlantique, l'une de façon très marginale (le sonneur à ventre jaune, *Bombina variegata*) et l'autre de manière plus dispersée (la grenouille rieuse, *Rana ribidunda*), causant localement la disparition des populations de grenouilles vertes (complexe *Rana esculenta* et *Rana lessonae*).

Les amphibiens de la zone atlantique appartiennent à deux ordres :

- les Urodèles (salamandre et tritons) ;
- les Anoures (sonneur, grenouilles, rainette, pélo-dyte et crapauds).

Ordres	Familles	Genres et espèces
URODELES	Salamandridae	Salamandre tachetée <i>Salamandra salamandra</i>
		Triton alpestre <i>Triturus alpestris</i>
		Triton crêté* <i>Triturus cristatus</i>
		Triton marbré* <i>Triturus marmoratus</i>
		Triton Palmé <i>Triturus helveticus</i>
		Triton ponctué <i>Triturus vulgaris</i>
ANOURES	Discoglossidae	Sonneur à ventre jaune <i>Bombina variegata</i>
		Alyte accoucheur <i>Alytes obstetricans</i>
	Pelodytidae	Pélo-dyte ponctué <i>Pelodytes punctatus</i>
	Bufonidae	Crapaud commun <i>Bufo bufo</i>
		Crapaud calamite <i>Bufo calamita</i>
	Hylidae	Rainette arboricole <i>Hyla arborea</i>
	Ranidae	Grenouille agile <i>Rana dalmatina</i>
		Grenouille rousse <i>Rana temporaria</i>
		Grenouille verte <i>Rana kl. esculenta</i>
		Grenouille de Lessona <i>Rana lessonae</i>
Grenouille des champs <i>Rana arvalis</i>		
Grenouille rieuse <i>Rana ribidunda</i>		

* : Les tritons marbrés et crêtés s'hybrident pour donner une forme intermédiaire (pas une espèce) dite Triton de Blasius. Tous les mâles de cette forme sont stériles ainsi qu'une partie des femelles. La présence de tritons de Blasius dans une mare est rare et très fluctuante, marquée notamment par un faible taux de survie des juvéniles.

Le cycle de vie des amphibiens

Le milieu aquatique sert essentiellement à la reproduction, et dans une moindre mesure au transit ou à l'hibernation. Pour se maintenir, les amphibiens dépendent donc de l'eau mais aussi de son bassin versant, c'est à dire de la gestion des zones périphériques (prairies, forêts). Car en effet, les amphibiens alternent deux phases de vie, l'une aquatique et l'autre terrestre.

A la différence des invertébrés aquatiques, la majorité des amphibiens occupent la mare pendant une période très brève de leur existence, essentiellement au cours de la reproduction et du développement larvaire, parfois lors de l'hivernage.

La vie qu'ils mènent en dehors de l'eau est souvent ralentie.



Dès que la température monte et que le degré hygrométrique est élevé, les animaux sortent de leur cache. En fait, l'activité des batraciens dépend étroitement des conditions météorologiques, ce qui explique que les dates de pontes et d'émergences diffèrent d'une région à l'autre, ou bien que des tritons soient observés dans une mare à la mi-février, puis qu'ils l'abandonnent mi-

mars avant d'y retourner début avril ! Illustration des changements climatiques, des larves de tritons palmés ont été observées très tardivement en octobre 2005, dans quelques mares.

En phase terrestre, les principales activités sont liées aux déplacements pré et post-nuptiaux (transits), ainsi qu'à l'hibernation.

Régime alimentaire chez les amphibiens : un menu consistant et varié

Stades larvaires	Jeunes et adultes
<p>Urodèles : zoophages, la taille des proies évoluant avec celle de la larve (zooplancton, micro-invertébrés...).</p> <p>Anoures : surtout phytophages (phytoplancton, broient hydrophytes et héliophytes, parfois débris animaux).</p>	<p>Phase aquatique : larves d'insectes et imagos, crustacés, gastéropodes, larves d'Anoures ou d'Urodèles (cannibalisme fréquent : autorégulation ou opportunisme ?).</p> <p>Phase terrestre : insectes terrestres, vers, limaces...</p>
<p>Les amphibiens jouent un rôle de super-prédateurs au sein du réseau trophique extrêmement complexe des mares. Leur alimentation repose sur une multitude de proies, dont la présence est conditionnée par la diversité des micro-habitats en place. La diversité spécifique en amphibiens et surtout l'importance de leurs populations sur un site sont révélateurs de la richesse biologique globale d'une mare.</p>	

Trois façons de respirer...

Stades larvaires	Jeunes et adultes
<ul style="list-style-type: none"> - Les branchies - La respiration cutanée : l'O₂ dissout est filtré par les pores de la peau, très fine. <p>Ces deux modes respiratoires permettent aux larves de compenser la faible teneur en O₂ qui caractérise souvent les mares.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les poumons (se développent vers la fin de la croissance larvaire). 	<ul style="list-style-type: none"> - Les poumons : respiration aérienne en phase aquatique ou terrestre. - La respiration cutanée : respiration «d'appoint», utilisée par les individus hibernant sous l'eau, dans la vase, terrés dans le sol, camouflés dans du bois mort gisant...
<p>Chez les amphibiens, la recherche d'une humidité constante conditionne :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les modalités de déplacements (surtout la nuit, par temps de pluie), ceci afin d'éviter la déshydratation ; - le choix du site d'hibernation (pour les espèces utilisant le milieu terrestre). 	

Le cycle annuel des amphibiens

Hibernation	Migration pré-nuptiale	Reproduction	Migration post-nuptiale	Phase active des adultes Maturation sexuelle des jeunes	Recherche d'un site d'hibernation	Hibernation
Parfois sur le site de reproduction	Déplacement nul, centaines de mètres ou kilomètres	Unique ou fragmentée dans le temps	Déplacement nul, centaines de mètres ou kilomètres	A terre ou sur le site de reproduction	Certaines espèces rejoignent le site de reproduction	A terre ou dans la vase

Les déplacements

Les déplacements des amphibiens concernent les trajets effectués pour se rendre sur le site de reproduction, ou pour rejoindre la zone d'hivernage.

Peu avant la fraie, les amphibiens quittent leurs sites d'hivernage. Réfugiés dans du bois pourri, sous des troncs, au pied de touradons, ou sous des feuilles mortes, ils entament leur migration pré-nuptiale, vers les lieux de ponte. Presque toutes les espèces effectuent des déplacements de leur site d'hivernage vers leur site de reproduction et inversement (migration post-nuptiale, phase active et recherche d'un abri pour hiberner).

Dans le cas des grenouilles vertes, les déplacements peuvent s'opérer sur des distances importantes ou être complètement nuls, car elles sont capables de passer l'hiver dans la vase. Dans ce cas, elles restent sur le site de reproduction, pendant la période de ponte puis durant toute la phase active et enfin quand revient l'hiver. Le Sonneur à ventre jaune a lui aussi tendance à passer la majeure partie de son existence dans un secteur très localisé.

Les déplacements liés à la reproduction sont spectaculaires pour certaines espèces : Crapaud commun, Grenouille rousse dont des centaines voire des milliers d'individus peuvent converger vers le même plan d'eau.

La phase de reproduction achevée, la plupart des espèces regagnent la terre ferme. Ces migrations dites de « retour » sont moins spectaculaires que celles qui précèdent la phase de reproduction, car plus diffuses. Les déplacements pour rejoindre les sites d'hivernage sont assez discrets.

La capacité de déplacement, l'éloignement entre le lieu d'hivernage et la zone de fraie sont méconnus. Le Crapaud commun et le Triton crêté seraient notés jusqu'à 3 kilomètres de leurs frayères. La Rainette aurait aussi tendance à effectuer de grands trajets (1 à 2 kilomètres ?). Mais, ces stratégies de déplacement sont difficilement observables sur le terrain. En outre, ils sont conditionnés par le fonctionnement de la dynamique des populations locales, la présence de sites de transits, de corridors et le contexte naturel : un grand massif forestier humide favorise les échanges de populations alors qu'une petite forêt isolée, dans un environnement urbain ou d'agriculture intensive, ne facilite pas la colonisation de nouveaux biotopes.

L'hibernation

Les animaux demeurent actifs en automne, jusqu'aux premiers froids. Ils cherchent alors un abri et entrent dans une phase léthargique.

Pour beaucoup, l'hibernation s'effectue en milieu terrestre. Ils utilisent essentiellement des microbiotopes humides, favorisant ainsi la respiration cutanée. Le rôle des bois morts gisants partiellement décomposés, des vieilles souches, des vestiges archéologiques ou d'extraction est alors fondamental. Les bêtes s'y réfugient, soit en se plaçant, à la faveur de fentes, à l'intérieur même des matériaux, soit en se positionnant à l'interface bois/sol ou pierres/sol. Les animaux se situent alors souvent dans une galerie de rongeur, creusée sous une branche ou une grume abandonnée.

D'autres espèces (ou individus) se tapissent sous la litière ou bien choisissent la végétation riveraine des mares, se logeant au pied des touradons, voire sous les touffes, parmi les rhizomes.

Enfin, comme indiqué plus haut, des espèces s'enfoncent dans la vase et hibernent ainsi.

La reproduction

La reproduction des amphibiens s'étale dans le temps, principalement de janvier à septembre, voire jusqu'en octobre pour les espèces qui fractionnent leurs périodes de ponte.

Chez les Urodèles la saison des amours se déroule dans la discrétion. Seules l'observation au phare des parades nuptiales aquatiques et la découverte de pontes ou de larves permettent d'établir si des populations se reproduisent dans une mare.

Les Anoures sont beaucoup plus démonstratifs et émettent des chants dont la portée et l'intensité varient en fonction des espèces. Certains ne chantent que la nuit, d'autres le jour comme la nuit. Ces dates varient d'une région à l'autre. Par exemple, la Grenouille rousse en Bretagne pond dès la



*Ponte en étuis : œuf de Triton crête enve-
loppé dans une feuille
de glycérie*

mi-janvier, alors que plus à l'Est il faut attendre février-mars. Chez la Salamandre, certaines populations se reproduisent en septembre, alors que d'autres attendent la fin d'hiver, selon la température de l'eau... Pour cette espèce, les accouplements ont lieu à terre, avec fécondation et développement embryonnaire internes. Ovovivipare, la femelle dépose ses larves dans l'eau. Pour les tritons, la parade nuptiale est aquatique. La fécon-

Périodes de reproduction des amphibiens (bassin parisien)

Espèces	J	F	M	A	M	Juin	Juil	A	S	O	N	D
Salamandre						↗	↗	↗	↗	↗		
T. Palmé							↗	↗	↗			
T. Ponctué							↗	↗				
T. Alpestre							↗	↗	↗			
T. Crêté							↗	↗	↗			
T. Marbré								↗	↗	↗		
Pélobate					↗							
Alyte												
Sonneur												
Cr. Commun							↗					
Cr. Calamite							↗	↗				
Rainette arbo							↗	↗				
G. rousse						↗						
G. agile						↗						
G. Verte								↗	↗			

■ : Période de reproduction ↗ : Sortie des jeunes ■ : Présence

	URODELES	ANOURES
Position des branchies	toujours externes	externes au début puis très rapidement internes
Ordre d'apparition des membres	antérieurs en premier postérieurs ensuite	postérieurs en premier antérieurs ensuite

dation est interne, mais il n'y a pas vraiment d'accouplement, le mâle déposant un spermatozoïde au fond de la mare, que la femelle récupère avec son cloaque. Pour les Anoures, les œufs sont fécondés à mesure de leur expulsion par le mâle.

Il existe trois principales stratégies de pontes :

- conservation et transport des œufs durant une partie de l'incubation (cas de l'Alyte) ;
- dissimulation de chaque œuf dans un « étuis » de végétation, la femelle insérant chaque embryon sur une feuille de plante aquatique, qu'elle replie après avoir déposée sa ponte (cas des tritons) ;
- pontes dans l'eau libre ou dans la végétation immergée et abandon des œufs (presque tous les Anoures). Les œufs sont déposés en

masse (grenouilles brunes et vertes, Pélodyte, Rainette) ou en chapelets (Crapaud commun et calamite). Le Sonneur à ventre jaune fragmente sa ponte en plusieurs petites grappes.

Parfois, des cas de reproduction peuvent s'effectuer aux derniers stades larvaires (néotonie). En fait, les larves entrent en reproduction. C'est une adaptation chez les populations montagnardes de tritons alpestres et ponctués. Mais des observations ont aussi été effectuées en plaine sur le Triton alpestre.

La distinction entre les larves d'Urodèles et les têtards d'Anoures est simple. Les larves d'Urodèles possèdent des branchies externes qui augmentent avec l'âge de la larve, et les pattes antérieures

Espèces	Âges de maturité sexuelle
Salamandre tachetée	3-6 ans
Triton alpestre	3-5 ans
Triton crêté	2-3 ans
Triton marbré	3-5 ans
Triton ponctué	2-3 ans
Triton palmé	4-5 ans
Alyte accoucheur	1-2 ans
Sonneur à ventre jaune	2-3 ans
Pélodyte ponctué	3 ans
Crapaud commun	3-4 ans
Crapaud calamite	3-4 ans
Rainette arboricole	1-4 ans
Grenouille agile	3 ans
Grenouille rousse	2-3 ans (en plaine)
Grenouille des champs	3 ans
Grenouille de Lessona	2-3 ans
Grenouille verte	2-3 ans
Grenouille rieuse	2-3 ans



Grenouille agile (à gauche) et grenouilles rousses (à droite)

apparaissent avant les pattes postérieures. Chez les têtards d'Anoures, les branchies sont externes chez les très jeunes têtards puis deviennent internes, les pattes postérieures apparaissent avant les pattes antérieures.

Chez les amphibiens, l'âge de la maturité sexuelle est variable selon les espèces, le sexe des individus (décalage d'un an entre mâles et femelles d'Anoures) et les conditions de milieux (altitude).

L'insuffisance de précipitations, des assèchements trop précoces tels que ceux constatés entre 2003 et 2006, limitent grandement le succès de la reproduction. Ainsi, en 2004 et 2005, plusieurs mares n'ont pas permis la fraie des amphibiens, ce qui n'est pas sans affaiblir les populations.

Dans le cas des travaux de restauration des mares, le temps de retour des jeunes nés dans la mare est variable. Les immatures de Triton crêté peuvent passer la belle saison à l'eau (jeunes femelles observées à l'eau en avril...). Certaines espèces sont fidèles à leur lieu de naissance comme le Crapaud commun, d'autres espèces « tournent » autour de plusieurs sites comme les tritons (méta-populations). Le Triton palmé, le Pélodyte ponctué et le Crapaud calamite sont des pionniers, capa-

bles de découvrir assez facilement de nouveaux sites de reproduction, pour peu que les habitats terrestres environnants leur soient favorables.

Colonisation des milieux

La colonisation d'une mare par les amphibiens dépend de plusieurs facteurs :

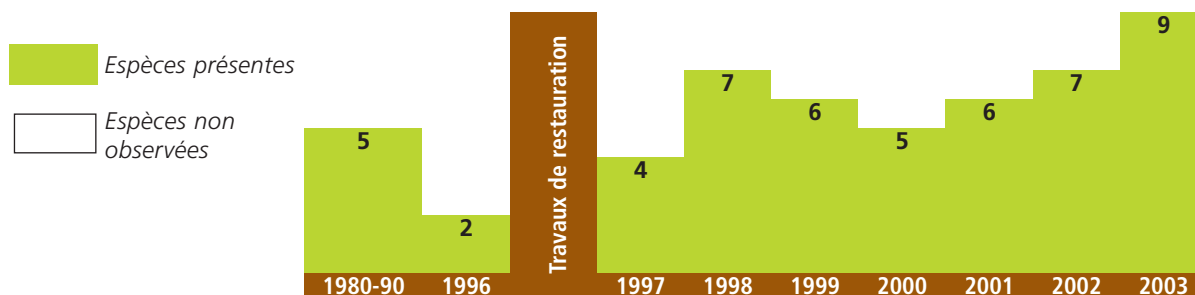
- l'importance des populations (effectifs) et leur répartition dans le massif ;
- la diversité spécifique (nombre d'espèces présentes dans le massif) ;
- la faculté de dispersion de chaque espèce ;
- l'accès à la mare et les risques de mortalité inhérents aux déplacements (traversée de route en particulier) ;
- la situation de la mare : isolée, intégrée dans un réseau de mares... ;
- la capacité d'accueil du milieu (nombre et surface d'habitats disponibles), son évolution dans le temps ;
- en parallèle : l'âge du milieu (c'est à dire la maturation de l'habitat en place) ;
- le fonctionnement de l'écosystème, en particulier le régime hydrique (mare temporaire ou permanente) et les ressources alimentaires (réseau trophique).

A titre d'exemple, voici comment s'est produite la (re)conquête d'une mare entièrement comblée et boisée (depuis quelques années, ce n'était plus qu'une flaque asséchée en été) :

Ordre d'apparition des espèces après la remise en eau de la mare			
1997 (1re saison après travaux)	1998 (2e saison après travaux)	2001 (5e saison après travaux)	2002 (6e saison après travaux)
Salamandre tachetée	Triton marbré	Triton alpestre	Triton ponctué
Triton palmé	Crapaud commun		
Rainette arboricole	Grenouilles vertes		
Grenouille agile			

L'écosystème mare

	1980-90	1996	Travaux de restauration	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Salamandre tachetée											
Triton palmé											
Triton ponctué											
Triton alpestre											
Triton marbré											
Crapaud commun											
Rainette arboricole											
Grenouille agile											
« Grenouilles vertes »											
Nbre espèces / an	5	2			4	7	6	5	6	7	9



Dans ce cas la colonisation a été assez rapide. Elle s'est même traduite par l'apport de «nouvelles espèces», non répertoriées entre 1980 et 1997 (Triton ponctué, Rainette, Grenouilles vertes, Crapaud commun). Il est aussi intéressant de noter que le temps de retour sur le site d'amphibiens observés avant les travaux est variable :

- instantané pour la Salamandre, le Triton palmé et la Grenouille agile ;
- deux saisons pour le Triton marbré (faibles effectifs, présence de larves) ;
- cinq saisons pour le Triton alpestre ;
- six saisons pour le Triton ponctué.

Ces durées sont à modérer en fonction de la discrétion des espèces. Par exemple, le Triton ponctué peut passer inaperçu lors des suivis, car souvent présent en faibles effectifs dans les mares de forêt.

Les amphibiens de nos forêts, qui colonisent rapidement une mare restaurée suite à son total assèchement, sont essentiellement la Salamandre, le Triton palmé, la Grenouille agile et, dans une moindre mesure, le Crapaud commun.

Les effectifs des populations d'amphibiens d'une mare dépendent en partie de la vitesse de maturation de l'écosystème restauré. Par exemple, si les tritons crêtés et marbrés sont capables de coloniser une mare un à deux ans après sa restauration, leurs effectifs n'augmentent qu'à la faveur du développement du milieu. Il arrive que seuls quelques individus soient notés de façon épisodique

dans une mare, au cours des premières années suivant sa remise en eau. Les populations seront d'autant plus importantes que la mare est âgée, donc bien structurée.

La colonisation d'une mare restaurée dépend aussi de l'état des systèmes aquatiques riverains. Ces derniers devenus défavorables (mare trop fermée, milieu s'asséchant dès la fin du printemps, etc.), la mare restaurée se verra rapidement reconquise par les amphibiens. A l'inverse, la colonisation sera plus lente dans le cas d'une mare où les biotopes aquatiques riverains possèdent encore une bonne capacité d'accueil. C'est ainsi que certains fossés bordant des mares se sont révélés plus riches en amphibiens que les mares elles mêmes, deux à trois ans après leur restauration.

L'évolution du milieu est très variable d'une mare à l'autre et conditionne le temps d'arrivée des amphibiens dans la mare. C'est une illustration des besoins des espèces, certaines s'accommodant facilement d'un milieu plutôt pauvre. D'autres sont tributaires de la durée de maturation de l'écosystème, nécessaire au développement des habitats aquatiques et à l'enrichissement du réseau trophique, qui conviennent à leur existence.

Espèces d'amphibiens d'intérêt écologique majeur au sein de la DT IdF-NO

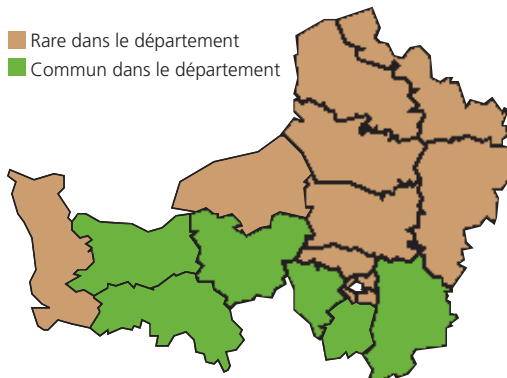
Si du fait de leur statut d'espèces protégées (intégralement ou partiellement) l'ensemble des amphibiens doivent retenir l'attention du gestion-

naire, 7 taxons au sein de la Direction Territoriale demandent une attention forte, en raison de leurs particularités écologiques (espèces en limite d'aire), de l'état des populations au niveau local (forêt considérée comme dernier bastion d'une espèce en déclin) ou de la réglementation européenne (Directive Habitats-Faune-Flore). Ces espèces à forts enjeux sont :

- Triton crêté ;
- Triton marbré ;
- Sonneur à ventre jaune ;
- Pélodyte ponctué ;
- Crapaud calamite ;
- Rainette arboricole ;
- Grenouille des champs.

1 - Triton crêté :

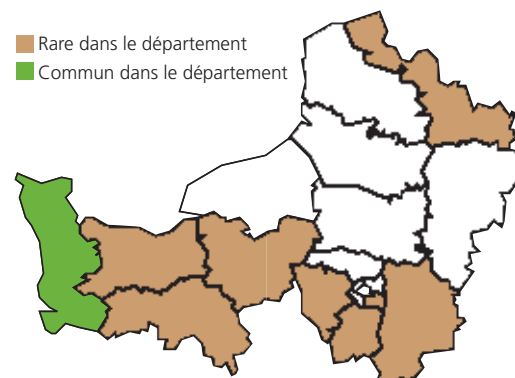
Inscrit à l'Annexe II de la Directive Habitats Faune Flore, ce triton est avant tout une espèce de milieu ouvert, qui a colonisé les massifs forestiers en raison de la dégradation de certains de ses habitats : urbanisation, agriculture intensive. Encore bien représenté dans le Sud de la DT, sa situation est plus préoccupante dans les départements situés au Nord, où l'espèce est localement en régression.



Habitats : il affectionne les mares plutôt profondes, avec des herbiers aquatiques denses mais aussi des zones d'eau libre, où les mâles paradent. Ces mares sont très variées dans leur structure et leur apparence, ainsi qu'au niveau de leur état de comblement et d'envasement. Il n'existe pas de mare type à Triton crêté. Cependant, le maintien d'une lame d'eau jusqu'à mi-septembre semble essentiel pour la métamorphose et le succès de la reproduction. Quelques populations occupent des mares pauvres en macrophytes et encombrées de macro-déchets anthropiques : pneus, carcasses de vélomoteurs, etc.

Gestion : éviter le comblement total de la mare, adapter les dates de curage, conserver/aménager des zones profondes avec faciès d'eau libre et parties ensoleillées favorables à l'implantation de prairies aquatiques. Créer à proximité des mares de substitution, dans les massifs pauvres en points d'eau. Ne pas empoisonner les mares colonisées. Conserver du bois mort au sol.

2 - Triton marbré :



Espèce qui atteint sa limite naturelle d'aire en Normandie et en Ile-de-France, où les populations semblent globalement en déclin. Les forêts domaniales de ces régions forment d'importantes zones refuges. L'espèce a été introduite dans le Nord.

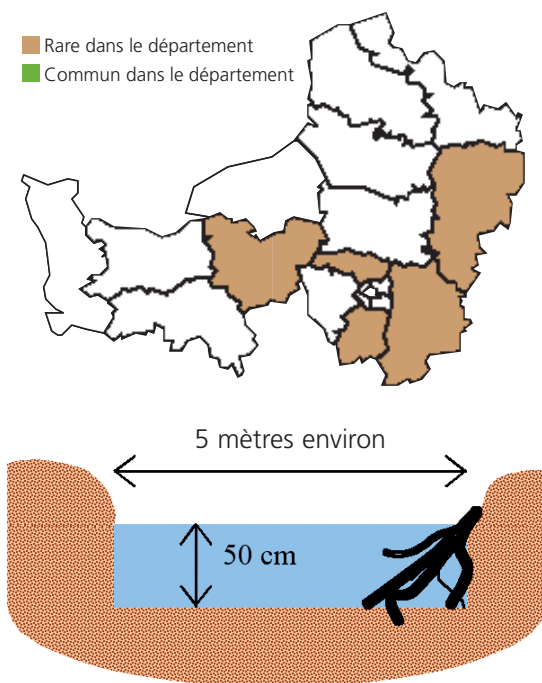
Habitats : très forestier, le Triton marbré occupe des mares variées, mais souvent ensoleillées et riches en macrophytes. La métamorphose a surtout lieu entre juin et juillet, ce qui permet aux larves et aux juvéniles de bien résister aux étiages de fin d'été. Par contre, les assèchements très précoces de ces dernières années entraînent l'absence de reproduction dans certaines mares.

Gestion : consignes identiques à celles recommandées pour le Triton crêté. Sous nos contrées,

la présence de poissons est défavorable aux populations de marbrés. Le bois mort gisant est fondamental pour la survie en phase terrestre.

3 - Sonneur à ventre jaune :

Ce crapaud figure à l'Annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore. En limite d'aire de répartition, l'espèce a fortement décliné au sein de la DT, en disparaissant de 8 départements. Elle n'est plus représentée que par des populations très isolées, dont une découverte en 2005 en Essonne.



Profil type d'une mare de substitution pour le Sonneur à ventre jaune

Habitats : petites mares, ornières, milieux pionniers dépourvus d'autres amphibiens, dont il craint la concurrence de même que la présence de poissons. Occupe des espaces boisés mais aussi des zones prairiales, des marais, platières, etc. Nécessite la présence de nombreux points d'eau, temporaires ou non, relativement proches les uns des autres.

Gestion : les populations découvertes nécessitent un suivi fin (recensement en période de reproduction, identification des biotopes fréquentés, cartographie précise des frayères). Des mesures spécifiques peuvent être mises en œuvre pour assurer la pérennité des biotopes : creusement de petites mares de 5x5m, en pente abrupte, profondes d'environ 50 cm, dépôt de

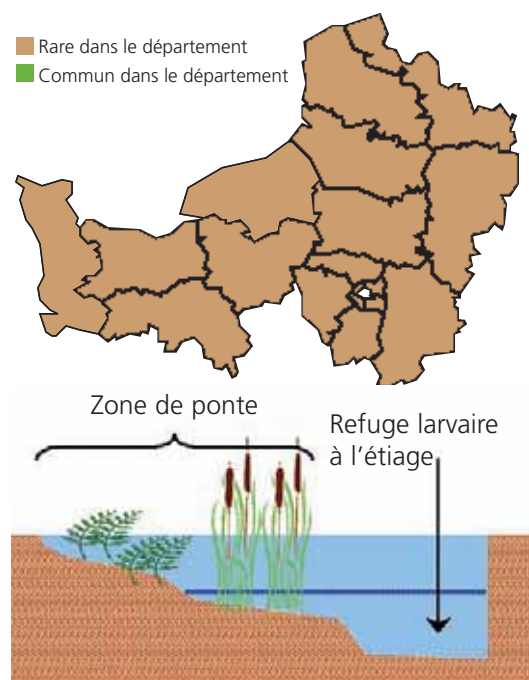
quelques branchages fins servant de support de pontes.

La création et la protection (engrillagement) de ces milieux de substitution sont de bons moyens pour préserver l'espèce au moment des travaux sylvicoles (circulation d'engins dans les ornières occupées) et pour limiter la prédation par les sangliers. Prévoir de creuser quelques nouvelles mares tous les 5 ans, ou de rafraîchir celles trop évoluées, le sonneur recherchant des milieux pionniers.

4 - Pélodyte ponctué :

Cité dans tous les départements de la DT mais très rare partout. L'espèce est représentée par 5 principaux noyaux de populations : frange littorale entre Calais et Dieppe et arrière pays jusqu'à Amiens ; Ouest de Cherbourg ; secteur de Cambrais/Valenciennes/Douai/Le Cateau ; Vallée de la Seine entre les Andély et le Havre ; Ile-de-France en Brie, Essonne et proximité de l'Isle Adam.

Habitats : affectionne les milieux ouverts, avec des mares temporaires en général très végétalisées, dans des zones sablonneuses ou sédimentaires (dunes, grandes vallées fluviales, anciennes mines et gravières). Sensible à la présence de poissons. En phase terrestre, pré-bois et boisements alluviaux sont des sites favorables, ainsi que les zones prairiales.



Profil de mare favorable au Pélodyte : peu profonde, très ensoleillée, avec des zones riches en macrophytes

Gestion : les populations hébergées méritent une attention particulière : suivi des individus, conservation et aménagement des biotopes de reproduction (mise en lumière de la mare, curage en cas d'envasement trop important, création de pentes douces pour favoriser les herbiers aquatiques).

5 - Crapaud calamite :

■ Rare dans le département
■ Commun dans le département



Présent dans l'ensemble de la DT, au sein de quatre grands types de milieux : littoral, anciennes zones minières, vallée alluviales (gravières et autres) et anciennes carrières.

Habitats : milieux pionniers à peu évolués sur substrat sablonneux ou graveleux, souvent très ouverts et temporairement en eau (craint la présence de poissons), à végétation rase et éparse. En marge des zones forestières, dans les faciès dunaires, landes, pelouses rases...

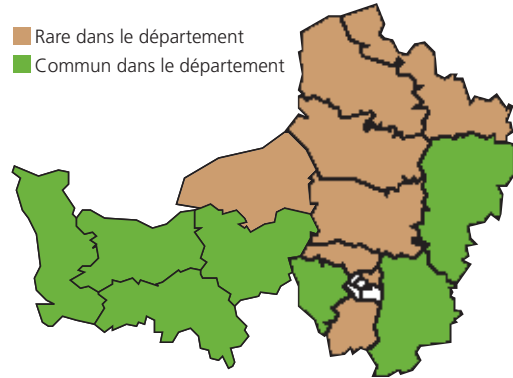
Gestion : éviter l'embroussaillage aux abords des frayères, rajeunir par de légers décapages les sites de pontes pour éviter leur envahissement par les macrophytes (d'où la nécessité de plan d'eau très temporaires). Éviter tout reboisement aux abords des sites de reproduction. Laisser/apporter des pierres dans les parties exondées riveraines (refuge terrestre).

6 - Rainette arboricole :

Commune au Sud et à l'Est de la DT, plus rare au centre et vers le Nord.

Habitats : mares très ensoleillées, riches en macrophytes, formant des herbiers immergés denses et des ceintures riveraines. Aime aussi les zones buissonnantes bordant la mare (saules, ronces). La présence de poissons est un facteur limitant. Occupe des milieux permanents ou temporaires, restant en eau jusque fin juillet. Les mares colonisées sont proches des lisières internes ou externes des massifs.

■ Rare dans le département
■ Commun dans le département



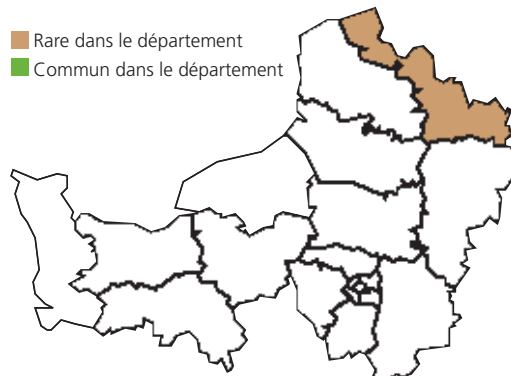
Gestion : mise en lumière de la mare pour favoriser les ceintures d'hélophytes et la flore aquatique. Contrôler l'embroussaillage des berges, aménager si possible de petites prairies riveraines.

7 - Grenouille des champs :

Localisée à la Vallée de la Scarpe. Pas de sites actuellement connus en forêt soumise. Espèce à rechercher en FD de Raismes-Saint Amand-Wallers.

Habitats : marais et tourbières alcalines de la vallée. Les boisements humides font partie de l'habitat terrestre. Pour mémoire : colonise aussi les mares de prairies, mouillères, étangs de l'Est de la France, où elle pond dans les zones peu profondes (10 à 35 cm) et riches en végétation aquatique.

■ Rare dans le département
■ Commun dans le département





Triton marbré



Sonneur à ventre jaune



Pélodyte ponctué



Crapaud calamite



Rainette arboricole



Grenouille des champs

Favoriser les amphibiens

La prise en compte des amphibiens dans la gestion des mares, qu'elles soient forestières, dunaires, situées dans une lande, une prairie ou une ancienne carrière, doit s'effectuer à deux niveaux : l'habitat aquatique et l'habitat terrestre.

Gestion du milieu aquatique

La majorité des amphibiens du Domaine Atlantique utilisent les plantes (ou parties de plantes) immergées pour y fixer leurs pontes. Aussi la gestion d'une mare au profit des amphibiens doit-elle veiller au maintien ou à l'amélioration des frayères, ce qui peut être obtenu en intervenant au niveau la végétation.

Espèces d'Amphibiens	Supports de pontes utilisés par les Amphibiens (domaine Atlantique)	
	Végétation	Sol nu ou faiblement végétalisé
Urodèles		
Triton palmé	•	
Triton ponctué	•	
Triton alpestre	•	
Triton crêté	•	
Triton marbré	•	
Anoures		
Sonneur à ventre jaune		• (brindilles, plantes éparées)
Pélodyte ponctué	•	
Crapaud comun	•	
Crapaud calamite		•
Rainette arboricole	•	
Grenouille rousse	•	
Grenouille agile	•	• (brindilles)
Grenouille des champs	•	
« Grenouilles vertes »	•	



Têtards de Sonneur à ventre jaune. La frayère, pauvre en végétaux, est constituée de quelques feuilles mortes et de brindilles.



Pontes de Grenouille agile fixées dans la végétation amphibie (joncs).

Cas à part : la Salamandre tachetée et l'Alyte ont des stratégies de pontes particulières. La première, ovovivipare libère ses larves dans divers points d'eau que le substrat soit nu ou très végétalisé. Le second conserve les œufs enroulés autour de ses pattes dans une humidité permanente, mais hors de l'eau (importance du milieu terrestre). Puis il dépose les embryons, prêts à éclore, dans des petits points d'eau, où les têtards vont poursuivre leur croissance.

Les travaux de mise en lumière, la correction du profil de berges (pentes douces) sont des actions très favorables au développement de frayères pour les amphibiens.

La création de surprofondeur peut aussi être envisagée. Elle influera positivement pour des espèces capables de rester longtemps à l'eau ou affectionnant les zones profondes (Triton crêté).

En cas de curage : intervenir très ponctuellement et plutôt en octobre – novembre, si la mare n'est pas asséchée.

Gestion du milieu terrestre



Les vieilles souches et le bois mort gisant autour des mares, situés aussi bien sur les berges qu'éloignés de plusieurs dizaines de mètres de la mare constituent des refuges indispensables aux amphibiens qui ont quitté le milieu aquatique.

En phase terrestre, les amphibiens occupent toutes sortes d'anfractuosités et de caches où l'humidité est relativement constante. A l'occasion de travaux de mise en lumière, il est plus intéressant pour les batraciens de disperser les rémanents aux abords de la mare, que de les brûler. C'est aussi une véritable économie de coûts de gestion.

Les billons et les branches posés à même le sol permettent d'observer en fin d'été bon nombre de jeunes salamandres et tritons. Le Crapaud commun est aussi un habitué de ces micro-biotopes. En hiver, pour se préserver du froid, les batraciens profitent du réseau de galeries creusées par les petits rongeurs sous les morceaux de bois gisant à terre.

La végétation riveraine de la mare et en particulier les touradons de joncs ou de *Carex* constituent aussi des micro-biotopes recherchés par les amphibiens, où ils se terrent parmi les rhizomes.



Salamandre tachetée juvénile, trouvée dans un bouleau en décomposition.



Billons disposés depuis deux ans et demi en périphérie d'une mare, à l'occasion de la mise en lumière de la berge.



*Rainette arboricole juvénile, dissimulée au pied de *Carex*, à proximité de son lieu de naissance.*

Des troncs en décomposition font aussi parfaitement l'affaire : les Amphibiens se glissent à l'intérieur, parmi les fibres et le terreau, pour hiberner. Le bouleau est une essence idéale : forte rétention d'eau, dégradation rapide.

Les reptiles

Sous nos contrées, la majorité des reptiles occupent des milieux thermophiles et plutôt secs. Quelques uns vivent au voisinage des zones humides :

- le Lézard vivipare (*Lacerta vivipara*) dans les zones tourbeuses, prairies humides et bords de mares ou d'étangs ;
- la Couleuvre à collier (*Natrix natrix*) : dans des milieux similaires, mais aussi à l'intérieur des mares où elle vient chasser, principalement des amphibiens ;
- la Couleuvre vipérine (*Natrix maura*) : connue dans quelques mares du Sud de la DT, cette espèce est aussi très **rhéophile** dans le Sud de la France ;
- La Vipère péliade (*Vipera berus*), hôte des zones tourbeuses et landes humides.

Parmi ces 4 espèces, 2 sont franchement amphibiens : la Couleuvre à collier et la Couleuvre vipérine. Cette dernière est très rare au sein de la DT. C'est une espèce à forts enjeux de conservation.

Reptiles d'intérêt écologique majeur au sein de la DT IdF-NO

Couleuvre vipérine

Espèce d'affinité méridionale, elle est présente jusqu'au Sud de la DT : Essonne (91), mares de la forêt de Fontainebleau (77) et de la forêt de Rambouillet (78). Ces départements constituent la limite Nord de sa distribution nationale actuelle.



Couleuvre vipérine : un reptile très aquatique



Habitats : vit dans et à proximité immédiate de la mare. Elle chasse sous l'eau (poissons, grenouilles, invertébrés et larves diverses). Son hibernation s'étend d'octobre à avril, dans des galeries de rongeurs. La ponte est déposée près de la mare, en particulier dans des trous de la berge occasionnés par des ragondins. Cette couleuvre peut aussi se développer dans les cours d'eau forestiers.

Gestion : assurer la pérennité des mares dans les secteurs fréquentés par l'espèce, maintenir une bonne diversité d'habitats dans les sites qu'elle fréquente, ce qui permet de conserver sa ressource en proies.



6 Les indésirables

La faune exotique introduite

L'introduction d'espèces allochtones peut être catastrophique pour la survie des taxons indigènes. C'est le cas de la Tortue de Floride. La longévité de la femelle peut atteindre 40 ans (en captivité), la bête pesant alors jusqu'à 2 kg. Lâchée dans un plan d'eau, cette espèce ravage les communautés animales aquatiques. Certaines espèces comme la Cistude d'Europe (disparue du Nord de la France) ont payé un lourd tribut à la Tortue de Floride : compétition au niveau des proies, prédation sur les jeunes cistudes par les adultes de Tortue de Floride (ci-dessous).



Les poissons

De façon générale, les petites mares sont impropres à la vie piscicole : oxygénation insuffisante, assèchement.

Dans les mares permanentes et profondes, la présence de poissons est souvent défavorable à l'écosystème mare.

Les poissons carnassiers agissent de façon néfaste sur la faune aquatique et amphibie : prédation importante sur les invertébrés et les batraciens (surtout larves et juvéniles). Les poissons phytophages (dont des espèces exotiques) consomment et détruisent les herbiers aquatiques.

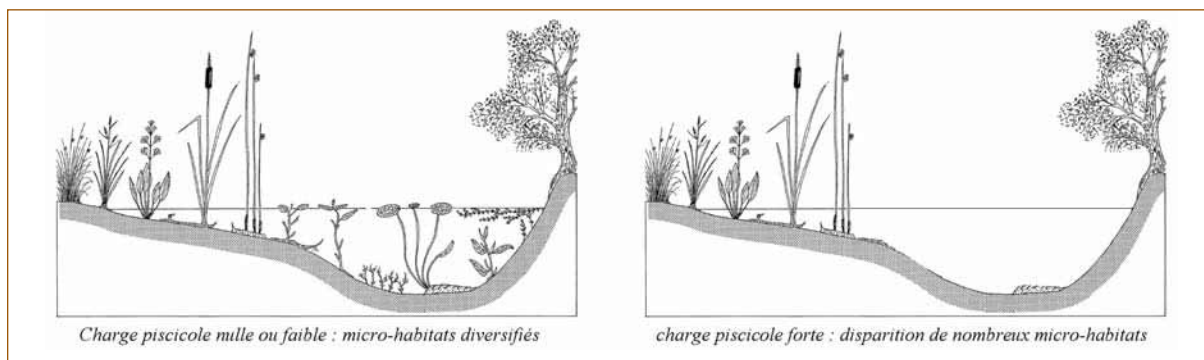
Plus la charge piscicole est élevée, plus la concurrence pour l'espace s'intensifie. Dans le cas de fortes charges piscicoles, la richesse biologique de la mare s'altère dangereusement : destruction des micro-habitats, brassage permanent des matières en suspension qui limite les possibilités de photosynthèse des plantes immergées.

La majorité des amphibiens cherchent pour se reproduire des mares sans poisson. Citons ici l'exemple de deux mares de lisière situées à 200 mètres l'une de l'autre. Dans la première (400 m²), des perches ont été introduites : la rainette est absente, malgré une végétation riveraine luxuriante (saules, prunelliers, *Carex*). La seconde (100 m²) n'abrite pas de poisson. La végétation est semblable et le contexte identique (lisière forêt/prairie) : c'est là que viennent s'accoupler et pondre les rainettes.

Une expérience similaire, menée sur des peuplements d'Odonates de mares bien ensoleillées, proches et de surfaces semblables, apporte les conclusions suivantes, après deux ans de suivis (1997-1998) :

charge piscicole très élevée : végétation aquatique et amphibie absente : 0 espèce ;
 charge piscicole élevée : 20 m² de végétation aquatique et amphibie : 8 espèces ;
 charge piscicole nulle : 100 m² de végétation aquatique et amphibie : 19 espèces.

L'empoisonnement des mares non louées pour la pêche est donc à proscrire dans le cadre d'une gestion écologique. A l'échéance des baux de pêche, la révision du lotissement des plans d'eau permet de signaler s'il existe des contre-indications majeures entre l'activité halieutique en place et la conservation de la biodiversité des mares. Rappelons ici que l'essentiel de la location du droit de pêche concerne des étangs de la DT, rarement des mares.



Schémas : d'après JL Dommanget

Bibliographie

ACEMAV COLL., Duguet R. & Melki F. ed., 2003 - Les amphibiens de France, Belgique et Luxembourg. Collection Parthenope, éditions Biotope, Mèze (France) : 480p.

ANGUS R. B., 1992 – Insecta Coleoptera Hydrophilidae Helophorinae. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Band 20/10-2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart : XII+144pp.

BAJON R., janvier 2000. *Damasonium alisma* Mill.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.

BAJON R., janvier 2000. *Drosera rotundifolia* L.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>

BAJON R., janvier 2000. *Luronium natans* (L.) Raf.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.

BAJON R., février 2000. *Pilularia globulifera* L.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.

BAJON R., janvier 2000. *Ranunculus lingua* L.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.

BAJON R., janvier 2000. *Ranunculus nodiflorus* L.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>

BAMEUL F., 1985 – Les *Gyrinus* de la faune de France (*Col. Gyrinidae*). L'Entomologiste 41 (4) : 191-199 et 41 (5) : 209-226.

BARTHE E., 1926 – Tableaux analytiques des Coléoptères de la faune franco-rhénane, famille XLVI, Georissidae. *Miscellanea Entomologica* 29 : 1-12.

BARTHE E., 1926 – Tableaux analytiques des Coléoptères de la faune franco-rhénane, famille XLVII, Heteroceridae. *Miscellanea Entomologica* 29 : 1-32.

BENSETTITI, F., GAUDILLAT, V., MALENGRAU, D. & QUÉRÉ, E. 2002. Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 6. Espèces végétales. La Documentation française. 271 pp.

BERTRAND H., 1954 – Les insectes aquatiques d'Europe (genres : Larves, Nymphes, Imagos). Encyclopédie entomologique, Paul Lechevalier Éditeur, Paris, tome 1 : 556 pp ; tome II : 451 pp.

BIORET F., GÉHU JM., GLÉMAREC M., BELLAN-SANTINI D., coord., 2004 - Habitats Côtiers. Collection Cahiers d'Habitats. Tome 2. La Documentation Française, ISBN : 2-11-005192-2 : 399p.

COLAS G., 1962. Guide de l'Entomologiste. Éditions N. Boubée & Cie, Paris, 314 pp.

DETHIER M., ET HAENNI J.-P., 1986. Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques. Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 55 (6) : 201-224.

DOMMANGET J.-L., 1991. Un piège lumineux pour estimer la richesse des milieux aquatiques. *Insectes* (un autre monde parmi nous), n°83 17-19.

DOMMANGET J.-L., 2002. Protocole de l'Inventaire cartographique des Odonates de France (Programme INVOD). Muséum national d'Histoire naturelle/Société française d'odonatologie, 64 pp.

DIJKSTRA K.-D. B. ET R. LEWINGTON, 2006. Field Guide to the Dragonflies of Britain and Europe. British Wildlife Publishing, Gillingham, Dorset, Grande-Bretagne, 320 pp.

FELZINES J.C., 1977 – analyse des relations entre la minéralisation des eaux douces stagnantes et la distribution des végétaux qui les peuplent. Etude sur les étangs en Bourbonnais, Nivernais, Morvan, Puisaye. Annales des Sciences Naturelles, Botaniques, Paris. 12^e Série, Tome 18, p : 221-250.

FRANCISCOLO M. E., 1979 – Coleoptera Halipidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Fauna d'Italia, Vol. XIV. Edizioni Calderini, Bologna : 804 pp.

FRANKE U. 1979. Bildbestimmungsschlüssel mitteleuropäischer Libellen Larven (Insecta : Odonata). Stuttgarter Beitr. Naturk., A (333), 17 pp.

FRIDAY L., 1988 – A key to the British water beetles. Field Studies Publication 189 : 151 pp.

GAUDILLAT V., HAURY J. coord., 2002 - Habitats humides. Collection Cahiers d'habitats. Tome 3. La documentation Française, ISBN 2-11-005009-8 : 457p.

GERKEN B., STERNBERG K., 1999. Die Exuvien Europäischer Libellen. Insecta, Odonata. Arnika & Eisvogel. Höxter et Jena, 354 pp.

GRAND D. ET J.-P. BOUDOT, 2007. Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Collection Parthenope, Biotope Editions, 480 pp.

GUIGNOT F., 1947. Coléoptères Hydrocanthares. Collection Faune de France n°48. Éditions Paul Lechevalier, Paris, 288 pp.

GUIGNOT F., 1947 – Faune de France 48, Coléoptères Hydrocanthares. Lechevalier, Paris : 288 pp.

GUYETANT R., 1997 – Les amphibiens de France. Revue Française d'aquariologie. Herpétologie. 24^e année, Suppl. N° 1 & 2 . 1^{er} et 2^{ème} trimestre : 64p.

- HANSEN M.**, 1987 – The Hydrophiloidea (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 18. E. J. Brill/ Scandinavian Science Press Ltd., Leiden Copenhagen : 254 pp.
- HEIDEMANN H., SEIDENBUSCH R.**, 2002. Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). Société française d'odonatologie, 416 pp.
- HETEROPTERA - NEUROPTERA - MEGALOPTERA - COLEOPTERA - TRICOPTERA - LEPIDOPTERA** : 1-274. Stenstrup : Apollo Books.
- HOLMEN M.**, 1987 – The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. I. Gyrinidae, Haliplidae, Hygrobiidae and Noteridae. Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 20. E. J. Brill/ Scandinavian Science Press Ltd. : 168 pp.
- JAMMES D.**, 1996 – Evaluation de l'intérêt patrimonial des mares du Domaine National de Chambord, DEA Orléans : 97p + annexes.
- LAMOTTE M. ET BOURLIÈRE F.**, (Éditeurs) 1971. Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Masson & Cie Éditeurs, Paris, 294 pp.
- LOMBARD A., ARNAL G.**, février 2001. *Sparganium minimum* Wallr.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- LOMBARD A., BAJON R.**, septembre 2000. *Pulicaria vulgaris* Gaertn.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- LOMBARD A., BAJON R.**, novembre 2000. *Vaccinium oxycoccos* L.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- LOMBARD A., BAJON R.**, mars 2001. *Utricularia australis* R.Br.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- MONTÉGUT J.**, 1987 – Le milieu aquatique. Tome 1 : Milieu aquatique et flore. ACTA, 2^e édition. ISBN 2-85794-061-0 : 60p.
- MONTAIGU ET C.O.L.U.M.A.**, 1987. Le Milieu aquatique. Connaissance, flore, entretien, désherbage. Réédition 1999. Editions Acta, Paris, 4 vol., 204 pp.
- MOTARD E., BAJON R.**, juin 2000. *Littorella uniflora* (L.) Asch.. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- MOTARD E., BAJON R.**, juin 2000. *Ophioglossum azoricum* C.Presl. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- NAULLEAU G.**, 1984 – Les serpents de France. Revue Française d'aquariologie. Herpétologie. 11^e année, fascicules 3 et 4, 2^e édition mai 1987 : 57 p.
- NILSSON A.**, 1996. The Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic Handbook. Apollo Books Stenstrup, volume 1 (Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera).
- NILSSON A.**, 1997. The Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic Handbook. Apollo Books Stenstrup, volume 2 (Odonata and Diptera).
- NILSSON A. N.**, 2001 – Dytiscidae.- World Catalogue of Insects. Vol. 3 : 1-395.- Stenstrup : Apollo Books
- NILSSON A. N. & HOLMEN M.**, 1995 – The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. Fauna Entomologica Scandinavica, Vol. 32. E. J. Brill : 192 pp.
- OLMI M.**, 1976 – Fauna d'Italia Vol. XII, Coleoptera Dryopidae, Elminthidae. Edizioni Calderini, Bologna : 1-280.
- POISSON R.**, 1957. Hétéroptères aquatiques. Collection Faune de France n°61. Éditions Paul Lechevalier, Paris, 263 pp.
- QUÉNEY P.**, 2004. Liste taxonomique des Coléoptères « aquatiques » de la faune de France (avec leur répartition sommaire). *Le Coléoptériste* (ACOREP), 7 (3) (supplément) : 3-39.
- RAMADE F.**, 1993 – Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience international : 822p.
- RAMADE F.**, 1994 - Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, 2^e édition, Ediscience international : 579 p.
- RAMEAU JC., CHEVALLIER H., BARTOLI M., GOURC J.** coord., 2001 - Habitats forestiers. Collection Cahiers d'habitats. Tome 1, Volume 1. La documentation Française, ISBN 2-11-004700-3 : 339 p.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. ET USSEGLIO-PALATERA P.** 2003. Invertébrés d'Eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Éditions, Paris, 587 pp.
- THEISCHINGER & FLECK**, 2003. A new character useful for taxonomy and phylogeny of Anisoptera (Odonata). *Bulletin de la Société entomologique de France* 108 (4) : 409-412.
- VEST F., BAJON R.**, juin 2000. *Drosera intermedia* Hayne. In Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2005. Conservatoire botanique national du Bassin parisien, site Web. <http://www.mnhn.fr/cbnp>.
- WENDLER A. ET NÜSS J.-H.**, 1994. Libellules, guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale. Société française d'odonatologie, Bois-d'Arcy, 130 pp.
- SITES INTERNET SUR LES INSECTES AQUATIQUES** : Ephémères, Plécoptères, Trichoptères, Coléoptères Site : invfmr.org Opie Benthos
- Courriel : benthos@insectes.org
 Odonates Site : libellules.org
 Société française d'odonatologie
 Courriel : info@libellules.org
- FOURNISSEURS DE MATÉRIELS ENTOMOLOGIQUES** :
 GB Nets (spécialiste du matériel pour l'hydrobiologie, UK) www.gbnet.info/
 Entomo Praxis (spécialiste matériel entomologique, ES) www.entomopraxis.com/Es/mat.htm
 Entomo Phil (spécialiste matériel entomologique, F) www.entomo.oxatis.com/



Inventaire, cartographie et suivi du milieu

1 Suivi et cartographie du milieu

2 Inventaire et suivi de la flore

3 Inventaire et suivi des insectes aquatiques

4 L'échantillonnage et le suivi des amphibiens

5 L'échantillonnage et le suivi des reptiles

Frédéric Arnaboldi

Gérard Arnal

Jérôme Chaïb

Jean-Louis Dommanget

1. Suivi et cartographie du milieu

Suivi photographique

Il est toujours utile de prendre quelques clichés des milieux que l'on gère. Cela permet de constituer un sommier photographique illustrant les grandes étapes de leur dynamique. Dans le cadre d'un suivi écologique, l'image est un complément intéressant car compréhensible par tous, à l'inverse d'un relevé phytosociologique qui donnera, seulement aux initiés, une information très précise sur la dynamique naturelle de la mare. Le suivi photographique ne remplace pas les suivis d'espèces. Mais c'est un moyen simple d'appréhender l'évolution d'une mare. Répétée à des intervalles de deux ou trois ans, ou mieux à divers moments de l'année, cette méthode montre les changements qui interviennent dans la mare : fluctuation du niveau d'eau, extension / régression des communautés végétales, etc. Mais, ce procédé ne permet pas de contrôler la présence des différents éléments constituant l'écosystème mare (plantes, espèces animales, facteurs hydrobiologiques). Néanmoins cela reste un suivi rapide, léger et parlant, pour faire le point sur la situation d'une mare à divers pas de temps.

Les photos à prendre concernent aussi bien l'ensemble de la mare, que des parties plus ciblées. Ainsi, on obtient une image du site au fil des ans, complétée par des clichés de zones précises de la mare : berge restaurée, station de plantes protégées, etc. La photographie est aussi

un moyen de garder en mémoire des traces d'événements particuliers, tels qu'un remplissage anormalement bas, un étiage plus marqué que les autres, ou à l'inverse un niveau très haut de la lame d'eau. Evidemment, les photos constituent un outil précieux du suivi des travaux (voir Partie 4 « L'encadrement des travaux de gestion »).

L'utilisation d'appareils photographiques numériques est vivement recommandée. Les prises de vues sont à répéter depuis le même point, que l'on peut matérialiser par une borne, un arbre, un jalon profondément ancré dans le sol, etc. Ces repères fixes ont par ailleurs d'autres utilités : point de visée pour cartographier (voir plus bas), point de callage pour un relevé floristique, etc.

Plusieurs points de prises de vues par mare peuvent être implantés, en fonction de la spécificité du milieu :

- 1 point pour la photo du suivi général du site ;
- 1 point pour le suivi de l'évolution d'une zone de marnage ;
- 1 point pour le suivi d'une berge ;
- etc.

Enfin, le suivi photographique permet de montrer aux partenaires, qui financent certaines de nos interventions sur les mares, la réalisation concrète de travaux et leurs effets à terme sur le milieu. Il suffit pour cela de rédiger des fiches techniques de compte-rendu de travaux. Plusieurs exemples de fiches sont présentées dans la Partie 4 du guide.

Exemple de suivi photographique d'une mare :



Octobre 2000, avant création de la mare



Novembre 2000, après création de la mare



Avril 2001



Avril 2002



Avril 2003



Avril 2004

Suivi physico-chimique

Connaître la qualité de l'eau et les variations des différents éléments qui la composent paraît indispensable dès lors que l'on est amené à gérer une zone humide. Les mesures de paramètres physico-chimiques peuvent être entreprises :

- dans le cadre d'un suivi « de routine » concentré sur un ou quelques sites cibles ;
- dans le cadre de recherches plus poussées concernant les relations entre la nature de l'eau d'une mare et de son bassin versant, la composition de l'eau d'un réseau de mares, le rôle épurateur d'un massif forestier, etc.

Il n'est pas question ici de se substituer aux hydrobiologistes spécialisés dans ce domaine ou bien aux laboratoires d'analyses qui pratiquent cette activité dans les règles de l'art. Dans notre cas, l'objectif est essentiellement d'obtenir des éléments d'informations, aussi fiables que possible sur quelques caractéristiques physico-chimiques générales des habitats aquatiques étudiés, que ce soit d'une manière globale (eau libre hors végétation) ou plus fine (micro-habitat de sphaignes vivantes dans lesquelles se développent des larves d'Odonates ou des coléoptères aquatiques).

Types de mesures

Contrôles visuels et olfactifs

Des mesures simples mais parfois très utiles peuvent être notées lors des contrôles comme la **couleur de l'eau**, les éventuelles **odeurs**, la présence d'**hydrocarbures** ou de **détergents** en surface, des **macrodéchets**, etc. La présence d'**algues** sous diverses formes, de **voiles bactériens**, selon les périodes peuvent indiquer une évolution de l'habitat. La **transparence de l'eau** peut être mesurée à l'aide d'un dispositif fort simple (disque de Secchi) constitué par un disque divisé en deux zones blanches et deux noires, lesté en dessous et relié à l'opérateur par un triple mètre souple dont le « 0 » aura été fixé au niveau du disque. Il suffit ensuite, à l'aide d'une embarcation ou à partir d'un surplomb, un promontoire permettant d'atteindre l'eau sans la troubler, de plonger lentement le disque dans l'eau et de noter la distance du disque par rapport à la surface de l'eau lorsqu'il sera devenu invisible. L'utilisation de ce dispositif est inadaptée aux mares à eaux claires peu profondes.

Paramètres généraux

Il s'agit des mesures physico-chimiques les plus couramment pratiquées dans le cadre de l'évaluation des milieux aquatiques. En premier lieu la **température** de l'eau, qui apporte une information ponctuelle et qui influence en outre la valeur des autres analyses. Le **pH** qui mesure l'acidité de l'habitat (< 7 acidité ; 7 neutralité ; > 7 alcalinité). Le **potentiel d'oxydoréduction** ou redox permet de suivre l'évolution de l'habitat durant les périodes de faible oxygénation (il se mesure en mV). La **conductivité** permet une bonne approche de la minéralisation totale de l'eau (exemples : pluie : 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mare pluviale : 77 à 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mare alimentée par nappe phréatique : 212 à 592 $\mu\text{S}/\text{cm}$; eau d'une gouille d'une mare à sphaignes : 21 à 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La mesure de la **salinité** est utile pour les habitats influencés par l'océan mais aussi pour les zones continentales aux sols salés (la mesure est réalisée à l'aide de la conductivité). L'**oxygène dissous** dans l'eau (mesuré en concentration et en saturation) constitue un élément important pour le fonctionnement des biocénoses. La **turbidité** (différente de la transparence de l'eau) mesurée en NTU ou FTU, informe sur l'importance des matières en suspension comme l'argile, les limons, les particules de silice, les matières organiques, etc..

Ces différents types de mesures peuvent être réalisées à l'aide d'appareils électroniques (analyseurs portatifs spécifiques ou multi-paramètres) qui, s'ils sont utilisés de manière rigoureuse et selon un protocole réaliste (notamment sur la question du nombre de mesures à réaliser), apportent des résultats pertinents et fiables.

Un analyseur multiparamètres électronique portatif coûte entre 1 800 et 2 600 Euros HT, selon le type de sondes (Multiline P4 ou P5).



Appareillage de prises de mesures fines de pH, oxygène, température, conductivité et salinité

Autres paramètres

Différentes mesures relatives aux altérations en matières organiques et oxydables, azote et phosphore, peuvent aussi se révéler utiles à relever (ammonium, chlorures, dureté, nitrates et nitrites, phosphates, etc.). Elles demandent toutefois, outre une disponibilité importante de l'opérateur, une bonne compétence dans l'étude des eaux de surface et pour l'exploitation des résultats obtenus. Pour le forestier, ce travail possède de nombreuses contraintes, tant matérielles (quel type d'équipement choisir ?) que techniques : les personnels de terrain de l'ONF sont rarement des hydrobiologistes de formation, ce qui limite les possibilités d'analyses des relevés. En effet, il n'existe pas vraiment de normes physico-chimiques ou de grilles d'interprétation concernant l'eau des mares. Comme pour les paramètres généraux, des photomètres et des spectrophotomètres ont été développés (LASA 20, etc.). Ils permettent, à l'aide de cuves tests à usage unique, de mesurer les valeurs de plus de 60 paramètres. Ces équipements coûtent de 345 à 735 euros HT.

Méthodologie et conseils pratiques

Périodicités des mesures

Il s'agit d'un aspect primordial pour la fiabilité des résultats. Une seule mesure dans une mare n'aura que peu d'intérêt ou pas du tout ! Si l'on désire obtenir des résultats pertinents, il est indispensable de prévoir des analyses mensuelles, voir bimensuelles en été. De plus, il est impératif que les analyses soient toujours réalisées à la même heure. Dans le cas de suivi de plusieurs mares, il est nécessaire de respecter l'ordre initialement établi, c'est-à-dire de suivre toujours le même parcours afin que, pour chacun des milieux concernés, les analyses soient faites à la même heure (il en va de même dans l'ordre des paramètres analysés : T °C, pH, conductivité, redox, O₂).

Recommandations

Le matériel électronique d'analyse doit être calibré le matin avant chaque utilisation avec les solutions tampons adéquates selon les indications du fabricant.

Les mesures de la température, du pH, redox, de la conductivité et de l'oxygène sont réalisées immédiatement *in situ*, soit directement dans le milieu, soit sur place dans un récipient adéquat. Les prélèvements sont réalisés si possible à l'aide

d'un échantillonneur LMR® en acier inox d'une contenance d'un demi litre ou tout autre instrument analogue (flacons en polyéthylène). Dans les milieux stagnants comme les mares, l'agitation des échantillons peut être assurée manuellement ou à l'aide d'un agitateur magnétique. Les appareils de mesures doivent être régulièrement calibrés et contrôlés périodiquement par les fournisseurs. La sonde pH (130 à 170 Euros HT) a une durée de vie limitée et doit être remplacée tous les deux ans, voire tous les ans si nécessaire. Les produits utilisés réclament le respect des règles de sécurité et de protection de la nature, ils doivent être recyclés selon la législation en vigueur (voir documentation spécifique des fournisseurs).

Analyse des eaux libres d'une mare

Les valeurs des mesures réalisées en surface sont sujettes à d'importantes variations au cours d'une même journée et en fonction du lieu d'analyse (rives végétalisées ou non, zones ombragées, ensoleillées, etc.). Afin d'obtenir une meilleure fiabilité des mesures et en assurer une comparaison entre plusieurs mares, les prises d'échantillons sont réalisées en pleine eau (optimal à -50 cm de profondeur), si possible en secteur ensoleillé et en dehors de toute végétation aquatique. Le prélèvement est réalisé soit à l'aide d'une embarcation (au centre de la mare, par exemple) soit à partir du bord à proximité de secteur profond (digue, vanne) à l'aide d'une canne télescopique de 2,5 mètres afin que la prise d'échantillon soit la plus éloignée possible du bord (l'eau ne doit pas être perturbée).

Micro-habitats et milieux particuliers.

Les résultats de ces mesures présentent un intérêt différent par rapport aux objectifs précédents. En effet, ces analyses sont réalisées dans des milieux qui sont rarement comparables entre eux du fait de leur grande hétérogénéité. Les valeurs obtenues peuvent, par exemple, mettre en évidence une source de pollution ou bien caractériser, sur le plan physico-chimique, un micro-habitat larvaire.

Formulaire d'analyse d'eau

Afin d'homogénéiser le report des résultats obtenus et préciser diverses informations qu'il est important de noter *in situ* lors des analyses, il est fortement recommandé d'utiliser un formulaire d'analyse d'eau. Voir par exemple celui utilisé par la Société Française d'Odonatologie, à qui l'ONF confie de nombreux suivis de mares.

Opérateur(s) : **Date** / /

Code INSEE : **Commune :** **Altitude :**

Nom du milieu :

Précisions sur la localisation :

Habitat aquatique :

degrés/Greenwich : E ou W ° ' " N ° ' "

GPS : Carte :

Heures/prélèvements : h - h **Température de l'air** (à l'ombre) : °C àh.....

Etat du ciel : Dégagé : - Nuageux : - Très nuageux : - Couvert : - Averses : - **Temps orageux :**

Analyse

Eléments analysés	Caractéristiques			Points de prélèvements							
	Méthodes	Unités		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Couleur de l'eau	A vue	---									
Odeur	Au nez	---									
Présence d'hydrocarbures	A vue	oui/non									
Présence de détergents	A vue	oui/non									
Présence de déchets solides	A vue	oui/non									
Turbidité	Disque Secchi	cm									
Matières/suspension - MES	Laboratoire	mg/l									
Température (in situ)	MultiLine P4	°C									
Température (laboratoire)	MultiLine P4	°C									
pH	MultiLine P4	pH									
pH (mV)	MultiLine P4	mV									
Conductivité	MultiLine P4	µS/cm									
Salinité	MultiLine P4	mg/l									
O2 dissous (concentration)	MultiLine P4	mg/l									
O2 dissous (saturation)	MultiLine P4	%									
Ammonium (NH4)	LASA20	mg/l									
Azote ammoniacal (NH4-N)	LASA20	mg/l									
Chlorure (Cl)	LASA20	mg/l									
DBO 5	Laboratoire	mg/l									
DCO	LASA20	mg/l									
Dureté	LASA20	°dH									
Nitrate (NO3)	LASA20	mg/l									
Azote nitrique (NO3-N)	LASA20	mg/l									
Nitrite (NO2)	LASA20	mg/l									
Azote nitreux (NO2-N)	LASA20	mg/l									
Phosphate (PO4)	LASA20	mg/l									
Phosphore-phosphatique (PO4-P)	LASA20	mg/l									

Points et conditions de prélèvements

N°	Localisation	Profondeur	Agitation	Conditions d'analyses
L1		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L2		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L3		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L4		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L5		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L6		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L7		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)
L8		<input type="checkbox"/> 15 cm <input type="checkbox"/> 50 cm <input type="checkbox"/> autre?	<input type="checkbox"/> naturelle <input type="checkbox"/> manuelle	<input type="checkbox"/> in situ / <input type="checkbox"/> prélèvement seau <input type="checkbox"/> échantillonneur LMR <input type="checkbox"/> 12 h/4°C(DCO)

Niveau de l'eau et caractéristique de la nappe lors du contrôle :

- déversement par l'exutoire (périodes humides) crue (cours d'eau), étiage.
 niveau moyen (base des ceintures d'hélophytes), niveau bas (vases visibles), autre

(voir ci-dessous).

Episodes pluvieux durant la semaine précédente : non - oui : mm (cumulés sur les 7 jours précédents).

Conditions particulières :

.....

Autres observations :

.....

Dessin de localisation :

Sur le plan physico-chimique, la mare est un écosystème très instable. Il ne faut donc pas s'étonner des (fortes) variations possibles dans les résultats d'analyses d'eau. Un bon moyen pour étudier les relations entre l'eau d'une mare et les espèces qui la peuplent est de se pencher sur la flore des mares. Celle-ci est représentée par des plantes aux conditions écologiques telles qu'elles renseigneront tant sur le régime hydrique d'un site, que sur son stade d'évolution ou encore sa nature : acide, basique, oligotrophe, eutrophe (voir aussi Partie 2 « Végétation, flore et habitats remarquables »).

La pluviométrie

La pluviométrie, élément écologique primordial des milieux aquatiques, peut être étudiée à l'échelle de la forêt (utilisation des données d'une station météorologique incluse dans le massif ou très proche) ou à celle de la mare (mise en place de pluviomètres). Le suivi de la pluviométrie au niveau de la mare est réservée à l'étude du fon-



Petit pluviomètre en plastique : ce matériel a une faible autonomie et reste fragile au gel. Il permet néanmoins d'équiper facilement et rapidement plusieurs mares



Pluviomètre manuel Météo France en zinc : très résistant et grande autonomie, il nécessite une installation complexe : à réserver pour l'étude fine d'un réseau de mares

ctionnement hydraulique du site. Couplé avec des relevés de hauteurs d'eau, c'est un moyen de comprendre l'influence de l'impluvium sur le remplissage de la mare, et d'en affiner la gestion. Les relevés peuvent être fait à n'importe quel moment, cependant, pour faciliter les comparaisons avec les autres stations météorologiques (Météo France notamment) qui donnent les résultats journallement, mensuellement ou annuellement, il est fortement recommandé d'éviter les relevés au cours d'une période pluvieuse et, dans la mesure du possible, il faut les faire le dernier jour ou le premier jour du mois.

Suivi limnimétrique

Aisé à mettre en œuvre, ce type de suivi apporte des informations chiffrées sur les variations du niveau de l'eau. Entrepris sur plusieurs années, le suivi limnimétrique permet de juger du fonctionnement hydraulique de la mare, et notamment les périodes d'à sec ou de remplissage. Il s'agit de données importantes dont on peut s'inspirer pour programmer des interventions de gestion sur un site. En outre, la connaissance du remplissage et des variations de niveaux d'eau s'avère être un atout important pour la gestion des communautés amphibiennes et des plantes liées à un fort marnage. Cela facilite aussi le profilage des berges (connaissance de la cote des niveaux maximaux et minimaux).

Les mires limnimétriques sont fabriquées à partir d'acier émaillé au four, ce qui leur confère une bonne résistance. Néanmoins, avec le temps un petit nettoyage de l'échelle de lecture est nécessaire. La mire peut être fixée à un piquet en robinier (photo ci-dessous) ou à un poteau en fer galvanisé. Penser à orienter la mire de telle façon que



Installation d'une mire limnimétrique par les ouvriers forestiers

la lecture soit faite depuis l'accès principal de la mare. Les graduations peuvent être lues à la jumelle, si besoin est (éloignement de la mire par rapport à la berge). Les mires sont vendues au mètre : environ 60 Euros HT le mètre.

Profondeur et profil de la mare



La profondeur du milieu est mesurée si possible lors des plus hautes eaux (mars, avril) et dans les zones les plus profondes. Il est utile que la hauteur de vases soit prise en considération lors de la mesure. Pour la profondeur totale (vase comprise), il faut enfoncer la mire jusqu'au moment où l'on rencontrera une résistance. Pour la mesure de l'eau libre (de la surface à la partie supérieure de la vase) il est nécessaire d'attacher à la base de la mire un dispositif comprenant une plaque carrée de bois ou de plastique environ 25 à 30 cm de côté. Celle-ci sera fixée perpendiculairement à l'axe de la mire. Lors de la mesure, la plaque qui atteindra la surface de la vase empêchera la mire de s'y enfoncer. Les vases liquides peuvent difficilement être mesurées avec ce type de dispositif.

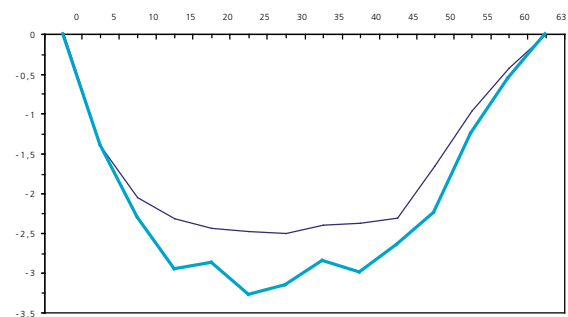
Dans les mares de taille moyenne, le plus simple est d'utiliser une embarcation et une mire télescopique ce qui permet de se déplacer sans difficulté afin de trouver les zones les plus profondes.

Dans le cas de périodes sèches, il est parfois possible de repérer sur les structures périphériques (déversoir, digues, rochers, troncs d'arbres, hauteur des touradons, etc.) les marques des niveaux antérieurs maximums ou moyens (photo ci-dessus).

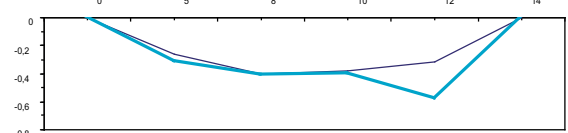
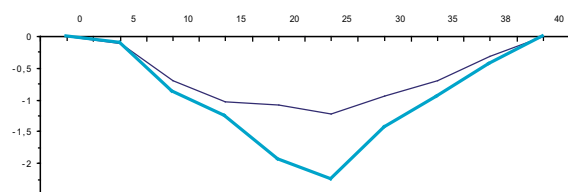
Réaliser le profil en long de la mare permet de mieux comprendre sa structure et ses profondeurs. Ce type d'information est particulièrement

intéressant pour les grandes mares permanentes, qu'il n'est jamais possible d'observer à sec. L'opération consiste à noter les profondeurs (fond, vases, eau comme indiqué ci-dessus) le long d'un transect tous les 2 à 5 mètres, selon la taille de la mare. Les mesures peuvent être relevées depuis une barque, en suivant une corde tendue qui sert à matérialiser les points de sondages. Là aussi, la période idéale se situe en fin d'hiver, quand la mare est à son niveau le plus haut. Au cours d'une période de gel prolongée, formant en surface une couche de glace d'au moins 15 cm, le profil peut être décrit en forant délicatement la glace de petits trous et en y introduisant des perches assez rigides (type cannes de ramonage), dont on mesure l'enfouissement.

Exemples de profils de mares :



Le profil abrupte et très accidenté de cette mare profonde (sur plateau argileux) laisse peu de doutes quant à son origine : extraction de pierres meulières



— Profondeur vases
— Profondeur substratum

Pour les mares supérieures à 250 m², il est souvent utile de relever deux profils de la mare, axés plus ou moins perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. Cela décrit mieux la diversité de structure du milieu.

Cartographier les mares

Localiser les mares dans un massif

L'utilisation de cartes ou de photographies aériennes ne suffit pas pour localiser les mares d'une forêt, car ces supports fournissent souvent des données partielles.

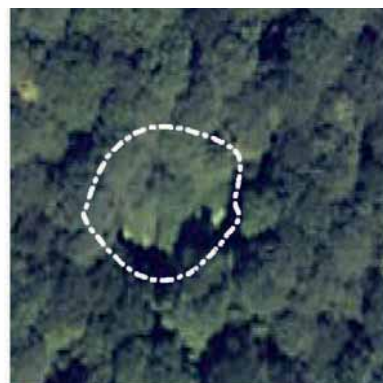
Repérage de mares par photographies aériennes :



Mare bien visible à la photo aérienne



Mare partiellement visible à la photo aérienne



Mare non repérable à la photo aérienne

Le pointage à l'aide d'un GPS des différentes mares du massif permet d'enrichir la base de données hydrographiques du SIG et de connaître précisément la répartition de toutes les mares géoréférencées. C'est un moyen simple de regrouper les mares en réseau ou en archipels théoriques, le SIG calculant les distances entre chaque plan d'eau répertorié. Ces données restent générales et fournissent surtout une information sur la localisation de la mare (« waypoint »). Le contour de la mare peut être relevé sous forme de « trace », à condition que le site ne soit pas trop petit. Les GPS de dernière génération possèdent des antennes et des puces plus puissantes, qui permettent de tracer de manière relativement fidèle le contour de mares d'au moins 300 m². Une cartographie plus fine pour le suivi de la végétation, des habitats ou la localisation d'interventions, nécessite un plan de la mare. Il ne s'agit plus de localiser ou de des-

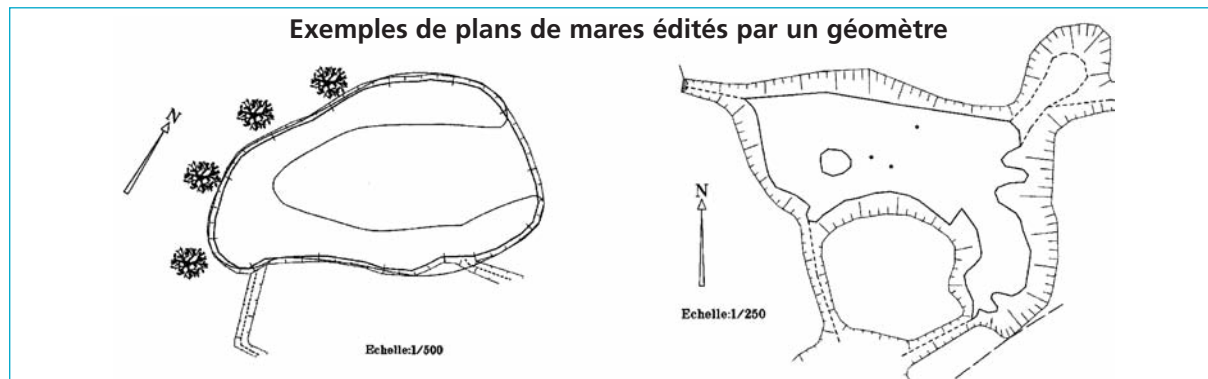
siner le périmètre d'une mare, mais de cartographier son contenu.

Dresser le plan d'une mare

Plan topographique détaillé

La réalisation du plan de la mare peut être confiée à un géomètre. Il faut dans ce cas que la mare possède de forts enjeux patrimoniaux, nécessitant une cartographie fine du milieu. Le plan d'une mare établi par un cabinet de géomètre coûte entre 500 et 1 000 euros, selon la taille du milieu, le nombre de points réalisés et surtout le nombre de changement de stations du théodolite. L'absence de feuillage réduit les déplacements du matériel, ce qui divise pratiquement les coûts par deux, selon que la mare soit cartographiée en hiver ou en été. Il convient d'encadrer le géomètre lors du levé topographique.

Exemples de plans de mares édités par un géomètre



Lui faire noter la hauteur maximale de l'eau (si cela est visible), les éventuels fossés, différentes profondeurs, la pente des berges (courbes de niveau équidistantes de 50 cm), les grandes unités de végétation en place, en particulier les saulaies, les massifs d'hélophytes, le positionnement des transects de profils en long, etc.

Dans les exemples ci-dessus, l'échelle est indiquée en valeur numérique. Mais il est préférable que l'échelle soit mentionnée sous forme de règle graduée, le rapport distance terrain / distance sur carte, restant le même quelque soient les agrandissements ou les réductions de carte que l'on peut faire.

Les appareils dédiés à la création de plans topographiques d'excellente qualité (théodolithe, station totale à visée laser, GPS différentiel) sont particulièrement coûteux et réclament une utilisation par un spécialiste.

Une méthode plus simple consiste à utiliser un lasermètre et une boussole à visée pour établir un plan correct de la mare et de ses principaux éléments structurels : eau libre, formations végétales et autres points d'intérêts.

Plan simplifié

Deux personnes sont nécessaires pour éviter de multiples déplacements entre le point fixe et la mire. En premier lieu, à la suite d'une prospection de l'ensemble du milieu, il faut déterminer le point fixe principal qui doit, dans la mesure du possible, être visible de l'ensemble du site. Dans le cas contraire (par exemple présence d'une saulaie dans la mare), un second point fixe est implanté, sa position permettant la mesure du secteur invisible depuis le point fixe principal. Il est recommandé de matérialiser l'emplacement des points fixes par un piquet ou une borne, enfoncés totalement dans le sol dont la partie supérieure aura préalablement été peinte.

Le lasermètre est monté sur un trépied situé juste au dessus du piquet repère. L'horizontalité du faisceau est établie à l'aide d'un niveau (si l'appareil ou le trépied en sont dépourvus) dans toutes les directions d'utilisation (en le faisant tourner sur l'axe du trépied).

L'opérateur doit veiller à ne pas coller la boussole de visée sur le lasermètre en raison des interférences qui risquent de fausser les résultats d'orientation. Il faut donc, dans l'axe « laser-mire



Le lasermètre (en haut) et la mire de visée (en bas)

» se tenir à 10 ou 15 cm du lasermètre. La mire peut être fabriquée à partir d'une plaque de contreplaqué, peinte en blanc sur une face et en noir sur l'autre. Selon la distance entre le lasermètre et la mire, la visée se fait sur la face blanche (faible distance) ou sur la noire (mire éloignée).

En fonction du milieu et des éléments à cartographier (limite des eaux, végétation, ligneux, environnement immédiat du site, etc.), la mire, déplacée par une seconde personne, prend, sur un même angle, un ou plusieurs points. A chacun d'entre eux, l'angle est noté, puis la distance entre le lasermètre et le premier positionnement de la mire, puis le second (toujours dans le même angle !) et ainsi de suite. En fonction de la topographie ou de l'intérêt particulier d'un point ou d'une zone (végétation par exemple), un second transect, puis un troisième, (etc.) sont réalisés afin de couvrir au mieux l'ensemble de l'habitat. Si un rideau de végétation ne permet pas d'effectuer des mesures sur une partie du site, une seconde série de mesures sera conduite à partir d'un deuxième point fixe (visible du premier afin d'en effectuer le positionnement exact). Dans certains cas, un troisième point fixe peut s'avérer nécessaire.

Matériel nécessaire

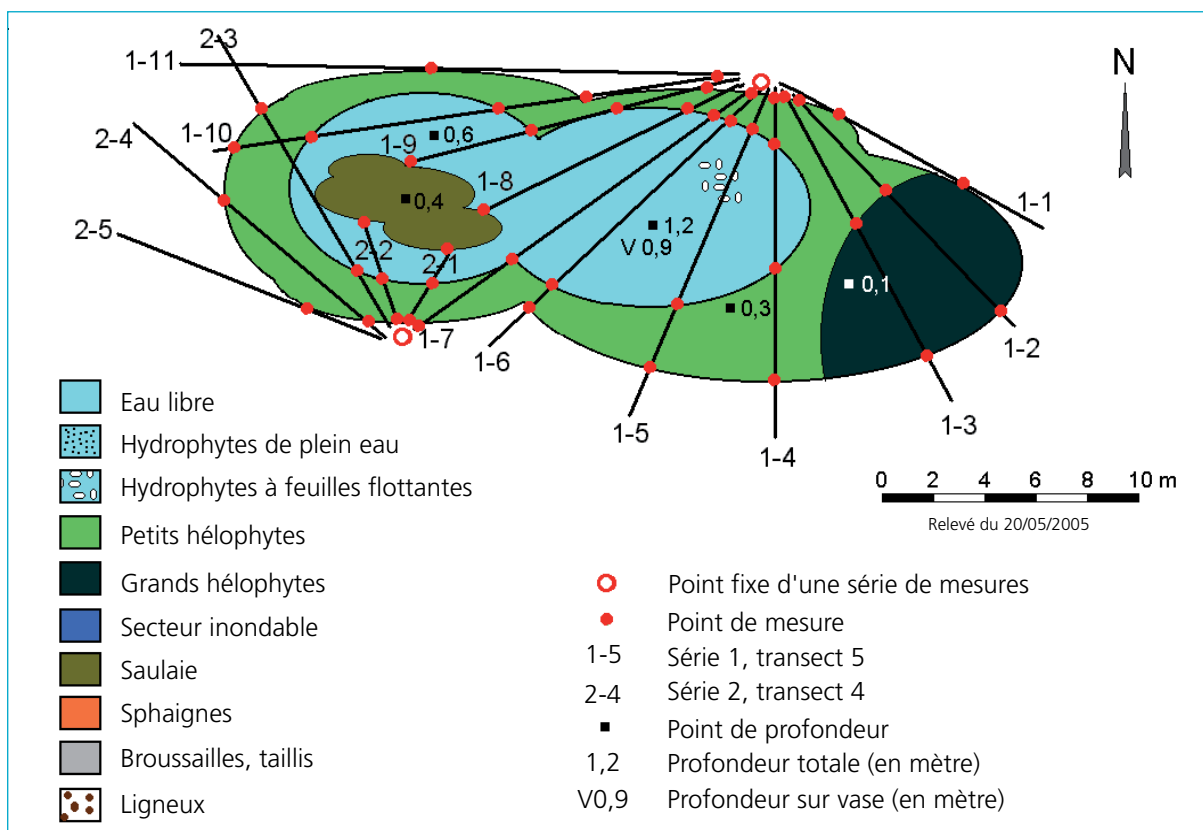
Sur le terrain :

- Lasermètre (300 à 500 Euros HT)
- Boussole de visée portable (95 Euros HT)
- Mire laser avec support (piquet + plaque en bois)
- Trépied ou pied photo (95 à 175 Euros HT).
- Formulaire de relevé des mesures
- Stylo/crayon
- support papier avec cordon
- 2 ou 3 piquets repères (sol)
- Marteau
- Petit niveau

Au bureau :

- règle précise, grand rapporteur, etc.
- informatique et logiciel de dessin

Les relevés sont ensuite reportés sur une feuille de format A3 (afin de permettre la réduction ultérieure du plan au format A4) à l'aide des instruments de mesures adéquats (règle précise, rapporteur de grand format, etc.). La mise au point d'un programme informatique susceptible de positionner tous les points, en fonction des angles de visée et des distances, faciliterait le report du nuage de points. Ceux-ci sont ensuite reliés entre eux afin de former la trame primaire du plan avant la numérisation et ensuite le parachever à l'aide d'un logiciel de dessin.



Méthodologie de cartographie théorique d'une mare, par relevés au laser

Avec un peu d'expérience, deux à trois heures suffisent à faire les relevés de terrain pour une mare d'environ 1 000 m². Par contre, le dépouillement des données et l'élaboration du plan final réclament environ une demi-journée de travail supplémentaire, soit environ un jour pour accomplir les relevés et dessiner le fond de plan.

Ne pas oublier d'indiquer l'orientation, l'échelle et la date de réalisation du plan. Des prises de vues s'avèrent également utiles aussi bien au moment de la réalisation du plan que par la suite pour mémoriser l'évolution du milieu.

Réalisation de plan : formulaire des relevés initiaux

Lieu : _____ Commune : _____ Date : _____

Point 1

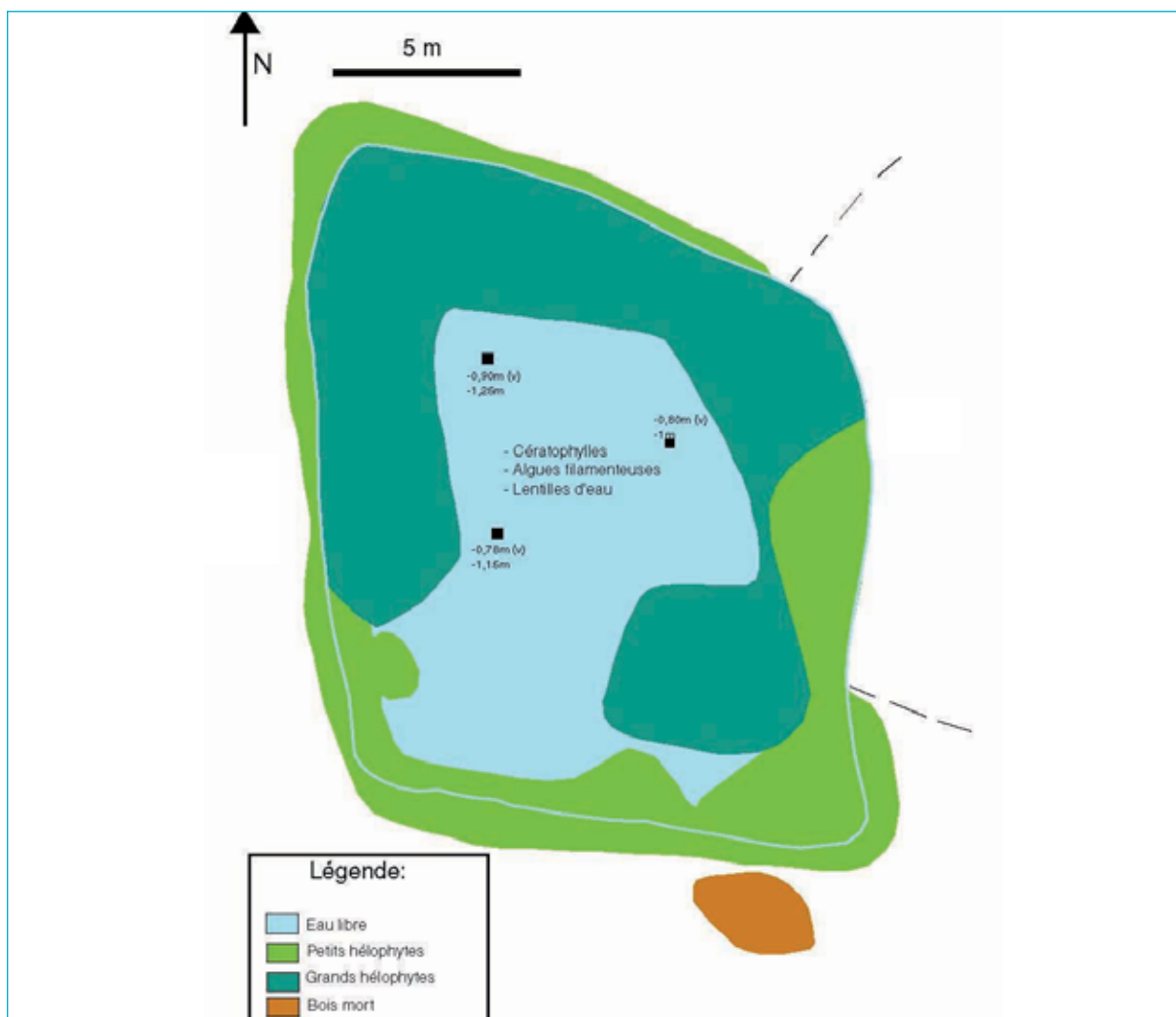
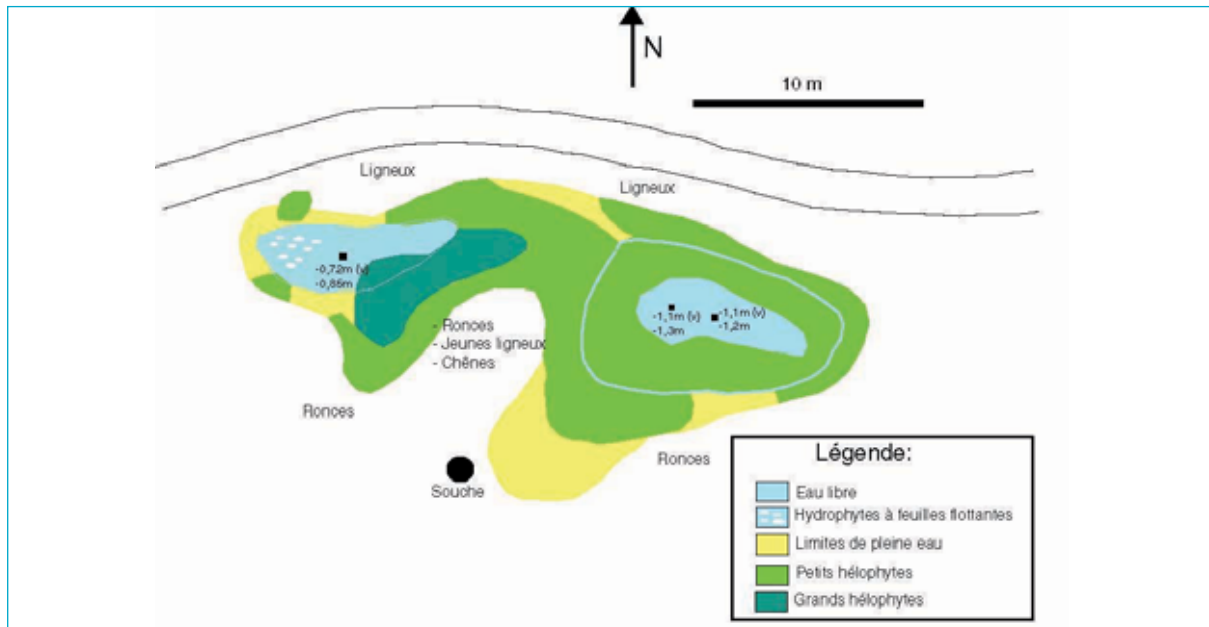
N°	Angles	D1	D1 commentaires	D2	D2 commentaires	D3	D3 commentaires	D4	D4 commentaires
1	°	m		m		m		m	
2	°	m		m		m		m	
3	°	m		m		m		m	
4	°	m		m		m		m	
5	°	m		m		m		m	
6	°	m		m		m		m	
7	°	m		m		m		m	
8	°	m		m		m		m	
9	°	m		m		m		m	
10	°	m		m		m		m	
11	°	m		m		m		m	
12	°	m		m		m		m	
13	°	m		m		m		m	
14	°	m		m		m		m	

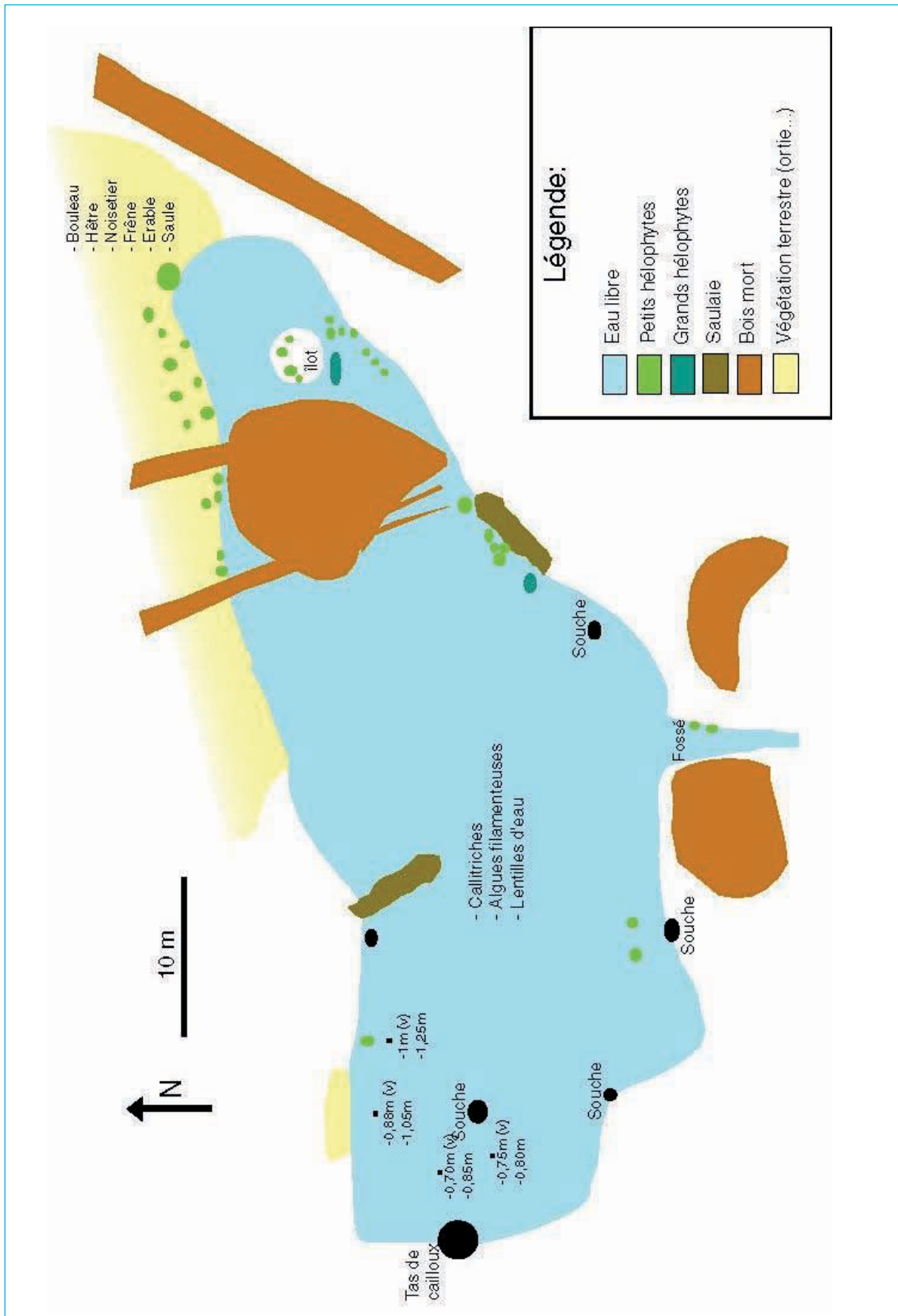
Point 2

N°	Angles	D1	D1 commentaires	D2	D2 commentaires	D3	D3 commentaires	D4	D4 commentaires
1	°	m		m		m		m	
2	°	m		m		m		m	
3	°	m		m		m		m	
4	°	m		m		m		m	
5	°	m		m		m		m	
6	°	m		m		m		m	
7	°	m		m		m		m	
8	°	m		m		m		m	
9	°	m		m		m		m	
10	°	m		m		m		m	
11	°	m		m		m		m	
12	°	m		m		m		m	
13	°	m		m		m		m	
14	°	m		m		m		m	

Société Française d'Odontologie, www.libellules.org - FormulairePlan01.doc - 14/09/2006

Exemples de plans finalisés :





2 Inventaire et suivi de la flore

La végétation est l'un des facteurs prépondérants de la fonctionnalité de l'écosystème mare. En effet, de sa composition et de son agencement dépendra la capacité d'accueil écologique globale du site. La végétation est aussi un bon indicateur de réponse à la gestion, ce qui permet, en suivant son évolution, de juger de l'efficacité des travaux effectués.

Il n'existe pas de technique standardisée pour décrire et expertiser la végétation d'une mare. Le niveau de précision peut être très variable. Selon ses besoins, ses compétences et ses moyens, le gestionnaire peut :

- dresser seulement la liste des espèces présentes (= inventaire de la flore),
- faire, en plus, une carte des espèces à valeur patrimoniale (plantes rares, protégées),
- faire une carte des ensembles végétaux présents (= cartographie de la végétation).

Cette cartographie de la végétation peut elle-même être envisagée à plusieurs niveaux de complexité (voir tableau ci-dessous)

Transect de végétation

Toute la flore présente le long d'une **ligne de transect** est répertoriée en présence / absence.

La flore peut aussi être relevée sur une **bande de transect** (photo ci-contre), large d'1 ou 2 mètres, où un relevé différent est réalisé à chaque changement de physionomie de la végétation. C'est un moyen d'observer l'évolution à long terme de la surface occupée par chaque formation traversée par le transect.



Transect de suivi de la végétation : les piquets matérialisent la bande de relevés (R1- R6) qui traverse la mare.

Liste des plantes de la mare

Liste globale

L'observateur note l'ensemble des plantes qu'il rencontre dans la mare, sans mentionner leur répartition ni leur recouvrement. C'est un simple relevé en présence/absence. Cette technique permet d'établir un état des lieux très sommaire, mais rapide, de la mare.

Listes par unités de végétation

A la liste globale, peuvent être préférées des listes de plantes par unités de végétation. L'opérateur

Méthodes	Inventaires	Concepts	Éléments cartographiés	Exemple de désignation	Niveau d'expertise
Phytogéographique	Espèces dominantes et structurantes	Unités écologiques simples	Formations végétales = faciès	Roselière	+
Phytoécologique	Relevés exhaustifs, non quantifiés	Groupes écologiques, ensembles caractéristiques	Groupements végétaux	Phragmitaie	++
Phytosociologique	Relevés exhaustifs et quantifiés	Espèces caractéristiques, différentielles	Associations végétales	Phragmitetum communis Soo 1927	+++

Niveaux de description de la végétation

note la composition floristique de chaque formation végétale qui se dessine face à lui. En reportant sur un plan chacun des faciès repérés, une carte succincte de la végétation de la mare est obtenue.

Dresser des listes non quantifiées (l'abondance/dominance de chaque espèce n'est pas estimée) n'est pas adapté à un suivi fin du milieu, puisque le taux de recouvrement des espèces n'est pas déterminé. Ceci dit, cette méthode donne un état initial succinct de la mare et offre la possibilité de répertorier d'éventuelles plantes patrimoniales. Leur présence peut ainsi être prise en compte, si des travaux sont conduits sur la mare : préservation de la station lors du curage, etc. Pour cela, il est intéressant de cartographier les plantes patrimoniales détectées lors de l'inventaire floristique.

Cartographie des plantes patrimoniales

On peut faire figurer sur une carte la localisation des espèces d'intérêt patrimonial : rares et/ou protégées. La cartographie des plantes patrimoniales permet de mettre en place un suivi relativement simple, mais partiel, de la flore. En reportant sur un plan la position relative de ces plantes patrimoniales, il est possible d'observer dans le temps leur évolution au sein de la mare. Une liste des espèces végétales protégées, susceptibles de se trouver dans les mares gérées par la DT IDF-NO, peut être consultée dans la partie 2 « flore et végétation des mares ».

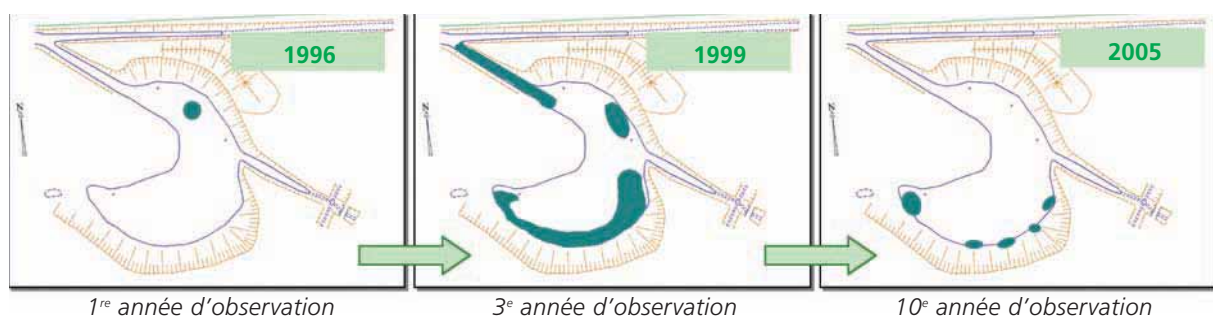
S'il existe plusieurs espèces protégées sur la mare, il est préférable d'éditer une carte par espèce, afin d'éviter des recouvrements qui rendraient la carte difficile à lire.

Cartographie de la végétation

La technique de description proposée ici correspond à un besoin de suivi de la végétation, tant en terme de composition (diversité spécifique), qu'en terme de structuration (répartition des espèces). En effet, elle permet de mettre en évidence les variations de composition et d'emprise des ensembles végétaux. Pour cela, il suffit de comparer différentes campagnes de description. Elle peut aussi participer au choix des méthodes de gestion conservatoire des mares. Comme nous le verrons par la suite, il est possible, grâce aux données récoltées, de définir les habitats présents sur la mare. Elle permet aussi de localiser les espèces rares et/ou protégées, donc de les épargner ou de travailler à leur profit lors de travaux de gestion conservatoire. Tout ceci nécessite, cependant, une bonne connaissance, de la végétation, des habitats et de leurs conditions écologiques. Rappelons que l'approche floristique seule ne permet pas de juger des interventions à réaliser. La problématique de gestion des mares doit englober un maximum de variables comprenant la faune, la flore, la microtopographie, le substrat, le mode d'alimentation en eau, l'environnement immédiat, la présence de biotopes relais... De toutes ces informations dépendront, la nécessité d'intervenir et, le cas échéant, le(s) type(s) de travaux à effectuer.

L'étude et le suivi des mares, dans le cadre de mesures de gestion, de description ponctuelle ou pluriannuelle, nécessitent de prendre en compte plusieurs variables.

Exemple de suivi cartographique d'une plante protégée (en vert sur le plan) : *Pilularia globulifera* (protection nationale) :



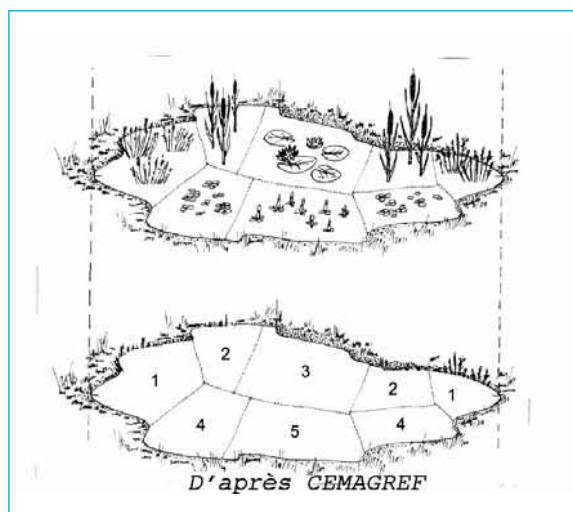
Données générales concernant la mare et sa description

Nous entendons par données générales :

- le nom de la mare, sa localisation (département, commune, lieu-dit, parcelle forestière...), ses coordonnées GPS ;
- la date de description, le (ou les) nom(s) du (des) descripteur(s) ;
- une première approche concernant l'état général de la mare :
 - surface de la mare,
 - surface de la zone exondée,
 - surface occupée par la végétation flottante,
 - surface d'eau libre,
 - recouvrement des strates arbustives et arborescentes adjacentes par rapport à l'ensemble de la mare.
- la présence ou non d'un fossé, d'un collecteur, d'un exutoire,
- le régime d'alimentation hydrique (si possible).

Repérage des différentes unités de végétation

Cette phase consiste à appréhender et individualiser les différents ensembles de végétation présents et homogènes (= ensembles de plantes à affinités écologiques voisines). Ces parties de la mare ont *a priori* des conditions écologiques homogènes (éclairage, profondeur et qualité du substrat,...). Rappelons que ces variables induisent, pour l'essentiel, la répartition des plantes. Ces surfaces homogènes de végétation sont ce que le cartographe appelle des « polygones ». Selon le niveau de description et d'analyse des relevés, ils pourront être qualifiés de façon simple (ex : herbiers à Potamots) ou très précise et codifiée (ex : végétation du *Potametum pectinati* Cartesen 55).



Elaboration de la cartographie des unités de végétation (polygones)

Pour cette phase il est opportun de disposer au préalable d'un plan de la mare, élaboré selon la méthode décrite dans la partie 3 « Cartographier les mares », ou issu d'un relevé topographique commandé à un géomètre. Ces fonds facilitent grandement le travail de positionnement des relevés de végétation. Le cartographe reporte sur son plan l'emprise des polygones recensés. Un repère permanent (arrivée de fossé, mire, piquet, etc.) facilite le calage et l'orientation du plan.

Si les formations « fixes » de type cariçaies, saulaies, sont assez faciles à positionner et relativement stables dans le temps, les unités de végétation des eaux libres sont délicates à cartographier : mobiles, elles bougent d'une année à l'autre en fonction notamment des niveaux d'eau. Elles constituent aussi des faciès étroitement imbriqués les uns aux autres, qu'il est parfois plus simple de regrouper dans un seul polygone (mosaïque).

Relevé floristique par polygone

La description s'appuie sur la technique du relevé phytosociologique. Dans chaque polygone, chaque espèce notée est affectée d'un coefficient dit « d'abondance / dominance » correspondant à l'échelle suivante (tableau ci-dessous).

Coefficient	Abondance	Recouvrement
+	Très peu d'individus	Très faible (moins de 1%)
1	Individus assez nombreux	Faible (de 1 à 5%)
2	Individus nombreux	Moyen (de 5 à 25%)
3	Nombre quelconque d'individus	Assez fort (de 25 à 50%)
4	Nombre quelconque d'individus	Fort (de 50 à 75%)
5	Nombre quelconque d'individus	Très fort (plus de 75%)

Coefficients d'abondance / dominance

Ces coefficients sont donnés par rapport à la surface du polygone (= la proportion d'espace occupée par l'espèce considérée dans le polygone) et non par rapport à la superficie de la mare. A chaque polygone est affecté un nom ou un

numéro, lequel renvoie à une fiche comportant l'inventaire floristique. Chaque polygone représente une unité distincte de végétation, cependant il est possible que plusieurs polygones présentent la même composition, on peut donc leur attribuer le même numéro.

Cela permet de suivre dans le temps l'évolution des unités de végétation (progression / régression) et de constater l'apparition ou la disparition d'espèces.

Autres éléments pouvant s'ajouter

- la surface (m²) de chaque polygone,
- le type de substrat (minéral, vase, tourbe),
- l'épaisseur de la lame d'eau,
- les surfaces (dans l'eau)
 - en eau libre,
 - de végétation immergée,
 - de végétation flottante,
 - de végétation émergée,
- les surfaces (sur les berges)
 - de végétation herbacée,
 - de végétation arbustive et arborescente.
- La hauteur de la lame d'eau. Si une mire permanente est installée dans la mare, il est judicieux de prendre en compte le niveau d'eau à l'instant du relevé. Cette donnée influe sur l'aspect de la mare, l'occupation de l'espace et la visibilité des plantes. En outre, la mire permet d'observer les niveaux hauts et bas de la lame d'eau, paramètres très utiles lors de travaux de gestion. En effet, les zones de battement sont les plus intéressantes pour la flore. Leur connaissance permet d'optimiser les travaux de restauration ou de gestion.
- La localisation sur le plan des arbres et arbustes environnants, ainsi que le recouvrement global des deux strates correspondantes. Ces informations donnent une idée de l'importance de la couverture au dessus de la mare et permettent de distinguer les ligneux à exploiter dans le cas d'intervention.

Identification des ensembles végétaux cartographiés

Les ensembles végétaux sont déterminés sur la base du découpage de la végétation et des relevés floristiques. Selon le degré de précision attendu

par le gestionnaire, l'identification des groupements sera réalisée à des niveaux différents :

- formations végétales ;
- groupements végétaux ;
- unités phytosociologiques.

Formations végétales

On nomme chaque formation végétale cartographiée en fonction de sa physionomie et de sa composition en espèces dominantes : saulaie, cariçaie, jonçaie, faciès à utriculaires et potamots, etc.

Ces formations peuvent être déclinées avec des aspects structurels et floristiques plus précis : vieille saulaie à *Salix cinerea*, cariçaie haute en touradons à *Carex elata*, cariçaie basse à *Carex curta*, jonçaie en touradons à *Juncus effusus*, gazons à *Juncus bulbosus*, herbiers flottants à *Utricularia australis* et *Potamogeton polygonifolius*, etc.

Ce type de description est largement suffisante pour dresser une photographie de la végétation de la mare à un instant T et reste relativement parlant pour un non spécialiste. C'est aussi une base de suivi de l'évolution de la végétation de la mare.

Groupements végétaux

Les groupements végétaux correspondent à un niveau de description intermédiaire entre le recensement des formations végétales et la classification de la végétation en associations phytosociologiques. Ces groupements équivalent plutôt à des alliances phytosociologiques. Ils sont détaillés dans l'ouvrage de Marcel Bournérias, entièrement réactualisé en 2001. Ce guide des groupements végétaux couvre l'ensemble de la DT, à l'exception de la zone littorale.

La classification de Bournérias répartit la végétation de nos mares dans 12 groupements végétaux. La numérotation ci-dessous est celle utilisée par l'auteur.

Tableau récapitulatif des groupements végétaux associés aux mares de la DT IdF-NO (sauf zone littorale) :

N° de groupements	Intitulés	Alliances phytosociologiques
2	végétation aquatique des eaux calmes à pH > 6	Potamion pectinati
3	végétation aquatique des eaux calmes et acides	Potamion polygonifolii
4	végétation amphibie clairsemée, sur sol à pH > 6 et à émergence estivale	Oenanthion aquaticae
5	végétation amphibie clairsemée, sur sol acide à émergence estivale	Elodo palustris - Sparganion
6	végétation des grèves alluviales à Bidents	Bidention tripartitae
7	végétation pionnière des sables, dalles gréseuses et argiles humides acides	Nanocyperion flavescens sur sols mésotrophes ; Cicendion filiformis sur sols oligotrophes
36	végétation des peuplements denses de grands Carex (cariçaies)	Caricion acutae sur substrat minéral ; Caricion rostratae sur substrat tourbeux
37	végétation dense de grands héliophytes (roselières) sur alluvions minérales	Phragmition communis
38	végétation des peuplements de grands héliophytes sur tourbe (cladiaie-phragmitaie)	Caricion lasiocarpae
40	végétation des tourbières à Sphaignes	Oxycocco palustris – Ericion tetralicis
55	végétation des forêts humides oligotrophes à Sphaignes	Salicion cinereae
56	végétation des taillis tourbeux à Fougère des marais	Alnion glutinosae

D'après Bournérias et al. (2001)

Unités phytosociologiques

Une classification des formations végétales aquatiques et amphibies, fondée sur les associations observées en Haute-Normandie par Jérôme Chaïb est proposée ici. Cette classification repose sur une recherche de cohérence dans la fonctionnalité écologique des groupements qui se traduit, notamment, en terme de structuration des communautés et de convergence écologique (et en conséquence de convergence anatomique des plantes). Elle s'approche au plus près des grandes

divisions phytosociologiques, dans le sens des dynamiques de colonisation et présente ainsi l'intérêt d'être « naturelle » et pratique pour l'identification sur le terrain. Les associations retenues concernent les mares au sens large et englobent les mares saumâtres. Cette classification va des habitats les plus humides aux plus « secs » et des communautés pionnières aux communautés les plus stables.

Classification phytosociologique des principales formations végétales des mares de Haute-Normandie

Formations végétales des mares	Associations phytosociologiques
1. Végétation aquatique à <i>Lemna</i> sp. et autres plantes flottantes non enracinées	<i>Riccietyum fluitantis</i> Slavnic 56 <i>Lemnetum trisulcae</i> R. Tüxen et Schwabe 74 <i>Spirodeletum polyrhizae</i> (Kelhofer 15) Koch 54 em. R. Tüxen et Schwabe 72 <i>Lemnetum gibbae</i> Miyawaki et J. Tüxen 60 Groupement à <i>Lemna minor</i> Groupement à <i>Azolla filiculoides</i> <i>Statiotetum aloïdis</i> Miljan 33 Groupement à <i>Hydrocharis morsus-ranae</i>
2. Végétation subaquatique à <i>Utricularia</i> sp. et autres plantes subaquatiques non enracinées	<i>Lemno-Utricularietum vulgaris</i> Soo 28 <i>Utricularietum intermedio-minoris</i> (Pietsch n.n) Krausch 68 <i>Ceratophylletum demersi</i> Hild 56 <i>Ceratophylletum submersi</i> Den Hartog et Segal 64
3. Végétation benthique à characées	<i>Nitelletum flexilis</i> (Corillion 57) W. Krause 69 Groupement à <i>Nitella flexilis</i> Groupement à <i>Nitella translucens</i> <i>Nitelletum syncarpo-tenuissimae</i> W Krause 69
4. Végétation aquatique à <i>Potamogeton</i> sp., <i>Batrachium</i> sp. et autres plantes flottantes enracinées	<i>Potametum pectinati</i> Cartensen 55 <i>Potametum crispum</i> Soo 27 <i>Najadetum marinae</i> Groupement à <i>Elodea canadensis</i> Groupement à <i>Enteromorpha intestinalis</i> <i>Potametum perforiati</i> Koch 26 em. Passarge 64 <i>Potametum lucentis</i> Hueck 31 Groupement à <i>Potamogeton densus</i> <i>Potametum pusillo-graminei</i> Koch 26 Groupement à <i>Potamogeton berchtoldii</i> <i>Potametum trichoidis</i> Freitag et Mitarb 56 <i>Nymphaeetum albae</i> Oberdorfer (77) 79 <i>Nupharetum lutei</i> Koch 26 <i>Nymphoidetum peltatae</i> (Allorge 22) Bellot 51 <i>Potametum natantis</i> Soo 27 Groupement à <i>Potamogeton polygonifolius</i> Groupement à <i>Polygonum amphibium</i> fo <i>fluitans</i> Groupement à <i>Ranunculus trichophyllus</i> <i>Ranunculetum peltati</i> Segal <i>Ranunculetum aquatilis</i> Sauer <i>Ranunculetum baudotii</i> Groupement à <i>Ranunculus drouetti</i> <i>Callitrichetum obtusangulae</i> Seibert <i>Callitrichetum platycarpae</i> <i>Callitrichetum stagnalis</i> <i>Callitrichetum hamulatae</i>
5. Végétation subaquatique enracinée	<i>Myriophylletum spicati</i> Soo 27 <i>Myriophylletum verticillati</i> Lemée 37 Groupement à <i>Ranunculus circinatus</i> <i>Hottonietum palustris</i> R. Tüxen 37
6. Végétation des roselières à grands héliophytes	<i>Equisetum fluviatilis</i> Allorge 22 <i>Typhetum angustifoliae</i> Pignatti 53 <i>Typhetum latifoliae</i> Lang 73 <i>Scirpetum lacustris</i> Schmale 39 <i>Scirpetum tabernaemontani</i> Passarge 64 <i>Glycerietum maximae</i> Hueck 31 <i>Phragmitetum communis</i> Schmale <i>Phalaridetum arundinaceae</i> (Koch 26 n.n) Libbert 31 <i>Thelypterido-Phragmitetum</i> Kuiper 57 Groupement à <i>Ranunculus lingua</i> <i>Cladietum marisci</i> (Allorge 22) Zolbrist 35 <i>Senecionetum paludosum</i> DuVigneaud 85 Groupement à <i>Iris pseudacorus</i>
7. Végétation des roselières à moyens héliophytes	<i>Sparganietum erecti</i> Roll 38 <i>Butometum umbellati</i> (Konczak 68) Philippi 73 <i>Sagittario-Sparganietum</i> R. Tüxen 53 <i>Sparganietum simplicis</i> R. Tüxen 58 Groupement à <i>Alisma plantago</i> Groupement à <i>Alisma lanceolatum</i> <i>Scirpetum maritimi</i> (Braun-Blanquet 31) R. Tüxen 37 <i>Scirpetum pungentis</i> Corillion Groupement à <i>Scirpus triquetus</i>
8. Végétation des parvo-roselières	<i>Eleocharetum palustris</i> Schennikov 19 <i>Hippuridetum vulgaris</i> Passarge 55
9. Végétation des cariçaies	<i>Caricetum elatae</i> Koch 26 <i>Caricetum paniculatae</i> Wangerin 16 <i>Caricetum ripariae</i> Knapp et Stoffers 62 <i>Caricetum acutiformis</i> Sauer 37 <i>Caricetum gracilis</i> (Graebn et Hueck 31) R. Tüxen 37 Groupement à <i>Carex disticha</i> Groupement à <i>Carex cuprina</i> <i>Carici otrubae-Cyperetum longi</i> R. Tüxen et Oberdorfer 58 em. de Foucault 84 <i>Caricetum vesicariae</i> Braun-Blanquet et Denis 26 <i>Caricetum rostratae</i> Rübel 12 <i>Cicuto-Caricetum pseudocyperii</i> Boer et Sissingh in Boer 42

Formations végétales des mares	Associations phytosociologiques
10 Végétation des prairies flottantes	<i>Oenanthe-Rorippetum</i> Lohmeyer 50 Groupement à <i>Rorippa amphibia</i> Groupement à <i>Oenanthe aquatica</i> <i>Glycerietum fluitantis</i> Wilzek 35 <i>Catabrosetum aquaticae</i> <i>Rumici-Alopecuretum geniculati</i> Tx 50 <i>Helosciadetum nodiflori</i> Groupement à <i>Berula erecta</i> <i>Nasturtietum officinalis</i> Seibert <i>Nasturtietum microphylli</i> Groupement à <i>Apium inundatum</i>
11. Végétation de pelouses amphibies	<i>Eleocharetum acicularis</i> Groupement à <i>Litorella uniflora</i> et <i>Samolus valerandi</i> Groupement à <i>Puccinella viscosa</i> <i>Littorelletum uniflorae</i> Groupement à <i>Juncus bulbosus</i> et <i>Ranunculus flammula</i> Groupement à <i>Lysimachia nummularia</i> <i>Eleocharetum multicaulis</i> <i>Eleocharetum ovatae</i> Groupement à <i>Juncus tenageia</i> Philippi 68 Groupement à <i>Peplis portula</i> Philippi 68 <i>Lythro-Damasonietum</i> (Gadeceau 09) de Foucault 88 <i>Cyperetum flavescens-fusci</i> Koch 26 em. Philippi 68 <i>Stellario uliginosae-Scirpetum setacei</i> (Koch 26) Libbert 32 Groupement à <i>Juncus bufonius</i> (Passarge 64) Philippi 68 <i>Erythraeo-Blackstonietum</i> Oberdorfer 57
12. Végétation fragmentaire des suintements forestiers	<i>Cardamino amarae-Chrysosplenietum alternifolii</i> Maes 59 <i>Chrysosplenietum oppositifolii</i> Oberdorfer et Philippi 77 Groupement à <i>Cardamine flexuosa</i> Groupement à <i>Cardamine impatiens</i> Groupement à <i>Lysimachia nemorum</i>
13. Végétation pionnière des vases exondées nitrophiles	Groupement à <i>Lycopus europaeus</i> <i>Bidentetum tripartitae</i> Nordhagen 40 Groupement à <i>Bidens frondosa</i> Groupement à <i>Bidens cernua</i> <i>Ranunculetum scelerati</i> Sissingh in Tüxen 50 em. Passarge 59 <i>Alopecuretum aequalis</i> (Soo 27) Runge 66 <i>Rumicetum maritimi</i> Sissingh in Westhoff et al. 46 em. Passarge 59
14. Végétation de mégaphorbiaies	<i>Cirsio oleracei-Filipenduletum ulmariae</i> Chouard 26 <i>Juncus acutiflori-Filipenduletum ulmariae</i> de Foucault 80 <i>Valeriano-Filipenduletum ulmariae</i> (Passch et Westhoff 42) Sissingh ap Westhoff et al 46 <i>Thalictro-Altheaetum officinalis</i> (Mol et Tallon 50) de Foucault 84 Groupement à <i>Oenanthe croccata</i> <i>Epilobieto-Equisetetum telmateiae</i> de Foucault 84 <i>Eupatorium cannabini</i> R. Tüxen 37 <i>Scirpetum sylvatici</i> Maloch 35 em. Schwickerath 64 Groupement à <i>Caltha palustris</i>
15. Végétation des jonçaises	<i>Pulicario-Juncetum inflexi</i> de Foucault 84 Groupement à <i>Juncus effusus</i> et <i>Galium palustre</i> <i>Juncetum acutiflori</i> Braun-Blanquet 15 <i>Caro verticillati-Juncetum acutiflori</i> (Korn 62) Oberdorfer 77 <i>Anagallido-Pinguiculetum lusitanicae</i> (Rivas-Goday 64) de Foucault 84 Groupement à <i>Rhynchospora alba</i> <i>Parvocaricetum goodenoughi</i>
16. Végétation des tapis de sphaignes	<i>Sphagnetum magellanicum</i> (Malcuit 29) Kästner et Flossner 33 Groupement à <i>Eriophorum vaginatum</i> Groupements à <i>Sphagnum</i> sp. (<i>fimbriatum</i> , <i>squarrosum</i> , <i>palustre</i> , <i>palustre var squarrosum</i> ...) Groupement à <i>Sphagnum compactum</i> <i>Ericetum tetralicis</i> Groupement à <i>Molinia caerulea</i>
17. Végétation des saulaies, aulnaies et bétulaies (stade de transgression terminale)	<i>Salicetum triandro-viminalis</i> <i>Salicetum albae</i> <i>Fraxino-Ulmetum</i> R. Tüxen 52 <i>Carici remotae-Fraxinetum</i> Koch 26 <i>Alnetum glutinosae</i> Meyer-Drees 36 Groupement à <i>Salix atrocinerea</i> <i>Myricetum gali</i> <i>Salicetum auritae</i> <i>Frangulo-Salicetum cinereae</i> Groupements à <i>Betula pubescens</i> et <i>Betula pendula</i>
18. Végétation des ourlets nitrophiles humides (stade de transgression terminale)	Groupement à <i>Sambucus nigra</i> et <i>Urtica dioica</i>

La végétation des mares : une approche phytosociologique complexe

Les mares intraforestières, dotées d'une végétation diversifiée, peuvent être difficiles à décrire par la méthode phytosociologique. Par exemple, il existe des zones référencées et identifiables, mais où des plantes aux appartenances phytosociologiques différentes se retrouvent intimement mêlées : des plantes hémicryptophytes amphibies peuvent se mélanger avec des hélophytes, des hydrophytes enracinés et des hydrophytes flottants. Sur de petites surfaces, la végétation est ainsi très imbriquée. De plus, cette mosaïque varie en fonction du temps.

Les relevés phytosociologiques de ces complexes de végétation reposent sur une délimitation arbitraire de zones considérées homogènes du point de vue de leur physionomie comme de leur composition floristique. Après analyse, deux zones initialement considérées comme différentes, du point de vue de leur physionomie et/ou de leur composition, peuvent se retrouver réunies.

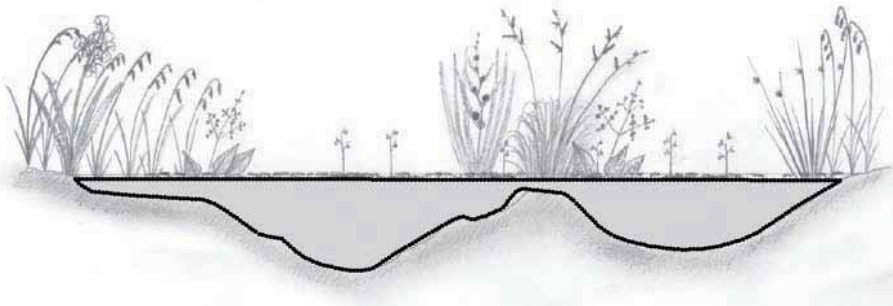
Il existerait donc deux limites à la phytosociologie des mares :

la difficulté d'aborder des complexes de végétaux aux affinités phytosociologiques différentes mais qui, concrètement, forment une seule unité ou un seul faciès.

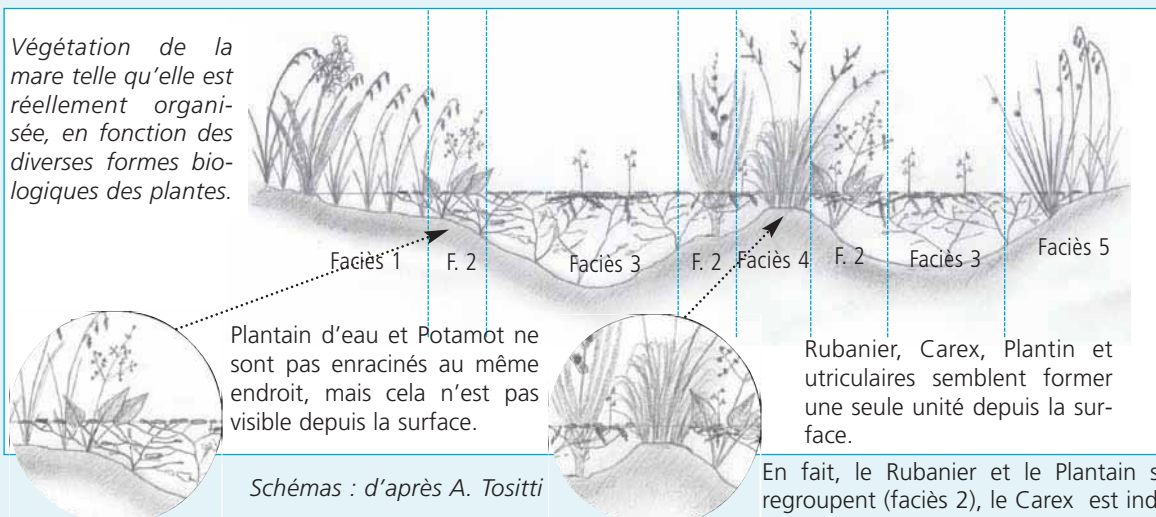
un effet « lisseur », du fait que deux zones visuellement différentes se trouvent regroupées par l'analyse statistique des relevés ;

La phytosociologie des mares, pour être plus pertinente, nécessiterait d'aller plus en détail et ce n'est pas simple. La visualisation et le découpage des unités de végétation sont également des exercices particulièrement ardu. Repérer le lieu d'enracinement d'une plante, sous l'eau, n'est pas très évident. C'est pourtant un point fondamental (voir la figure ci-dessous).

Végétation de la mare telle qu'elle est perçue depuis la rive ou en parcourant le plan d'eau.



Végétation de la mare telle qu'elle est réellement organisée, en fonction des diverses formes biologiques des plantes.



En fait, le Rubanier et le Plantain se regroupent (faciès 2), le Carex est individualisé (faciès 4), ainsi que les utriculaires non enracinées (faciès 3).

Il pourrait donc être intéressant de considérer les formes biologiques lors des inventaires. Le fait d'individualiser, dans chaque relevé, les hélophytes, les différents hydrophytes, les hémicryptophytes amphibies, permettrait de rendre la technique plus cohérente. Ceci reviendrait à aborder les complexes de végétation par strates, en fonction des formes biologiques. Tout cela implique une connaissance poussée de la végétation des mares et un protocole très lourd, difficilement compatible avec un suivi intensif, surtout lorsqu'un massif héberge plusieurs centaines de mares.

Identification et cartographie des habitats de la Directive 92/43/CEE présents dans la mare

La technique des relevés floristiques permet de caractériser des secteurs de végétation homogènes. Ceux-ci peuvent ensuite être rattachés, grâce à leur composition floristique, aux habitats décrits dans les Cahiers d'Habitats Tome 2 (spécifique littoral), Tome 3 (pour les formations aquatiques et amphibies non boisées) et Tome 1 (pour les boisements humides : stades terminaux de nos mares). Ces référentiels donnent les listes des plantes caractéristiques, des indications structurelles et stationnelles sur le milieu, qui permettent d'identifier chaque habitat, sans avoir recours systématiquement à l'identification des groupements phytosociologiques.

Après avoir identifié les polygones de la mare et établi leur correspondance avec les habitats, il est alors possible de dresser la carte des différents habitats.

Un récapitulatif et une description succincte des habitats, susceptibles d'être rencontrés dans les mares de la DT, est fourni dans la Partie 2 du guide (« Végétation, flore et habitats remarquables des mares »).

3 Inventaire et suivi des insectes aquatiques

Les techniques utilisées pour le suivi des invertébrés aquatiques sont nombreuses. Elles réclament une compétence et une expérience particulière de la part des personnes qui réalisent les inventaires. A noter également, qu'à l'exception des Odonates (pour lesquels il existe une méthodologie spécifique), la grande majorité des insectes aquatiques doivent être capturés et préparés pour en assurer l'identification : examen sous loupe binoculaire ou microscope, dissection des organes génitaux, détermination à l'aide d'ouvrages spécifiques (BERTRAND, 1954 ; DETHIER et HAENNI, 1986 ; GUIGNOT, 1947 ; POISSON, 1957 ; NILSSON, 1996, 1997 ; QUÉNEY P., 2004 ; TACHET *et al.*, 2003) et de collections de références.

Imagos aériens et terrestres

Récoltes à vue

Plusieurs espèces d'insectes mènent, au stade imaginal, une vie amphibie ou terrestre, en marge du plan d'eau, où ils fréquentent la végétation de la mare. D'autres préfèrent les rives fangeuses, vaseuses, légèrement exondées (Coléoptères de type *Elaphrus*, *Bembidion*, etc.). Ces individus peuvent être collectés à la main, pour les moins véloces, et placés dans des tubes de prélèvement type Eppendorf, selon la taille des spécimens.

Mais le plus souvent, un filet entomologique s'avère nécessaire, en particulier si l'échantillonnage porte sur des insectes très aériens (Odonates, Ephémères, etc.).

Captures au filet

Le matériel habituel est le filet « à papillons », muni d'une toile fine et très légère. Des modèles plus robustes, appelés « filets fauchoirs » sont adaptés à la récolte des insectes qui vivent parmi la végétation (parvo-roselières, magno-cariçaias, etc.).

Ces filets sont très efficaces pour la capture des insectes perchés sur une plante de taille moyenne ou haute, ainsi que pour les spécimens en vol. Par contre, leur utilisation devient inappropriée, dès que l'échantillonnage porte sur des invertébrés qui vivent au ras de l'eau, sur des plantes flottantes, ou encore sous l'eau, parmi les herbiers aquatiques, les débris végétaux, les vases organiques ou sur le fond.

Insectes aquatiques

Le filet troubleau constitue l'un des instruments de récolte les plus adaptés pour la capture des insectes de surface. Il est aussi très efficace pour prélever la faune immergée et benthique, que ce soit des larves ou des imagos. Néanmoins, cet outil est relativement destructeur pour le milieu, en particulier au niveau des hydrophytes enracinés, que le troubleau peut aisément arracher : une armature métallique encadre la poche de récolte (photo ci-dessous). Afin d'éviter de trop fortes altérations dans des milieux de petite taille et au sein des micro-habitats (type gouilles à sphaignes, par exemple), les prélèvements peuvent être opérés à l'aide de mini passoires (10 à 15 cm de diamètre), constituées d'un tamis à mailles très fines.



Mais d'autres méthodes permettent de réaliser les récoltes, sans détruire la végétation en place, ni troubler l'eau. Il s'agit de dispositifs de piégeage aquatique, qui sont de trois types :

- Les nasses ;
- Les pièges lumineux immergés ;
- Les substrats artificiels.

Nasses

Les nasses sont fabriquées avec du grillage plastique à mailles de 4 mm. Elles se composent d'un cylindre, muni sur la partie supérieure de flotteurs (tubes PVC), et de deux entonnoirs disposés aux extrémités du cylindre (photo ci-dessous). Les flotteurs relèvent le haut de la nasse, d'au moins deux centimètres au dessus de l'eau, ce qui permet la respiration des animaux capturés. Chaque entonnoir sert d'orifice d'entrée, et empêche les individus d'en ressortir. Le piège est appâté avec du poisson, de la viande crue ou du pâté en boîte. Ce système d'échantillonnage n'est pas commercialisé, à l'inverse des filets entomologiques. Néanmoins, des nasses vendues dans des magasins de pêche peuvent convenir, en y apportant quelques adaptations : pose de flotteurs, installation d'un grillage à maille plus fine, sur le corps de la nasse.



Les nasses sont adaptées à la récolte des Hémiptères (Naucores, Notonectes, Nèpes, Ranatres), des larves d'Odonates (Aeshnidae, Corduliidae et Libellulidae), et surtout des gros Coléoptères (Dytiscidae, Hydrophilidae), dont des espèces qu'il est parfois difficile de détecter autrement (*Colymbetes*, *Acilius*, *Dytiscus*, *Cybister*, *Hydrous*, etc.). Ces pièges sont à utiliser avec prudence, en fonction des réglementations sur les espèces protégées, mais aussi parce qu'ils peuvent

se révéler dangereux pour la faune présente (vertébrés/invertébrés). Il est donc indispensable qu'ils permettent aux animaux capturés de respirer à la surface de l'eau.

Ces pièges doivent être contrôlés et relevés journalièrement, afin de remettre rapidement en liberté les espèces non visées par l'échantillonnage. En effet, ce genre de dispositif permet aussi de capturer des amphibiens (surtout des tritons), des couleuvres et parfois des musaraignes aquatiques. De plus, la contention peut être fatale à certains individus, qui sont dévorés par les dytiques capturés eux aussi dans la nasse.

Utilisées sans appâts, ces mêmes nasses constituent un mode de récolte des amphibiens tout à fait intéressant, et non destructeur (lire les chapitres suivants n°4 et 5 concernant le suivi des amphibiens et reptiles).

Pièges lumineux aquatiques

Différents types de modèles de systèmes lumineux aquatiques existent et il serait trop long ici d'en apporter la description et les modalités d'utilisation. L'un d'entre eux a été décrit il y a quelques années mais doit faire l'objet de modifications pour répondre aux préoccupations actuelles (DOMMANGET, 1991). D'une manière générale, il s'agit de pièges attractifs aquatiques, qui utilisent une source lumineuse pour attirer les insectes dont le phototropisme est positif. La source lumineuse guide les insectes dans une sorte de nasse transparente dont la partie supérieure émerge afin de permettre la respiration aérienne des espèces concernées (Coléoptères, Hémiptères, etc.). Lors de son utilisation, il est indispensable de relever le système lumineux tôt le matin afin d'éviter trop de prédation et de permettre la remise en liberté des animaux non concernés par le suivi. De même, on relâchera rapidement sur place toutes les espèces reconnaissables *in situ*.



Piège lumineux soutenu par un portique, avant immersion



Piège lumineux adapté sur flotteurs



Détails du piège lumineux à flotteurs

Là aussi ces dispositifs restent expérimentaux, et aucune commercialisation n'est encore effective, malgré le très large spectre d'espèces aquatiques et benthiques qu'il est possible de capturer avec ces systèmes.

Substrats artificiels



Substrat artificiel immergé



Substrat artificiel dans le bac de récolte

Les substrats artificiels ont surtout été mis au point pour l'étude de la faune benthique rhéophile. Ils s'adaptent relativement bien aux milieux stagnants comme les mares. L'objectif est d'offrir un substrat artificiel d'une dimension prédéfinie à la faune aquatique, et de le laisser en place un laps de temps variable en fonction du protocole et du groupe d'espèces recherché. Il ne s'agit pas vraiment d'un piège puisque les individus qui utilisent le substrat peuvent le quitter librement. Les modèles et leurs variantes sont assez nombreux. Ces dispositifs peuvent être constitués, par exemple, de pierres et de ficelles dont les différents brins auront été préalablement démêlés afin de fournir des « niches écologiques » à la faune présente. Ces systèmes permettent d'échantillonner différents ordres d'insectes aquatiques comme par exemple les Trichoptères. De nombreux autres dispositifs existent en fonction des caractéristiques physiques des milieux étudiés, des objectifs des recherches et des moyens disponibles (filets Surber, Waters ; drague de Usinger et Needham ; cages et pièges d'émergences ; benne à main de Macan ; Bennes de Petersen, de van Veen, échantillonneur de Allen, etc.). Voir COLAS, 1962 ; LAMOTTE et BOURLIÈRE, 1971.

Récoltes des échantillons

Quelque soit le dispositif employé, le matériel de prélèvement doit être complété, pour le tri des récoltes, par un grand bac en plastique blanc, dans lequel est vidé le contenu du filet troubleau, des pièges ou des substrats artificiels. Une ou plusieurs pinces souples permettent de prélever les larves et les imagos enfouis dans les débris végétaux, dont ils s'extraient peu à peu : d'où l'utilité



Prélèvement de coléoptères aquatiques dans la litière organique de la rive d'une mare

d'un bac. Quant à la couleur blanche, elle est vivement recommandée pour une meilleure perception des spécimens, surtout lorsqu'ils ne mesurent que quelques millimètres. Certains insectes ne sortent qu'au bout de plusieurs minutes (parfois bien davantage) et il est donc utile de remuer les débris afin de favoriser leur découverte.

Ensuite, il est important de conserver les spécimens dans des conditions satisfaisantes afin qu'ils puissent être identifiés ou transmis à un spécialiste. Un étiquetage précis (localité, date, etc.) doit suivre chacun des exemplaires prélevés.

A noter à ce propos qu'un spécialiste n'acceptera d'identifier que des échantillons parfaitement conservés et étiquetés. Il est important de s'assurer au préalable avec ce dernier de son intérêt pour identifier le matériel biologique qui sera échantillonné et des modalités de conservation des spécimens (à sec sur couche, congelés, préparés, en alcool).

En fonction de l'ordre et de l'état, les règles sont très variées sur le plan de la conservation « immédiate » et du transport du spécimen après sa capture.

La gestion et l'identification des échantillons récoltés se heurtent à un problème de compétences des personnels, en matière de reconnaissance des invertébrés aquatiques en général. Cependant, des sessions de formation concernant les Odonates sont dispensées depuis 10 ans, via le Campus ONF. Ces stages permettent, à condition d'une pratique régulière, de pouvoir réaliser des échantillonnages odonatologiques, dont la mise en œuvre est beaucoup plus accessible.

Méthodologie odonatologique

Pourquoi suivre les Odonates ?

En tant que prédateurs, souvent opportunistes, les Odonates occupent une position trophique élevée. Leur développement larvaire, qui dure de 2 mois à 2-3 ans pour les espèces des mares, est conditionné par la qualité de la capacité d'accueil du plan d'eau, c'est-à-dire la ressource alimentaire (diversité/abondance en proies) et la structure du milieu (micro-habitats, profondeurs, ensoleillement, acidité de l'eau, etc.). Le faible nombre de taxons métropolitains, la taille plutôt grande de ces insectes, la relative facilité d'observation et de capture, la diversité d'ouvrages spécifiques d'identification en langue française et la connaissance assez fine de leur biologie, en font de bons outils de suivi. Mais attention, les Odonates ne sont pas

des bio-indicateurs et ils ne caractérisent pas de façon systématique l'intérêt écologique d'une mare. C'est en particulier le cas des mares très boisées, où la diversité odonatologique extrêmement faible n'est pas indicatrice d'un milieu pauvre, non patrimonial. C'est juste la preuve d'habitats trop fermés pour héberger des libellules.

Reconnaissance des espèces

Avec un peu d'expérience et sur la base d'une formation adéquate, les imagos sexuellement matures peuvent être identifiés *in situ* (environ 80 % des mâles). Quelques taxons, aux variations intraspécifiques importantes, de même que les femelles en général, restent plus difficiles à reconnaître et obligent souvent à un examen minutieux des caractères morphologiques (appendices anaux, pièces copulatrices, face supérieure du prothorax, etc.), sur le terrain, à l'aide d'une loupe aplanétique de 10 à 20 x, ou parfois au bureau à la loupe binoculaire. Les jumelles à mise au point à faible distance sont un bon outil pour observer les comportements des imagos. Mais une identification par ce moyen requiert la plus grande rigueur et doit être réservée aux odonatologues avertis. L'observation par cette technique, d'une espèce patrimoniale, doit toujours être confirmée par une capture (temporaire), pour une identification rigoureuse.

En ce qui concerne les exuvies et les larves, le prélèvement s'impose dans de nombreux cas, car leur détermination réclame un diagnostic précis, à l'aide de matériel optique et de documents scientifiques adéquats. A ce sujet, il faut noter l'intérêt de l'exuvie du fait que son prélèvement n'affecte aucunement les populations et que sa présence indique un développement complet de l'espèce dans le milieu. Les ouvrages permettant l'identification des Odonates, imagos, larves ou exuvies, sont maintenant nombreux. Un nouvel ouvrage concernant la France a été publié en 2007 (Grand et Boudot, 2007).

La photographie constitue une technique complémentaire pour fixer les couleurs, les comportements ou les attitudes ; elle peut permettre en outre la validation de l'identification de nombreux spécimens, lorsqu'ils n'ont pas été conservés en collection de référence. Mais les photographies ne constituent pas forcément des documents d'identification fiables à 100 % (en particulier pour les femelles). D'ailleurs, nombre de guides sur les Odonates complètent les photographies par des croquis de détails anatomiques (appendices anaux, etc.).

Inventaires et suivis odonatologiques

Pour obtenir une bonne vision de la faune odonotologique d'une mare, pour appréhender la capacité de productivité odonotologique de l'habitat (de nombreuses études montrent aujourd'hui que les données issues uniquement d'observations d'imagos ne sont pas toujours pertinentes), et pour pallier aux difficultés d'échantillonnage des adultes (météorologie défavorable, variations d'effectifs), il est nécessaire de s'assurer du caractère autochtone de chaque espèce présentes et de la stabilité de leurs populations dans le milieu étudié.

L'autochtonie est prouvée quand :

- Pour les Zygoptères : présence de populations (et non pas d'un individu isolé) et de comportements de reproduction : accouplements, pontes et émergences (individus fraîchement éclos).
- Pour les Anisoptères : une preuve de développement larvaire : présence de larves, d'exuvies, observations d'émergences.

En outre, il faut compter en général trois années d'échantillonnages pour obtenir une bonne idée de la diversité et de la dynamique des populations odonotologiques d'une mare.

Un examen préalable de la mare détermine la méthodologie à mettre en place en fonction des caractéristiques du milieu (structure des berges favorables à la mise en place d'un échantillonnage d'exuvies ; micro-habitats présents), de son environnement (zones ouvertes) et des autres habitats aquatiques proches qui pourraient interférer sur la faune présente. En fonction des moyens humains et financiers disponibles, des compétences présentes, il faut établir les possibilités réalistes d'études qui concerneront un ou plusieurs des points suivants :

• Relevés des imagos au niveau de la mare

Identification à vue à l'aide d'une paire de jumelle ou par capture au filet entomologique (en fonction des difficultés de reconnaissance et de l'expérience de l'odonotologue) des individus adultes et, si nécessaire et avec précaution, des immatures et des individus fraîchement éclos (reconnaissance, estimation des effectifs, comportements observés, contrôle des toiles d'araignées, etc.) sur l'ensemble de la mare (pas de placette d'observation pour ces habitats aquatiques de taille réduite). Ne pas

oublier de contrôler les toiles d'araignées. Ce premier point est indispensable à réaliser dans tous les cas de figure.

Outils nécessaires : guide d'identification de terrain, filet entomologique, loupe aplanétique, jumelles à mise au point rapprochée, appareil photo, papillotes (pour les personnes qui désirent conserver les spécimens douteux et les faire valider par des spécialistes et pour celles qui transmettent un échantillon des individus présents à un spécialiste). **Travaux de référence** : DIJKSTRA et LEWINGTON, 2006 ; GRAND et BOUDOT, 2007 ; WENDLER & NUSS, 1994.

• Recherche des pontes de *Chalcolestes viridis*

Les pontes de ce Lestidae sont systématiquement recherchées sur les branches des ligneux surplombant l'eau (contrôle visuel).

• Recherche des imagos dans les secteurs terrestres

Recherche des imagos dans les secteurs terrestres de maturation sexuelle, zones d'alimentation, les dortoirs et abris, etc., situés à proximité du milieu étudié. Les outils nécessaires et les ouvrages sont identiques au relevé des imagos de la mare. Attention : l'information obtenue devra être bien réfléchie car les espèces observées ne proviendront pas forcément de la mare étudiée (individus provenant d'autres sites de développement larvaire).

• Échantillonnage ou récolte des exuvies d'Anisoptères

Si la structure des berges le permet (végétation non exubérante, parties dénudées, structures permettant une récolte rapide et efficace, zones favorables à l'émergence de nombreux individus, zones abritées maintenant les exuvies en place), en fonction d'une ou deux placettes prédéterminées la première année d'étude, un échantillonnage d'exuvies sera réalisé périodiquement à l'aide de deux récolteurs aux périodes favorables. Si l'échantillonnage proprement dit n'est pas possible ou rentable (durée de récolte trop longue), la récolte à vue (sans échantillonnage régulier et localisé par placettes) des exuvies d'Anisoptères observées lors des relevés d'imagos est très utile. Si le récolteur n'est pas en mesure d'identifier les exuvies, il pourra les transmettre à une personne compétente qui en assurera l'identification.

Outils nécessaires et méthode : Les exuvies sont récoltées à l'aide d'une pince souple puis placées dans une boîte en polyéthylène rigide qui sera rapidement, à la fin du prélèvement, placée durant 24 heures dans un congélateur (élimination des araignées logées dans les exuvies afin d'éviter le tissage de soie sur l'ensemble des exuvies récoltées).

Travaux de références : FRANKE, 1979 ; HEIDEMANN & SEIDENBUSCH, 2002 ; GERKEN & STERNBERG, 1999 ; THEISCHINGER & FLECK, 2003.

• Échantillonnage ou récolte des larves

Afin de compléter les informations issues des points précédents ou bien dans le cadre d'études particulières (suivi d'une espèce patrimoniale), le prélèvement des larves peut se révéler utile ou indispensable. Dans les mares de taille réduite, les zones de récoltes doivent être adaptées au site étudié et limitées dans l'espace et dans le temps, afin de ne pas trop perturber la faune et la flore aquatique présente.

Outils nécessaires et méthode : La méthode traditionnelle consiste à utiliser le filet troubleau (type GBnetsPro. ouverture rectangulaire, vide de maille de 300 microns) ou ses dérivés, adaptés en général pour l'intervention dans des micro-habitats (taille plus réduite de l'ouverture jusqu'à celle

d'une passoire à riz). Des échantillonnages peuvent être également réalisés à l'aide des substrats artificiels (très utiles pour les larves Zygoptères), des nasses (utiles pour les Aeshnidae), etc. Cependant, l'utilisation de tels dispositifs réclame beaucoup de temps (mise en place d'un protocole particulier, relevés journaliers), ou sont d'utilisation délicate voire à proscrire dans certains cas. Des flacons en plastique d'un litre, des pinces souples, un bac de tri compléteront le matériel nécessaire sur le terrain. En dehors de quelques espèces aisément reconnaissables *in situ* ou identifiables en laboratoire, les larves peuvent être mises en élevage, dans des dispositifs appropriés permettant aux insectes de terminer leur développement larvaire et d'effectuer leur émergence dans de bonnes conditions. Une fois identifiés, ces derniers sont remis en liberté dans le site d'origine ou à proximité immédiate. Les larves sont transportées dans les bidons d'un litre ; elles sont placées dans des plantes aquatiques humides (ne pas mettre trop d'eau ; 5 mm d'eau au fond du bidon suffisent amplement. Ne jamais placer les bidons de transport en plein soleil ou dans des endroits chauds. S'il n'est pas possible d'élever les larves, celles-ci seront tuées par congélation (24 heures), puis conservées en alcool à 70° (renouveler toujours l'alcool au bout de 24 heures).

Travaux de référence : identiques au point précédent.

Le tableau ci-dessous résume la manière dont les différents contrôles peuvent être réalisés sur la mare, selon le type d'habitat (aquatique ou terrestre), l'état étudié (imago, exuvies, larves), les horaires et les conditions climatiques.

Types d'habitats Etats à observer	Nombre de relevés/par an		Période mois	Horaires d'observation ou de récoltes Conditions particulières
	Inventaire	Suivi		
Durée minimale	3 ans			Années consécutives
Mare				Habitat larvaire
Imagos	1	1	V	10h30-15h30 - Temps ensoleillé, vent faible, températures : > 18°C. <30°C (sous abri).
	4	2	VI-VII	
	3	1	VIII-X	
Exuvies/Emergences	4	2	V-VII	Temps non pluvieux.
Larves	1 ou 2 (facultatif)	0	I - XII	Temps non pluvieux, hors gelées.
Environnement				Habitats terrestres
Imagos	4	2	VI-VII	Zones d'alimentation, d'abri, de repos, espèces crépusculaires, etc. 10h30 jusqu'à la tombée de la nuit Temps ensoleillé, vent faible, températures : > 18°C. <30°C
	1	1	et IX	

L'estimation des effectifs d'imagos est réalisée sur le milieu de développement larvaire (probable), soit sur la totalité de l'habitat (mare entière). Malgré tout, il est important de visiter également l'ensemble des biotopes aquatiques et terrestres qui composent le site d'étude ; certaines espèces ne font que de brèves apparitions ou bien se tiennent uniquement dans un secteur particulier.

On peut noter le nombre absolu d'individus observés dans le cas d'espèces remarquables. Mais une indication en classe d'abondance suffit généralement.

Classes	Estimation :
I	1 individu
II	de 2 à 10 individus
III	de 11 à 50 individus
IV	de 51 à 100 individus
V	plus de 100 individus

Classes des effectifs d'imagos d'Odonates

Il est nécessaire de prendre en compte les hydrophytes et les héliophytes, en raison de leur importance pour la diversité entomologique. Il ne s'agit pas d'établir un inventaire botanique précis du milieu, mais de noter la physionomie et la structure générale de la végétation : ceinture de joncs et de carex, herbiers de cératophylles, faciès de végétation à feuilles flottantes, etc. Si la mare est très hétérogène, il est conseillé d'individualiser les relevés odonatologiques, en fonction des principaux faciès en place : un relevé dans les ceintures basses ou peu élevées d'héliophytes, un relevé pour les Odonates présents au-dessus des herbiers aquatiques, etc.

Autres éléments à prendre en compte dans le protocole d'échantillonnage

Pour une mare isolée de tout autre habitat aquatique, les résultats de l'observation des adultes et de leurs comportements apportent des informations assez fiables, si l'échantillonnage est réalisé sur une durée suffisante. Lorsque les milieux aquatiques sont nombreux (semis dense de mares), ou très diversifiés (mare à sphaignes avec présence d'eau libre, de gouilles, de suintements), le problème est tout autre. Le suivi pluriannuel des imagos donne une bonne vision d'ensemble des populations présentes, mais il est difficile de toutes les associer aux habitats et aux micro-habitats de développement larvaire présents.

Le formulaire de terrain mis au point dans le cadre de l'Inventaire cartographique des Odonates de France (Dommanget, 2002) est vivement recommandé, pour consigner les données d'inventaire.

N° formulaire	Société française d'odonatologie, www.libellules.org	Réservé										
Formulaire d'observation des Odonates de France												
I.- Informations à compléter obligatoirement												
Observateur(s) : Code : [][][][] Date : [][]/[][]/[][][][]												
Code INSEE : [][][][][] Commune : Altitude : [][][][] mètres												
Précisions sur la localisation :												
Coordonnées (g/P ou d/G ↓) : Longitude Latitude												
<input type="checkbox"/> grades/Paris : E <input type="checkbox"/> ou W <input type="checkbox"/> [][][][] , [][][][] N [][][][] , [][][][] Précision : ② ③ ④												
<input type="checkbox"/> degrés/Greenwich : E <input type="checkbox"/> ou W <input type="checkbox"/> [][]° [][][]' [][][]" N [][][]° [][][]' [][][]" GPS : <input type="checkbox"/> Log. carto. <input type="checkbox"/>												
Description sommaire de l'habitat : Code : [][]												
Diffusion des données : a) standard : <input type="checkbox"/> ou b) restreinte : <input type="checkbox"/> (Voir formulaire d'inscription et protocole INVOD)												
II.- Informations complémentaires												
Secteur prospecté : lentique : - micro-habitat : <input type="checkbox"/> - moins d'un hectare : <input type="checkbox"/> - de 1 à 5 ha : <input type="checkbox"/> - de 6 à 10 ha : <input type="checkbox"/> - plus de 10 ha : <input type="checkbox"/>												
lotique : - 100 mètres linéaire : <input type="checkbox"/> - 500 mètres : <input type="checkbox"/> - 1 km : <input type="checkbox"/> (Plus de 1 km : utilisez un autre formulaire)												
Contrôle terrain : heure d'arrivée :h.....- heure de départ :h.....- durée du contrôle :h..... (heures légales)												
Températures (à l'ombre) :°C àh..... Vent : - nul : <input type="checkbox"/> - faible : <input type="checkbox"/> - soutenu : <input type="checkbox"/> - fort/rafales : <input type="checkbox"/>												
Etat du ciel : - Dégagé : <input type="checkbox"/> - Nuageux : <input type="checkbox"/> - Très nuageux : <input type="checkbox"/> - Couvert : <input type="checkbox"/> - Averses : <input type="checkbox"/> - Temps orageux : <input type="checkbox"/>												
III. - Liste des principales espèces (2), effectifs (3 à 5), stades et comportements (6 à 15) observés												
Prés 1	Liste codes et taxons 2	♂♀ ♂ ♀	La 6	Ex 7	E 8	Im 9	Ad 10	Te 11	Ac 12	Po 13	Pr 14	Au 15
	<i>Zygoptères</i>											
	AC20 <i>C. haemorrhoidalis</i>											
	AC21 <i>C. h. haemorrhoidalis</i>											
	AC22 <i>C. h. occasi</i>											
	AC40 <i>C. splendens</i>											
	AC41 <i>C. s. splendens</i>											
	AC50 <i>C. xanthostoma</i>											
	AC60 <i>C. virgo</i>											
	AC61 <i>C. v. virgo</i>											
	AC64 <i>C. v. meridionalis</i>											
	CB20 <i>C. viridis</i>											
	CB22 <i>C. v. viridis</i>											
	CB25 <i>C. v. parvidens</i>											
	CD10 <i>L. barbarus</i>											
	CD20 <i>L. dryas</i> *											
	CD40 <i>L. macrostigma</i>											
	CD50 <i>L. sponsa</i>											
	CD70 <i>L. virens</i>											
	CD71 <i>L. v. virens</i>											
	CD74 <i>L. v. vestalis</i>											
	CF20 <i>S. fusca</i>											
	EC20 <i>P. acutipennis</i>											
	EC40 <i>P. latipes</i>											
	EC60 <i>P. pennipes</i>											
	GE30 <i>C. tenellum</i>											
	GG15 <i>C. hastulatum</i> *											
	GG25 <i>C. mercuriale</i> *											
	GG35 <i>C. puella</i>											
	GG40 <i>C. pulchellum</i>											
	GG45 <i>C. scitulum</i> *											
	GI30 <i>E. cyathigerum</i>											
	GC30 <i>E. lindenii</i>											
	GK30 <i>E. najas</i>											
	GK50 <i>E. viridulum</i>											
	GM30 <i>I. elegans</i>											
	GM70 <i>I. pumilio</i> *											
	GR30 <i>P. nymphula</i>											

Prés	Liste codes et taxons		♂♀	♂	♀	La	Ex	E	Im	Ad	Te	Ac	Po	Pr	Au
	Anisoptères														
	JC10	<i>A. affinis</i>													
	JC30	<i>A. cyanea</i>													
	JC40	<i>A. grandis</i> *													
	JC50	<i>A. isoceles</i>													
	JC51	<i>A. i. isoceles</i>													
	JC60	<i>A. juncea</i>													
	JC70	<i>A. mixta</i>													
	JE30	<i>A. imperator</i>													
	JE60	<i>A. parthenope</i>													
	JG30	<i>B. irene</i> *													
	JB30	<i>B. pratense</i>													
	JK30	<i>H. ephippiger</i>													
	LC20	<i>G. flavipes</i> *													
	LC30	<i>G. graslinii</i> *													
	LC50	<i>G. pulchellus</i>													
	LC70	<i>G. simillimus</i>													
	LC90	<i>G. vulgatissimus</i>													
	LE20	<i>O. forcipatus</i>													
	LE21	<i>O. f. forcipatus</i>													
	LE24	<i>O. f. unguiculatus</i>													
	LE30	<i>O. uncatus</i>													
	LG30	<i>O. cecilia</i> *													
	NC30	<i>C. bidentata</i>													
	NC60	<i>C. boltonii</i> *													
	NC61	<i>C. b. boltonii</i> *													
	NC64	<i>C. b. immaculifrons</i>													
	PC30	<i>M. splendens</i> *													
	RC30	<i>C. aenea</i>													
	RE30	<i>E. bimaculata</i> *													
	RG30	<i>O. curtisii</i> *													
	RI20	<i>S. alpestris</i>													
	RI30	<i>S. arctica</i>													
	RH40	<i>S. flavomaculata</i>													
	RI50	<i>S. metallica</i>													
	RI51	<i>S. m. metallica</i>													
	RI54	<i>S. m. meridionalis</i>													
	TC30	<i>C. erythraea</i>													
	TE10	<i>L. albifrons</i> *													
	TE30	<i>L. caudalis</i> *													
	TE50	<i>L. dubia</i>													
	TE70	<i>L. pectoralis</i> *													
	TG20	<i>L. depressa</i>													
	TG50	<i>L. fulva</i>													
	TG70	<i>L. quadrimaculata</i>													
	TI10	<i>O. albistylum</i>													
	TI20	<i>O. brunneum</i>													
	TI30	<i>O. cancellatum</i>													
	TI50	<i>O. coerulescens</i>													
	TI51	<i>O. c. coerulescens</i>													
	TI53	<i>O. c. anceps</i>													
	TM05	<i>S. danae</i> *													
	TM10	<i>S. depressusculum</i>													
	TM15	<i>S. flaveolum</i> *													
	TM20	<i>S. fonscolombii</i>													
	TM25	<i>S. meridionale</i>													
	TM30	<i>S. pedemontanum</i>													
	TM35	<i>S. sanguineum</i>													
	TM50	<i>S. striolatum</i>													
	TM60	<i>S. vulgatum</i>													
	TR30	<i>T. annulata</i>													

Observations :

Les observations particulières sont à reporter sur feuille séparée. **Légende** : protégé national : * - protégé région Ile-de-France : *. Pour toute autre explication et pour la méthodologie à adopter se reporter au protocole INVOD 2002 édité par la Sfo.

Recommandations importantes : - N'inscrire que des identifications rigoureusement certaines.

- Avant de quitter le milieu étudié, vérifier scrupuleusement la bonne correspondance de vos observations (erreurs ligne ou colonne).

4 L'échantillonnage et le suivi des amphibiens

Ce groupe, composé sur notre territoire d'espèces relativement aisées à identifier au stade adulte, peu nombreuses et de taille assez grosse (de 4 à 21 cm pour les 18 taxons qui nous concernent), n'est pas pour autant facile à inventorier.

La discrétion des Urodèles, la faible portée du chant de certains Anoures (Sonneur), ou encore les mœurs essentiellement nocturnes de quelques espèces (Alytes) font que le suivi devra combiner différentes méthodes d'échantillonnage, afin de détecter le maximum d'espèces qui fréquentent la mare.

Inventaires préalables et suivis impliquent d'utiliser des techniques similaires, permettant d'établir des comparaisons dans le temps. Les informations recueillies au cours des échantillonnages doivent permettre de visualiser l'évolution du peuplement d'amphibiens (ou de populations d'espèces à forts enjeux de conservation) au sein de la mare, et le cas échéant, de proposer des orientations de gestion.

Principalement utilisée comme frayère et comme site de développement larvaire, la mare sera prospectée au moment de la reproduction des batraciens.

Un suivi pour quoi faire ?

Suivre les amphibiens permet de porter un diagnostic global sur l'intérêt écologique d'une mare. Plus le peuplement batrachologique est diversifié et plus la mare est potentiellement riche en terme de biotopes (végétation aquatique et amphibie) et de proies (invertébrés aquatiques).

Le suivi permet aussi de faire le point sur la présence d'espèces patrimoniales et bien évidemment d'évaluer la pertinence des orientations de gestion retenues pour la mare, ou pour l'archipel de mares auquel elle appartient.

Evaluer les potentialités en amphibiens d'un massif

Dans les forêts pour lesquelles les données d'amphibiens sont inexistantes, quelques sorties nocturnes par temps pluvieux et doux, en fin d'hiver puis au printemps, permettent d'observer les amphibiens qui se déplacent vers leurs sites de reproduction. Cheminer de nuit par temps humide sur les routes forestières, permet de dresser une première liste des amphibiens présents

dans le massif. C'est aussi l'occasion de détecter certaines frayères, grâce aux chants qui pourront être entendus lors de ces sorties.

Echantillonner et suivre les amphibiens d'une mare

Diverses méthodes ont été mises au point pour échantillonner et suivre les amphibiens. Ces techniques appartiennent à deux logiques distinctes :

- **l'inventaire qualitatif et quantitatif des espèces**, c'est à dire la liste des batraciens qui occupent une mare et leur abondance relative ;
- **l'étude de la répartition des populations** : comment les espèces utilisent un archipel de mares, quel est leur pouvoir de dispersion, jusqu'à quelle distance se déplacent elles pour coloniser un site ou hiverner, etc. Ces recherches scientifiques seraient à développer dans nos forêts et pourraient notamment contribuer à une meilleure connaissance du fonctionnement des réseaux de mares, dont nous sommes gestionnaires.

Techniques d'inventaire et de suivi

Selon les espèces, les modalités d'échantillonnages varient : captures, observation au phare, écoute des chants.

La capture des amphibiens

Deux techniques sont principalement utilisées pour capturer les amphibiens dans une mare : l'épuisette et la nasse.

La capture à l'épuisette est le moyen le plus couramment employé, car facile à mettre en œuvre. Il convient d'opérer par des mouvements assez amples et lents, qui permettent de brasser l'eau. Un faible courant est ainsi créé, qui extirpe les amphibiens du fond ou des herbiers. L'épuisette permet de capturer surtout les Urodèles et, dans une moindre mesure, les Anoures. Il convient de placer provisoirement les individus capturés dans des seaux ou des bacs, de façon à estimer les effectifs, en fin de séance de capture. Attention certains tritons supportent assez mal la contention : prévoir de grands bacs et libérer rapidement les animaux retenus.

La capture des amphibiens

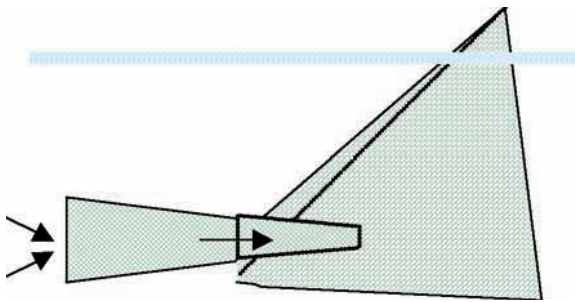
La capture des amphibiens est soumise à l'autorisation du Préfet du Département. Les agents assermentés doivent eux aussi en faire la demande auprès de la préfecture.

L'épuisette est un outil relativement destructeur, en particulier lorsqu'elle est plongée dans les prairies aquatiques, où l'opération d'échantillonnage des batraciens peut rapidement tourner au fauchage de frayères...

Pour cette raison, la pose de pièges paraît plus indiquée pour les mares riches en hydrophytes et en petits héliophytes. Il existe deux grands types : les nasses flottantes, disposées à la surface de la mare, une partie restant à l'air libre ; les pièges-entonnoirs, dont la base repose sur le fond de la mare, une colonne permettant la remontée des amphibiens vers la surface.



Nasse implantée dans un herbier de Potamogeton natans



Croquis d'un piège-entonnoir, vu de profil

Les nasses ont surtout été utilisées pour l'étude des grands tritons, en particulier sur les populations de Triton crêté en Belgique, Allemagne et Pays-Bas. Des systèmes similaires ont vu le jour pour la capture des coléoptères aquatiques, dans les étangs de la Brenne, le piège étant alors appâté par un morceau de viande.

Les nasses sont peu sélectives et prennent parfois des couleuvres. Ceci dit, la majorité des captures dans des pièges non amorcés concernent des Urodèles.

Cette méthode est particulièrement recommandée pour l'échantillonnage des tritons, au sein de mares très envahies de végétation. Les nasses doivent être relevées impérativement toutes les 24 à 48 heures, afin d'éviter la mortalité des individus capturés : certains tritons peuvent être dévorés par des dytiques. L'idéal est d'implanter 2 à 4 nasses par mare échantillonnée, selon la taille des milieux. Bien entendu, l'efficacité des nasses est fonction de la structure et de la taille de la mare.



Les nasses sont retenues par une cordelette reliée à un piquet

Les nasses sont fabriquées à partir de grillage à petites mailles. Des tubes hermétiques en plastique font office de flotteurs. Des nasses vendues dans des magasins de pêche peuvent être employées pour la capture des amphibiens, à conditions d'adapter un treillage fin.

L'observation au phare

La prospection à vue des amphibiens, durant la journée, est tout à fait possible et permet d'observer les grenouilles agiles, rousses ou « vertes » ainsi que les crapauds communs à l'eau ou sur les berges.

Menées de nuit, au moyen d'une lampe à faisceau fin ou d'un phare, les observations rapportées sont souvent riches d'informations. Particulièrement adapté aux Urodèles, ce procédé permet de voir vivre la mare et ses habitants, libres de leurs mouvements : observation des comportements (parades, accouplements), mais aussi des larves et des invertébrés. Il donne un bon aperçu de la diversité faunistique du plan d'eau. C'est souvent grâce à cette méthode que le gestionnaire peut mettre en évidence, sans perturber le milieu, la présence d'espèces discrètes telles que les tritons marbrés et crêtés.

Cette technique de l'inventaire au phare est surtout adaptée aux mares à eau limpide. Une visite préalable dans la journée permet d'écarter de la sortie nocturne les mares perturbées par le passage de grands animaux (cervidés, sangliers) dont

l'eau est troublée par les matières en suspension, celles trop envahies de végétation aquatique ou d'algues filamenteuses (le phare devient moins efficace, d'où l'utilité des nasses et des pièges-entonnoirs).

Principales méthodes d'échantillonnages des amphibiens d'une mare en période de reproduction

Espèces	Méthodes d'échantillonnage						
	Epuisette	Nasse	Phare*	Chant	A vue, diurne	Larves / pontes**	Biotopes terrestres riverains
Salamandre tachetée	++ (larves)	-	++ (larves)	-	++ (larves)	++ (facile)	+
Triton alpestre	++	++	++	-	+	difficile	++
Triton crêté	+	++	++	-	-	difficile	+
Triton marbré	+	++	++	-	-	difficile	++
Triton ponctué	+	+	+	-	-	difficile	+
Triton palmé	++	++	++	-	++	difficile	++
Sonneur à v. j.	-	-	-	++	++	++	+
Alyte accoucheur	-	-	+	++	-	difficile	++
Pélodyte ponctué	-	-	+ ?	++	++ ?	++	+ ?
Crapaud commun	-	-	++	++	++	++	++
Crapaud calamite	-	-	+	++	-	++	++
Rainette arboricole	-	-	+	++	+	++	++ (pour les juvéniles)
Grenouille agile	++	+	+	++ ?	+	+	+
Grenouille rousse	++	+	+	++	+	+	+
Grenouille des champs	+ ?	?	+	++	+ ?	difficile	?
Grenouille verte	+	-	+	difficile	++	difficile	-
Grenouilles rieuses	+	-	+	difficile	++	difficile	-
Grenouille de Lessona	+	-	+	difficile	++	difficile	-

Légende :

++ efficace : principale méthode de détection de l'espèce ;
 + aléatoire : méthode qui permet de détecter l'espèce avec plus ou moins de réussite ;
 - inadapté : méthode qui ne permet pas d'observer l'espèce, ou uniquement de façon exceptionnelle.

** L'identification des larves et des pontes est souvent difficile pour l'observateur peu initié. Néanmoins, la Salamandre, le Sonneur à ventre jaune, le Pélodyte ponctué, Le Crapaud commun, le Crapaud calamite et la Rainette arboricole présentent des pontes et/ou des larves qui peuvent être différenciées assez aisément sur le terrain, avec un peu d'expérience.

* la réussite des observations au phare ou à la lampe est conditionnée par la clarté de l'eau et la taille des herbiers aquatiques. Le phare est efficace dans les faciès d'eau libre peu profonds, mais devient inefficace dans les eaux turbides ou dans les prairies aquatiques denses qui offrent une multitude de caches, où s'enfouissent les tritons en particulier.

Combiner les techniques d'observation et répéter les sorties sur le terrain

On retiendra que pour répertorier le peuplement d'amphibiens d'une mare, il convient de combiner des observations au phare et une écoute des chants. Deux à trois visites réparties au long de la période de reproduction sont nécessaires pour se donner une assez bonne idée de la diversité batrachologique d'une mare. Les captures par nasses permettent d'échantillonner simultanément un grand nombre de mares. Dans certains massifs, ce procédé a mis en évidence la présence de tritons qui n'avaient jamais été pris à l'épuisette, ni observés autrement. La prospection doit aussi tenir compte de l'environnement immédiat de la mare. En soulevant pierres, billons et branches mortes bien humides, il est possible d'observer des amphibiens qui n'ont pas été vus à l'eau.

Le matériel nécessaire est plutôt simple :

- lampe ou phare d'une autonomie d'au moins trois heures ;
- épuisette pour contrôler les individus mal identifiés à travers le faisceau lumineux.

Les mouvements de la lampe doivent être lents, au risque d'effaroucher les amphibiens, surtout les grands tritons. Lorsque l'on éclaire très progressivement, ils restent suffisamment longtemps en place pour être déterminés.

Le recensement au chant

Méthode adaptée uniquement aux Anoures, qui nécessite une bonne connaissance des signaux sonores émis par les amphibiens. Cette technique permet de recenser les espèces de petite taille, pas toujours facile à voir comme la rainette, mais dont le chant est puissant. C'est aussi un moyen d'identification sûr pour le groupe difficile des grenouilles « vertes ».

Compter les amphibiens

Appréhender la taille d'une population d'amphibiens est peu aisé. Si l'estimation des effectifs de quelques espèces peut être envisagée (comptage de pontes ou d'adultes pour les grenouilles agiles et rousses), pour la majorité cet exercice relève de l'exploit. D'ailleurs il fournit une idée minimaliste de la taille de la population plutôt qu'une estimation précise du nombre d'individus.

Il est donc préférable d'envisager des catégories d'abondance, c'est à dire une approche semi-quantitative. D'autre part, il est à noter que les fluctuations du nombre d'individus peuvent être très fortes d'une année à l'autre. Dans les massifs riches en mares, la répartition des amphibiens est globalement plus diffuse que dans les forêts où les mares sont peu nombreuses, ce qui signifie que les classes d'abondance peuvent aussi être modulées en fonction de la taille du semis de mare. C'est pourquoi ces classes d'abondance doivent être ajustées en fonction des massifs. Le tableau ci-dessous est indicatif.

Espèces	Niveaux de population observé dans la mare		
	Faible	Moyenne	Forte
Salamandre*	< 50 (larves)	50 à 100 (larves)	> 100 (larves)
Triton ponctué	< 5	5 à 10	> 10
Triton marbré, alpestre, crêté	< 5	5 à 20	> 20
Triton palmé	< 10	10 à 100	> 100
Crapaud commun	< 10	10 à 100	> 100
Crapaud calamite	< 10	10 à 50	> 50
Sonneur à ventre jaune	< 10	10 à 50	> 50
Alyte, Pélodyte	< 5	5 à 20	> 20
Rainette	< 5	5 à 50	> 50
Grenouille agile, G. rousse	< 5	5 à 50	> 50
« grenouilles vertes »	< 10	10 à 100	> 100

* seules les larves de Salamandre sont aquatiques et présentes dans la mare. Pour les autres espèces, les effectifs concernent les adultes observés.

Etudier l'organisation des populations d'amphibiens au sein d'un massif

En individualisant chaque amphibien, il est possible de le suivre dans le temps et dans l'espace. C'est la base des études qui visent à comprendre le fonctionnement des (méta)populations. Ces recherches permettent aux gestionnaires de mieux appréhender l'utilisation du milieu, qu'il soit terrestre ou aquatique.

Autrefois basées sur l'amputation de phalanges, ces techniques de suivi se sont modernisées. Aujourd'hui trois principales méthodes de suivi individuel sont utilisées par les chercheurs :

- suivi photographique ;
- implantation de transpondeur ;
- implantation d'émetteur.

Reconnaissance individuelle par photographies

Des trois méthodes citées, c'est la plus simple, la moins onéreuse et la moins risquée pour les amphibiens. Le principe repose sur la création d'une photothèque où figurent les différents individus capturés, leur identité, leur date et lieu de première capture, puis celles des reprises. Le mieux est de photographier la bête sur le terrain, en la tenant en main, en la plaçant dans un mini-aquarium ou derrière une vitre de plexiglass...

Certains chercheurs utilisent un scanner de terrain. Aujourd'hui les appareils photos numériques offrent de nombreux avantages (position macro, rendu immédiat de la photo, stockage aisé des clichés sur un CD-Rom...). Des biologistes anglo-saxons auraient même mis au point un logiciel de reconnaissance des taches pour le Triton crêté...

Avec l'habitude (et la coopération du batracien attrapé), le temps de manipulation est inférieur à 60 secondes. Il est cependant conseillé de capturer et de placer les différents individus dans un bac rempli d'eau (prévoir un couvercle), pendant la durée de l'échantillonnage (une à deux heures selon la taille de la mare). Ensuite, tous les individus sont photographiés puis relâchés à mesure. Ce principe évite de prendre en photo deux fois le même sujet. C'est aussi une bonne méthode pour estimer les effectifs de la population de la mare. Mais attention, la contention peut amener certains individus à s'intoxiquer, le stress les conduisant à sécréter du venin. Ceci reste très rare.



Femelle âgée de Triton marbré : les taches s'estompent

Les principales limites d'une telle méthode :

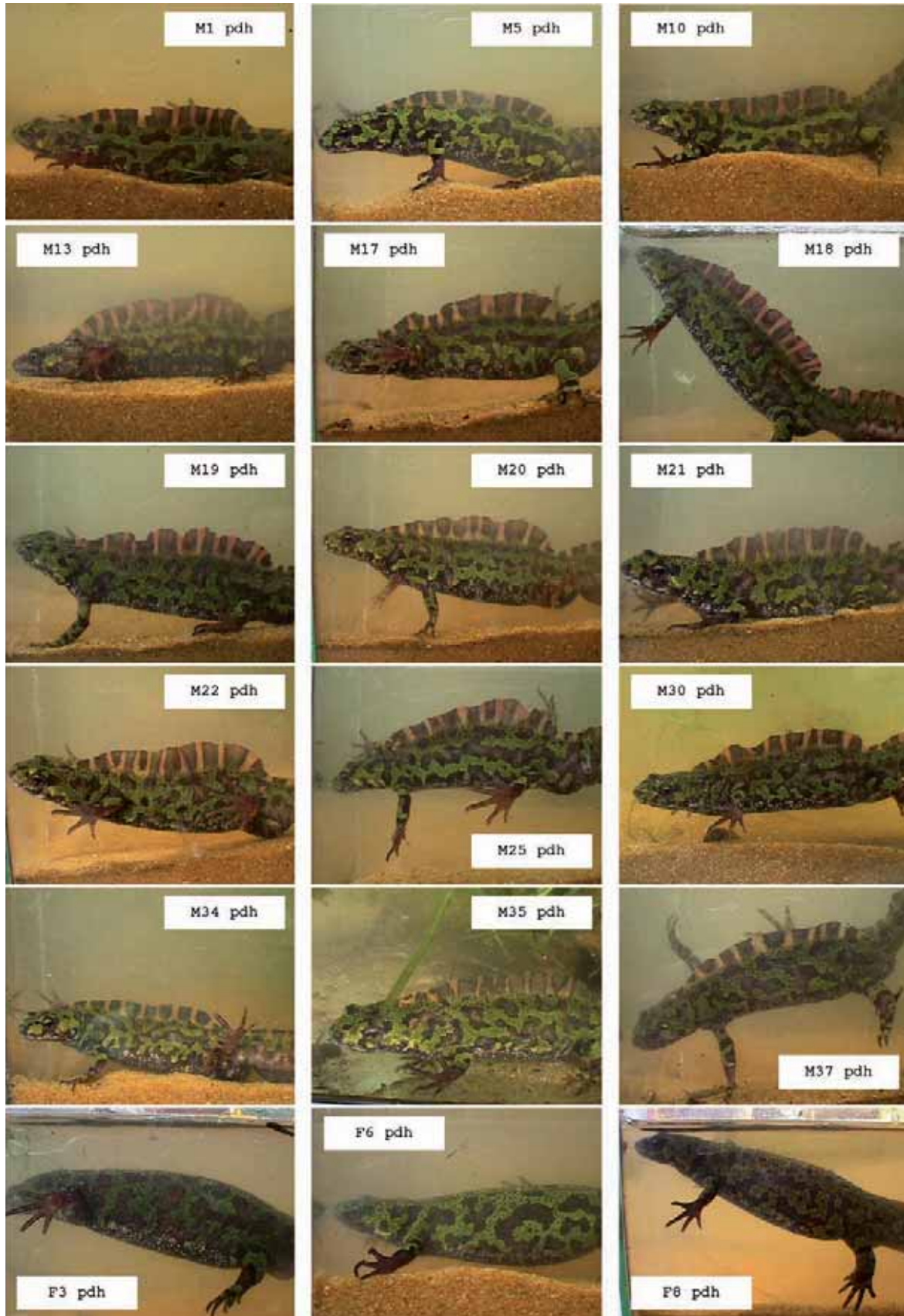
- la lisibilité des taches : chez les vieux individus, les marques s'estompent et la « lecture » devient difficile voire aléatoire. Un individu qui n'est pas repris plusieurs années de suite peut-être difficile à reconnaître. Dans des eaux tourbeuses, souvent noires, le tégument se fonce et les nuances peuvent être plus difficiles à déceler (en particulier chez les tritons marbrés). Un remède consiste à placer les individus 24 heures dans un petit bassin d'eau claire : la peau s'éclaircit et les contrastes réapparaissent. Enfin, chez les jeunes sujets de tritons crêtés, il semblerait que les taches ne se fixent pas avant quelques années (le temps de la maturité sexuelle ?) ;
- les conditions de photographie : prévoir un éclairage adéquat, la photo d'identité de l'individu devant être la plus précise possible. Eviter la contorsion des sujets, les marques étant alors déformées et source d'erreur. Favoriser au mieux une posture naturelle. Ne pas chercher à photographier forcément l'animal dans son ensemble ;
- pour les espèces dont on utilise les marques latérales (Pélodyte ponctué et Triton marbré) : penser à toujours photographier le même côté (les deux faces sont différentes) !



Les motifs ventraux se déforment selon la posture de cet individu. Un effort d'imagination est nécessaire pour s'apercevoir qu'il s'agit de la même femelle de Triton crêté.

Si plusieurs espèces d'amphibiens possèdent des marques naturelles différentes pour chaque individu (Salamandre, Triton alpestre, etc.), ce type de suivi est d'avantage destiné aux populations d'espèces sensibles ou menacées : Triton crêté, Triton marbré, Sonneur à ventre jaune et Pélodyte ponctué.

Reconnaissance individuelle par photographies des taches latérales de Tritons marbrés



Suivi individuel par transpondeur

Cette méthode consiste à suivre les individus d'une population, dans lesquels une puce électronique a été implantée, sous la peau. La reconnaissance est immédiate, la puce fournissant au récepteur une sorte de code barre. La puce « remplace » les marques individuelles, mais pas la recherche active de l'amphibien. En effet cette puce n'est pas un émetteur. La technique de capture-marquage-recapture (CMR) permet, à l'aide d'un logiciel, d'estimer une population et son évolution au fil des années : durée de vie des individus, taille des cohortes, etc. Ces informations sont recueillies grâce à la prise de données biométriques, relevées à l'occasion de chaque capture.



Pose d'un transpondeur en sous-cutané, permettant la reconnaissance individuelle de ce Pélobate cultripède



Prise de données biométriques sur un Sonneur à ventre jaune

L'analyse et l'interprétation des données de terrain nécessitent plusieurs années de suivi et notamment un grand nombre d'individus capturés. Un kit de 200 transpondeurs, une seringue d'injection et un lecteur de codes coûte environ 900 Euros.

Suivi télémétrique

Les progrès en matière de miniaturisation permettent aujourd'hui d'équiper les grands tritons de petits émetteurs. Ce matériel sert à suivre précisément les déplacements des individus. La pose est délicate et relève de la micro-chirurgie, chaque spécimen devant être anesthésié.

Le recours aux méthodes de suivi par transpondeur ou par télémétrie doit s'inscrire dans le cadre d'un programme scientifique sérieux, en partenariat avec des chercheurs reconnus

5 L'échantillonnage et le suivi des reptiles

L'inventaire des reptiles qui fréquentent une mare est délicat et demande une forte pression d'échantillonnage pour n'obtenir que quelques données.

Les observations sont à conduire principalement auprès des grandes mares, bien éclairées, riches en proies (amphibiens, invertébrés). La présence d'hélophytes de taille moyenne sur les berges, la proximité d'une prairie ou d'une lisière sont aussi des facteurs propices.

Les reptiles sont à rechercher parmi la végétation riveraine, parmi les piles de bois proches, ou nageant sur l'eau (cas des couleuvres).

Les nasses utilisées pour la recherche d'amphibiens permettent parfois de capturer des couleuvres. La pose de plaques-abris en caoutchouc, voire en tôle, à proximité de la mare peut aussi fournir des données ponctuelles.

Bibliographie

BERTRAND H., 1954. Les insectes aquatiques d'Europe (genres : Larves, Nymphes, Imagos). Encyclopédie entomologique, Paul Lechevalier Éditeur, Paris, tome 1 : 556 pp ; tome II : 451 pp.

BIORET F., GÉHU JM., GLÉMAREC M., BELLAN-SANTINI D., coord., 2004 - Habitats Côtiers. Collection Cahiers d'Habitats. Tome 2. La Documentation Française, ISBN : 2-11-005192-2 : 399p.

BOURNÉRIAS M., ARNAL G., BOCK C., 2001 – Guide des groupements végétaux de la région parisienne. Bassin parisien – Nord de la France, éditions Belin, ISBN : 2-7011-2522-7 : 640p.

CHAÏB J., 1992 – Flore et végétation des milieux aquatiques et amphibies de Haute-Normandie (chorologie, phytosociologie, écologie, gestion). Thèse, Université de Rouen – Laboratoire d'écologie végétale : 501p + annexes.

COLAS G., 1962. Guide de l'Entomologiste. Éditions N. Boubée & Cie, Paris, 314 pp.

DETHIER M., ET HAENNI J.-P., 1986. Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques. Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 55 (6) : 201-224.

DOMMANGET J.-L., 1991. Un piège lumineux pour estimer la richesse des milieux aquatiques. *Insectes* (un autre monde parmi nous), n°83 17-19.

DOMMANGET J.-L., 2002. Protocole de l'Inventaire cartographique des Odonates de France (Programme INVOD). Muséum national d'Histoire naturelle/Société française d'odonatologie, 64 pp.

DIJKSTRA K.-D. B. ET R. LEWINGTON, 2006. Field Guide to the Dragonflies of Britain and Europe. British Wildlife Publishing, Gillingham, Dorset, Grande-Bretagne, 320 pp.

FRANKE U. 1979. Bildbestimmungsschlüssel mitteleuropäischer Libellen Larven (Insecta : Odonata). Stuttgarter Beitr. Naturk., A (333), 17 pp.

GERKEN B., STERNBERG K., 1999. Die Exuvien Europäischer Libellen. Insecta, Odonata. Arnika & Eisvogel. Höxter et Jena, 354 pp.

GAUDILLAT V., HAURY J. COORD., 2002 – Habitats humides. Collection Cahiers d'habitats. Tome 3. La documentation Française, ISBN 2-11-005009-8 : 457p.

GRAND D. ET J.-P. BOUDOT, 2007. Les Libellules de France, Belgique et Luxembourg. Collection Parthénope, Biotope Editions, 480 pp.

HEIDEMANN H., SEIDENBUSCH R., 2002. Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). Société française d'odonatologie, 416 pp.

LAMOTTE M. ET BOURLIÈRE F., (Éditeurs) 1971. Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Masson & Cie Éditeurs, Paris, 294 pp.

NILSSON A., 1996. The Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic Handbook. Apollo Books Stenstrup, volume 1 (Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera).

NILSSON A., 1997. The Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic Handbook. Apollo Books Stenstrup, volume 2 (Odonata and Diptera).

POISSON R., 1957. Hétéroptères aquatiques. Collection Faune de France n°61. Éditions Paul Lechevalier, Paris, 263 pp.

QUÉNEY P., 2004. Liste taxonomique des Coléoptères « aquatiques » de la faune de France (avec leur répartition sommaire). *Le Coléoptériste* (ACOREP), 7 (3) (supplément) : 3-39.

RAMEAU JC., CHEVALLIER H., BARTOLI M., GOURC J. COORD., 2001 – Habitats forestiers. Collection Cahiers d'habitats. Tome 1, Volume 1. La documentation Française, ISBN 2-11-004700-3 : 339p.

TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. ET USSEGLIO-PALATERA P. 2003. Invertébrés d'Eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Éditions, Paris, 587 pp.

THEISCHINGER & FLECK, 2003. A new character useful for taxonomy and phylogeny of Anisoptera (Odonata). *Bulletin de la Société entomologique de France* 108 (4) : 409-412.

WENDLER A. ET NÜSS J.-H., 1994. Libellules, guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale. Société française d'odonatologie, Bois-d'Arcy, 130 pp.

Fournisseurs de matériels entomologiques

Sur Internet, de nombreux sites dédiés au matériel entomologique sont accessibles. Pour le matériel de base, ces deux fournisseurs peuvent être consultés :

Entomo Phil (spécialiste matériel entomologique, F)
www.entomo.oxatis.com/

Silex (spécialiste matériel entomologique, F)
<http://perso.wanadoo.fr/entos.et.matos/>

Quelques indications de prix

Filet à papillon : 40 à 50 Euros HT

Filet fauchoir : 50 à 75 Euros HT

Filet troubleau : 40 à 80 Euros HT

Pince souple : 6 à 8 Euros HT

Loupe de terrain (type aplanétique) : 30 à 60 Euros HT

Loupe binoculaire milieu de gamme : 200 à 400 Euros HT (suffisante pour les Odonates)

Loupe binoculaire haut de gamme : 2000 à 3000 Euros HT (pour une forte spécialisation en entomologie)



La gestion des mares intraforestières

1 Généralités

2 Gestion des macrophytes

3 Gestion des mares tourbeuses

4 Encadrement des travaux

Frédéric Arnaboldi

Aspects juridiques relatifs à la gestion des mares

Dans le cadre de l'aménagement

L'approbation de l'aménagement forestier par le ministre chargé des forêts autorise de facto la réalisation de tous les travaux qui y sont prévus. La création de mare ex-nihilo en forêt relevant du régime forestier peut donc être effectuée sous réserve d'être notifiée dans l'aménagement approuvé. La restauration ou l'entretien courant des mares, pouvant être assimilés à des travaux de faible ampleur, ne nécessitent pas d'être explicités dans l'aménagement pour être mis en œuvre.

Hors aménagement forestier

La création de tout plan d'eau, et donc d'une mare, nécessite un certain nombre de démarches administratives.

Un dépôt de demande en mairie est premièrement indispensable selon l'article 92 du règlement sanitaire départemental type. Il convient de s'assurer de la conformité du projet avec les documents d'urbanisme et de vérifier la compatibilité du projet avec les possibles classements en site inscrit (déclaration auprès de l'architecte des Bâtiments de France), en site classé, arrêté préfectoral de protection de biotope, site Natura 2000 et périmètre de protection des captages d'eau.

Les démarches dépendent ensuite de la taille du plan d'eau prévu.

surface	Procédure à suivre	Suite donnée
De 0 à 1000 m ²	Demande d'autorisation en mairie	Vérification de la cohérence avec les règlements d'urbanisme
Plus 1000 m ² à 1 ha	Déclaration auprès de la Mission Inter-Services de l'Eau (MISE)	Examen du Conseil Départemental d'Hygiène - 3 mois
Plus de 1 ha	Demande d'autorisation auprès de la MISE	Document d'incidence, étude hydraulique puis enquête publique et passage en Conseil Départemental d'Hygiène - 12 à 18 mois

D'après le Guide technique de la mare en Caps et Marais d'Opale

Semis, archipels et réseaux de mares

La répartition des mares d'un massif montre souvent ces milieux comme de petites communautés de plans d'eau, agencées en entités différentes, qui donnent l'impression de groupes de mares bien distincts. Toute une terminologie existe pour définir l'organisation spatiale des mares, qui fait appel à des notions d'échanges, de corridors et de liens entre les mares. Ces relations ont surtout été mises en évidence chez les amphibiens, dont l'étude montre que plusieurs espèces (surtout les tritons) constituent des populations dont les individus se déplacent d'une mare à l'autre.

Semis de mares :

Le semis de mares est une expression propre aux biogéographes, qui caractérisent ainsi la répartition des mares dans une région ou une localité donnée. L'ensemble des mares d'une forêt constitue un semis de mares.

Archipel de mares

L'archipel concerne des mares pour lesquelles des connexions biologiques existent. Les limites de l'archipel varient en fonction de la faculté de dispersion des espèces. Cette notion intéresse essentiellement la faune.

Réseau de mares

« Réseau de mares » est la terminologie la plus employée par les gestionnaires, les naturalistes ou les chercheurs, pour caractériser un/des ensemble(s) de mares. Le réseau matérialise les connexions hydrauliques entre les mares (réseau de mares reliées par des fossés). Il symbolise aussi des notions plus diverses comme la répartition d'espèces au sein d'un ensemble de mares (réseau des mares occupées par telle ou telle plante protégée), ou comme la distribution d'un certain type de mares (réseau des mares de platières, réseau des mares tourbeuses d'un massif, etc.).

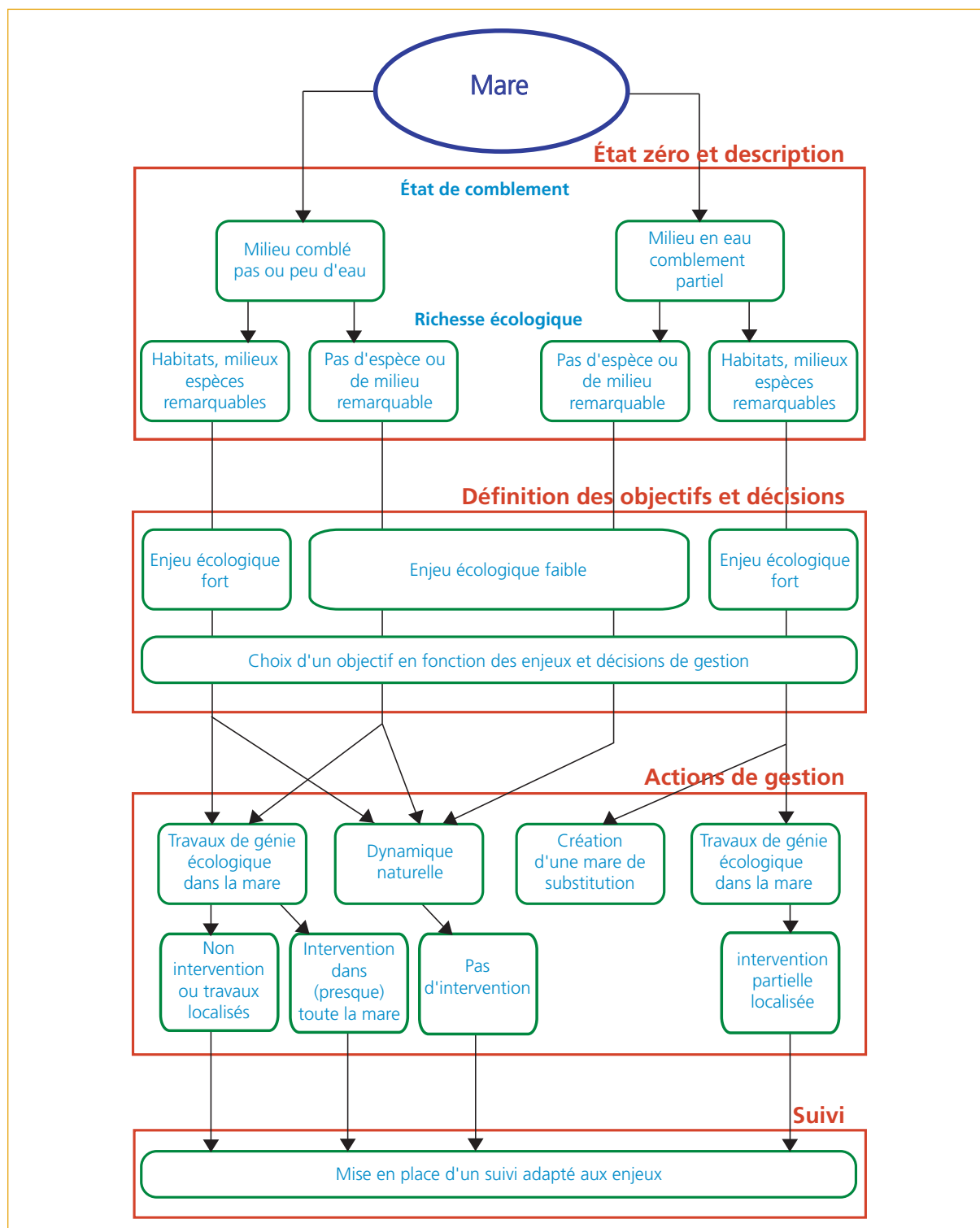
1 Généralités

Du plan d'eau au boisement humide : la gestion, une nécessité pour les mares de plaine

La dynamique naturelle des mares conduit ces milieux à évoluer vers des stades amphibies, puis

humides, où la vie aquatique a alors disparu. La conservation des biotopes aquatiques et de leurs cortèges associés implique donc de gérer les mares, c'est à dire de les entretenir ou de les restaurer, d'autant qu'en plaine bon nombre d'entre elles sont d'origine anthropique.

Principales étapes de la gestion d'une mare



Par où commencer ?

Tous les systèmes aquatiques sont importants et doivent être préservés pour ce qu'ils sont. Cependant, les impératifs financiers de la gestion impliquent que ces milieux soient hiérarchisés, en fonction de leur intérêt écologique.

Pour cette raison, sont distingués deux niveaux d'importance :

- les mares patrimoniales ;
- les mares non patrimoniales = ordinaires.

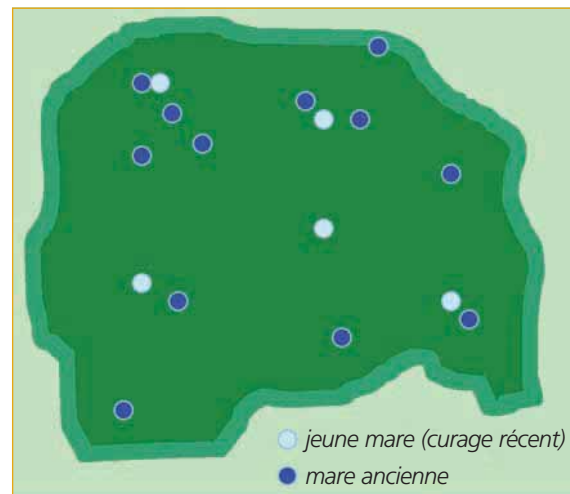
On peut considérer qu'une mare est patrimoniale dès lors qu'elle héberge :

- plante(s) protégée(s) et/ou plante(s) d'intérêt écologique majeur au niveau de la DT ;
- habitat(s) de la Directive européenne 92/403 ;
- insecte(s) protégé(s) ou localement rare(s) ;
- au moins une espèce d'amphibien d'intérêt écologique majeur au niveau de la DT, ou bien un cortège d'amphibiens composé d'au moins cinq espèces différentes ;
- un reptile d'intérêt écologique majeur au niveau de la DT : la Couleuvre vipérine ;
- des espèces déterminantes ZNIEFF ;
- une épaisseur de tourbe infra-aquatique, d'intérêt historique.

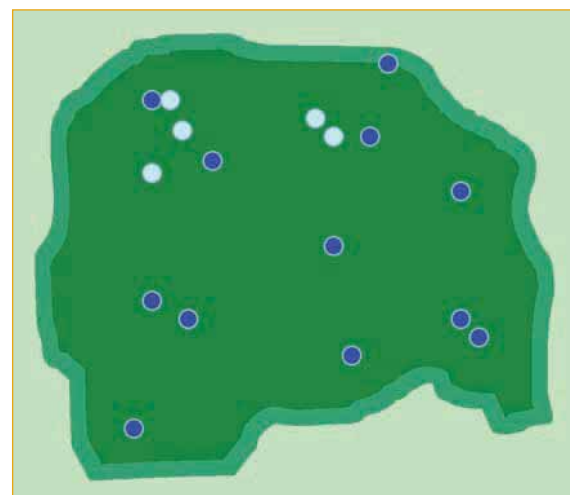
(Les espèces déterminantes pour la désignation des mares patrimoniales sont mentionnées dans la Partie 3 du guide)

Les mares patrimoniales constituent une priorité dans la gestion, car elles renferment un patrimoine naturel remarquable, qui nécessite des interventions diverses, sur des pas de temps variés, mais des interventions reconduites régulièrement et souvent : débroussaillage de berges, décapages ou curages légers, faucardage, etc. A l'inverse, une mare non patrimoniale ne nécessite pas une gestion aussi interventionniste. La mare peut donc être laissée libre à sa propre dynamique. La gestion de ces mares sans enjeu patrimonial consistera à conserver ou à favoriser différents stades d'évolution à l'échelle du massif. Les opérations de rajeunissement des mares entièrement comblées pourront, par exemple, accompagner l'ouverture en régénération du peuplement riverain, la régénération des mares suivant ainsi celle des parcelles.

Le rajeunissement d'une mare doit aussi tenir compte de l'état de conservation des mares environnantes : c'est la gestion d'un réseau ou d'un archipel de mares. Dans la mesure du possible, le



Répartition équilibrée du semis de mares rajeunies

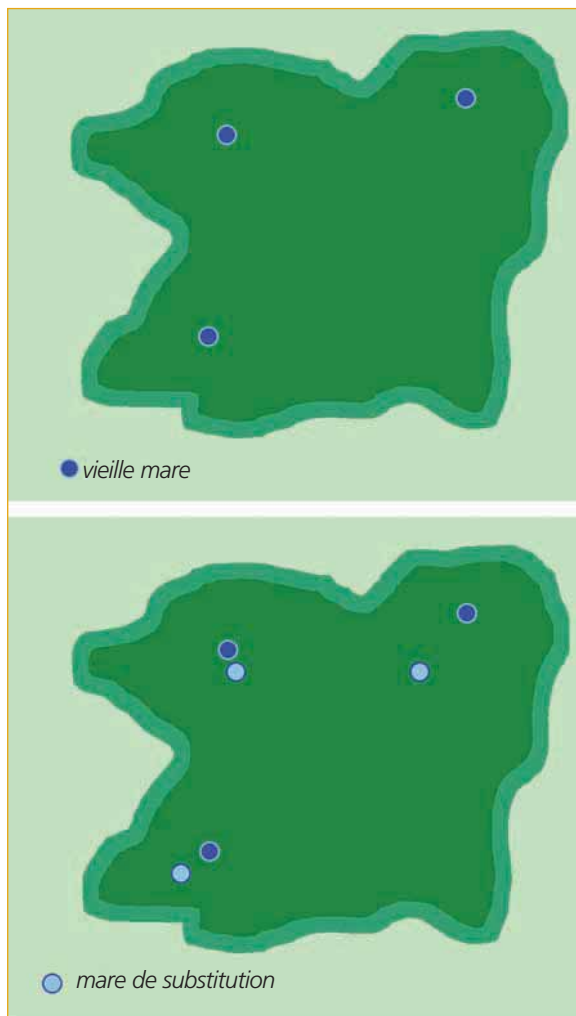


Concentration du semis de mares rajeunies

gestionnaire doit veiller à « équilibrer » la répartition des jeunes mares (mares récemment curées ou mares venant d'être creusées), avec celle des mares plus âgées.

L'idée est de répartir sur l'ensemble du massif des mares de stades variés, permettant aux espèces associées à ces milieux de se maintenir en différents points de la forêt.

Dans les massifs pauvres en plan d'eau, la gestion peut s'appuyer sur la création de mares de substitution, à proximité de celles qui existent déjà, de façon à obtenir des mares-refuges au moment où le curage des plus anciennes s'avérera nécessaire. Cette opération permet de mieux préserver la faune et la flore qui trouveront un milieu aquatique proche, avant que leur mare initiale soit totalement comblée et asséchée.



Exemple de positionnement de mares de substitution dans un massif pauvre en points d'eau

Le creusement des mares de substitution peut être étalé sur plusieurs années, ce qui diversifie l'âge des nouvelles mares et leurs stades d'évolution. En toute logique, des mares peu profondes très ensoleillées évolueront plus rapidement que des mares profondes peu éclairées. Il n'est pas nécessaire d'attendre que toutes les anciennes mares du massif soient proches du stade de transgression (en général comblées, très boisées et longuement asséchées durant l'année) pour entamer la création de nouvelles mares. Au contraire, cela permet aux mares de substitution de se structurer et de développer différents micro-habitats avant que la capacité d'accueil de la mare « source » ne se dégrade.

L'implantation des mares de substitution dépend des sols en place, en particulier de la présence de substrats imperméables, mais aussi d'autres éléments comme un affleurement de nappe, la queue atterrie d'un ancien étang, la présence de collecteurs, d'anciens fossés, etc. Le positionne-

Exemple d'une mare « source » et de sa mare de substitution, distante de 60 mètres environ :



Mare "source" : milieu dystrophe, partiellement comblé par des vases organiques, déposées sur le fond



Mare de substitution, deux ans après sa création : milieu oligotrophe, où se développent progressivement des herbiers immergés, qui structurent ce nouveau biotope

ment entre la mare « source » et la mare de substitution variera selon ces facteurs. D'un point de vue théorique, éviter un éloignement supérieur à 250 mètres entre les deux mares. En ce qui concerne les invertébrés ou la flore, les facultés de dispersion sont extrêmement variables selon les espèces. Pour ces raisons, il est bien délicat de recommander des distances maximales entre le milieu source et le site de substitution : certains coléoptères aquatiques sont aptères, d'autres volent à plusieurs kilomètres des plans d'eau. Idem pour les Anisoptères (Odonates), dont quelques espèces effectuent de longues migrations. Pour les amphibiens, le Triton crêté, la Rainette arboricole ou le Crapaud commun se déplacent jusqu'à assez loin (1 à 3 km), alors que le Triton marbré reste proche de sa mare d'origine (moins de 300 m en moyenne). Mais cela dépend aussi des types de milieux présents entre les deux

mares : biotopes et corridors favorisant la dispersion ; barrières naturelles ou anthropiques empêchant les déplacements.

Objectifs de la gestion des mares intraforestières

Les objectifs assignés à la gestion des mares sont de :

- maintenir ou améliorer la capacité d'accueil des mares en intervenant sur les biotopes et les habitats d'espèces ;
- conserver autant que faire se peut l'intérêt écologique des mares et leurs cortèges d'espèces patrimoniales ;
- contribuer à la préservation de la ressource en eau et à la protection des bassins versants.

Pour cela, il faut tenir compte des facteurs qu'il est possible d'influencer et de ceux que le gestionnaire maîtrise peu ou pas du tout.

Influence du gestionnaire sur le milieu mare

La dynamique des populations, le potentiel séminal, les capacités de dispersion et de colonisation des espèces animales ou végétales sont autant de facteurs sur lesquels nous n'avons pas de maîtrise et peu de moyens d'action. Les interventions seront donc ciblées sur les quelques éléments où

le gestionnaire peut agir directement et durablement : rétention d'eau, profil des berges de la mare, degré d'ouverture et d'exposition à la lumière, envasement.

Le maintien ou la restauration d'habitats fonctionnels et acceptables pour les communautés qui y vivent, ou sont susceptibles de s'y développer, repose donc essentiellement sur l'aménagement de la structure de la mare.

La gestion influera essentiellement sur les quatre facteurs suivants :

Eau + Profondeur + Lumière + Substrat.

Ces quatre éléments sont à la base de la mise en place de l'écosystème mare et de sa richesse.

Aménagement de la structure de la mare

L'aménagement de la structure de la mare revient à intervenir sur :

- la forme générale de la mare ;
- ses profondeurs et le volume de stockage de l'eau ;
- le profil en long de la mare et celui de ses berges ;
- l'ombrage ou l'éclairage de la mare.

L'aménagement d'une mare peut aussi dépasser les limites strictes du plan d'eau et concerner son micro-bassin versant. La gestion est alors celle d'une mosaïque de milieux.

Influence du gestionnaire sur l'écosystème mare

Facteurs influençables par le gestionnaire

Influence forte

- profil des berges
- éclairage de la mare
- comblement naturel

Influence modérée

- stockage et rétention de l'eau
- vitesse de sédimentation et d'envasement

Facteurs non maîtrisables par le gestionnaire

L'eau

- pluviométrie
- niveau des nappes

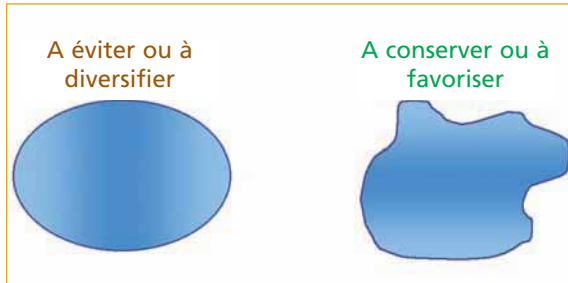
Les changements climatiques

- assèchements plus précoces
- étiages prolongés
- réchauffement climatique (déclin des espèces inféodées aux petites zones tourbeuses)

Les espèces

- potentiel séminal
- capacité de colonisation et de dispersion
- pouvoir d'adaptation aux évolutions climatiques

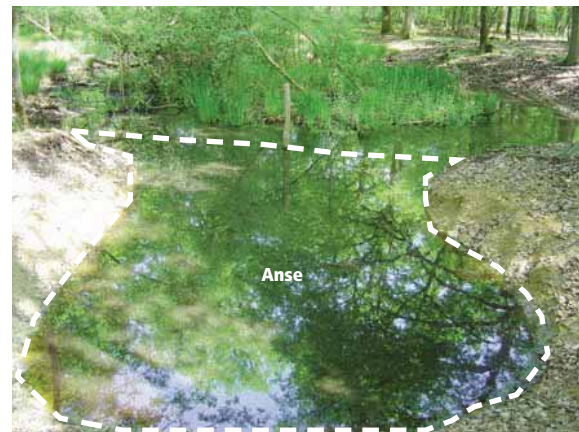
Forme de la mare



Dans la mesure du possible, favoriser des plans d'eau aux rives sinueuses et peu homogènes. S'appuyer sur la végétation en place (présence d'hélophytes) et la topographie pour diversifier la forme du contour de la mare.



Contour de berge initial



Anse creusée pour diversifier le linéaire de berge

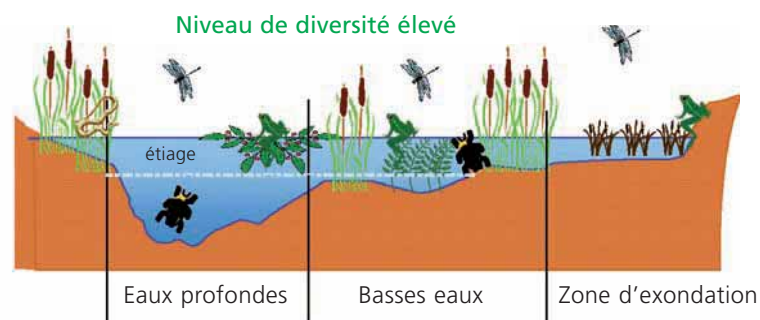
Profondeurs et volume d'eau

L'alternance de hauts fonds et de zones profondes diversifie la capacité d'accueil de la mare. Cela conditionne la nature et la répartition des végétaux, éléments très prisés par la majorité de la faune : supports de pontes, frayères, zones refuges, zones d'alimentation, habitats larvaires :



Le creusement de surprofondeurs permet de créer des zones refuges qui restent en eau, alors que le reste de la mare s'exonde ou s'assèche totalement à l'étiage. Ces aménagements sont recommandés pour les mares peu profondes au printemps (50 à

60 cm d'eau). Ils permettent aux plantes aquatiques de se maintenir et facilitent l'accomplissement du développement des invertébrés et des larves d'amphibiens.



Techniquement, il s'agit de créer des fosses dont les pentes peuvent être très abruptes, sur une profondeur variable en fonction de l'épaisseur du substrat étanche.



Fosse-refuge aménagée dans une mare peu profonde. A l'étiage c'est la seule zone qui conserve de l'eau dans la mare. La mire (en haut à gauche) est totalement immergée en hiver, lors du remplissage

Il est toutefois recommandé de descendre entre 50 cm et 1 m sous le niveau d'eau à l'étiage, pour deux raisons :

- offrir un volume d'eau suffisant pour supporter l'étiage de la mare et le déficit hydrique en fin d'été ;
- éviter le comblement rapide de la fosse par l'accumulation des vases et des débris organiques, qui se déposent d'abord aux endroits les plus profonds de la mare.

Le surcreusement du fond de la mare peut mettre en suspension des argiles très fines, rendant l'eau turbide et lui donnant un aspect rougeâtre pendant plusieurs mois. Le mieux est de ne pas creuser au-delà de la couche gris-bleu de gley, pour les mares situées sur substrat argileux.

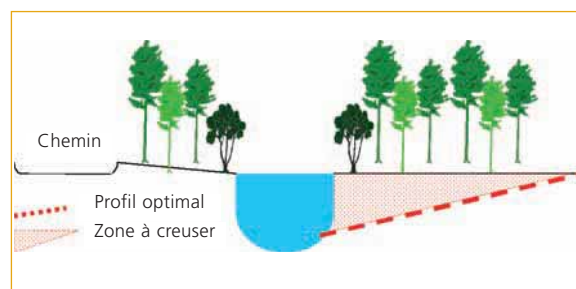
La surface minimale d'une fosse, pour être suffisamment opérationnelle, est de 10 m² environ. L'environnement immédiat de la mare (ouverte / fermée) et le mode d'alimentation en eau (pluies / collecteurs) jouent aussi beaucoup sur la capacité de rétention d'eau de la fosse.

Profil des berges

L'aménagement de pentes douces permet, par élargissement de la zone favorable :

- d'agir au profit de plantes inféodées aux grèves exondables (*Luronium natans*, *Pilularia globulifera*, *Littorella uniflora*, *Illecebrum verticillatum*, *Juncus pygmaeus*, *Elatine hexandra*, *Hypericum elodes*, *Bidens radiata*, etc.) : ① ;
- de diversifier les communautés végétales, en favorisant l'implantation d'hélophytes et la formation de prairies aquatiques ou amphibies : ② ;
- de faciliter l'accès des amphibiens à ces zones en période de reproduction : ③.

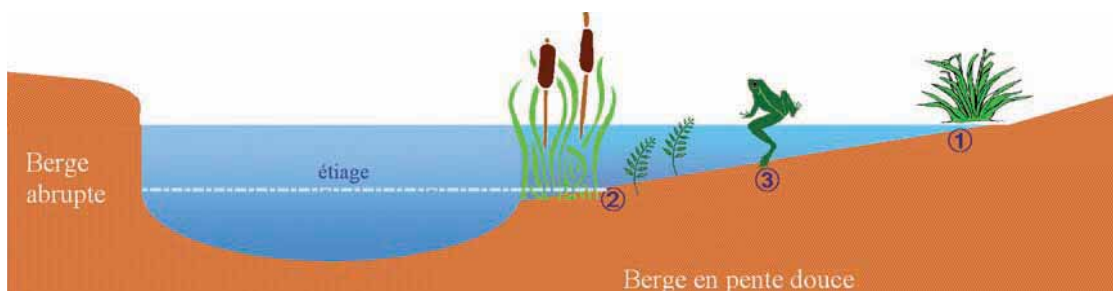
Il arrive que la longueur de terrain disponible pour atténuer la pente ne soit pas suffisante, en raison de la profondeur de la mare, de la topographie du site ou de son environnement immédiat (voir schéma ci-dessous).



Des solutions intermédiaires peuvent être mises en œuvre :

- creusement de plages ;
- création de banquettes.

Ces aménagements permettent de diversifier des milieux peu structurés, souvent profonds, avec des berges très raides où les rives planes sont inexistantes. Plages et banquettes constituent des biotopes qui se végétalisent assez rapidement, pour peu que la berge travaillée soit suffisamment éclairée. En outre, une plage ou une berge bien ensoleillée facilite un réchauffement rapide de l'eau, ce qui favorise la croissance des têtards.



Plages

Une plage correspond à une zone plane ou faiblement inclinée (< 5 %), qui a été décaissée dans une berge, sur 2 à 5 m de large environ, afin d'adoucir la pente. La surface d'une plage doit être de l'ordre de quelques dizaines de mètres carrés.

Création d'une plage



Exemple de colonisation végétale d'une plage



Banquettes

Une banquette constitue une terrasse immergée, étroite d'un à deux mètres, aménagée dans une berge très abrupte, qui favorise l'installation d'hélophytes. Les banquettes sont créées lorsque la mare est trop encaissée ou que son environnement immédiat ne permet pas de creuser une plage.



Banquettes en escaliers



Banquettes en cours de création



Banquettes deux ans plus tard

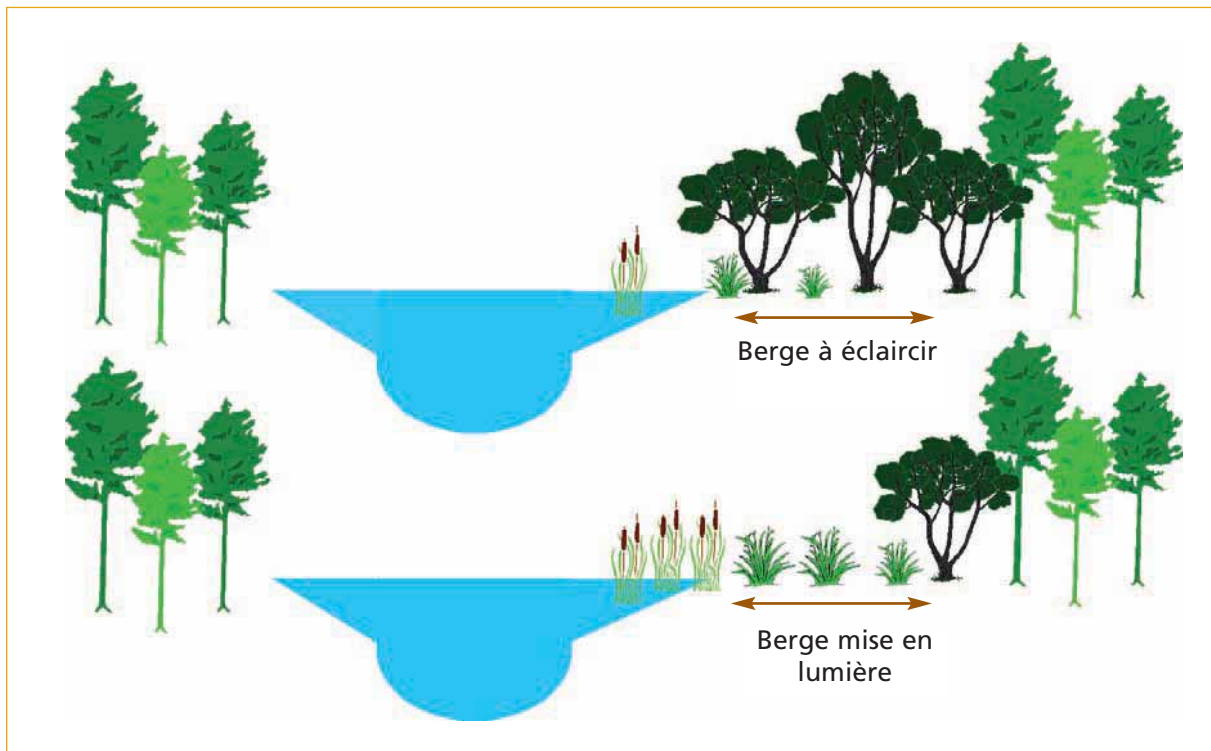
La lumière

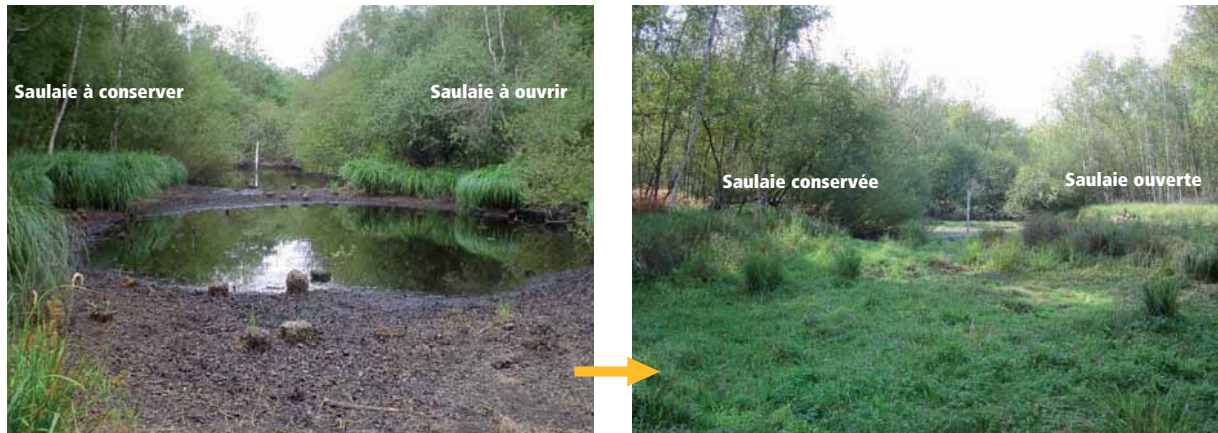
La lumière est le facteur sur lequel il est le plus facile d'agir. L'apport de lumière au niveau du plan d'eau et de ses rives est un aménagement qui bénéficie en premier lieu à la flore. Cet écotone terre/eau est un lieu privilégié pour la végétation, pour peu que le profil de la mare permette son développement (faible profondeur). Si la lumière favorise la croissance des plantes et en corollaire la constitution d'habitats et de micro-habitats pour la faune des invertébrés et des vertébrés, elle influe en outre sur la température de l'eau, facteur important pour la maturation des pontes d'amphibiens. Des travaux d'éclaircie sont aussi menés afin de pérenniser certaines plantes protégées des bords d'eau : *Comarum palustris*, *Ranunculus lingua*, *Carex curta*, etc. Ces opérations sont en général cantonnées aux rives et aux berges. Mais l'échelle d'intervention peut être plus large et permettre, par exemple, de créer des milieux herbacés riverains à la mare, le gestionnaire obtenant ainsi un complexe mare / lande humide ou mare / prairie humide.

Mise en lumière des berges

Il s'agit d'ouvrir une portion de berge, afin de favoriser les héliophytes, voire les hydrophytes. Cette mise en lumière est obtenue avec le recul de la lisière boisée qui borde la mare. Il est aussi possible de travailler à partir d'arbres et d'arbustes qui poussent directement dans la mare : bien souvent des cépées de saules (se reporter au chapitre 2 « Gestion des macrophytes »).

Il convient d'intervenir dans les zones potentiellement les plus accueillantes pour la flore (pente douce, zone de battement). La mise en lumière peut aussi être envisagée pour réduire l'apport de matière organique morte (feuillages, branches).





*Mise en lumière d'une mare par abattage de saules : une portion de saulaie riveraine est recépée.
Cette intervention permet d'ouvrir avantageusement la mare et diversifie le milieu.
A la place de la saulaie se re-développe une magno-cariçaie*

Exemple de mise en lumière partielle d'une portion de berge :



Septembre 1999 : berge à éclaircir



Octobre 1999 : travaux de déboisement



Septembre 2001



Septembre 2002



Juin 2004



Mai 2006

Les travaux de mise en lumière de la berge ont permis l'extension significative de la parvo-roselière à Iris, au sein de laquelle deux populations de plantes protégées se développent et s'accroissent chaque année.

Comarum palustris (à gauche) et *Hypericum elodes* (à droite), deux plantes protégées qui bénéficient des travaux d'éclaircissement de la berge



Exemple de mise en lumière d'une berge par recul de la lisière arborée :



Les travaux mis en œuvre consistent à reculer de 10 mètres la zone boisée qui colonise la berge. L'abattage a lieu en novembre, les rémanents sont disposés en andains à la lisière entre la partie déboisée et le peuplement forestier (plantation de chênes). Dans la foulée des travaux, le gestionnaire réalise un débroussaillage du haut de berge.

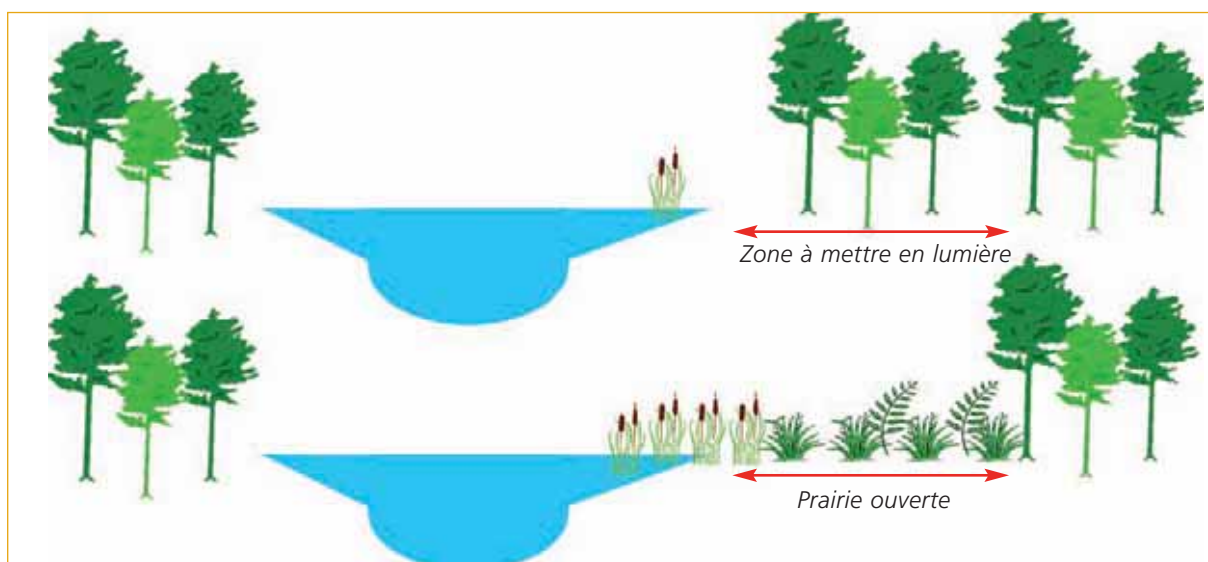
La mise en lumière des berges peut nécessiter des travaux d'entretien, notamment si des ligneux (semis, rejets) apparaissent dans la zone déboisée. À terme, ces arbustes refermeront la berge, créant un effet de voûte. La vitesse de reconquête des ligneux dans les parties déboisées d'une mare est variable. Cela dépend fortement du substrat et de la période d'inondation de la rive. Sur des sols plutôt pauvres, un recépage tous les cinq voire dix ans peut suffire, alors que dans des conditions plus eutrophes (déblais de vases organiques notamment) un passage tous les deux ans est parfois impératif. C'est la dynamique végétale qui commande l'espacement entre les interventions.

Créer des prairies humides et des milieux ouverts connexes à la mare

Du fait de l'ambiance forestière, les mares sont souvent fermées. L'ouverture de prairies riveraines

permet d'aménager des milieux originaux, de lisière interne, et d'augmenter la diversité de la mare. La création de faciès prairiaux ou de landes est obtenue en repoussant sur plusieurs dizaines de mètres le peuplement périphérique (exploitation sylvicole). L'échelle des travaux de déboisement dépasse les limites immédiates de la mare et concerne un secteur plus vaste. Il s'agit alors d'une gestion étendue au micro-bassin versant de la mare.

Ces milieux sont issus de la coupe définitive sur 1000, 2000, 5000 m² (rarement plus) du peuplement riverain. Les boisements sur Callune ou Molinie qui bordent les mares se prêtent particulièrement à ce type d'opération. Par contre, ces grosses ouvertures sont à proscrire en cas de présence de Fougère aigle : risque important d'extension de la fougère à l'ensemble de la prairie ou de la lande.



Exemple d'ouverture d'une prairie en bord de mare :

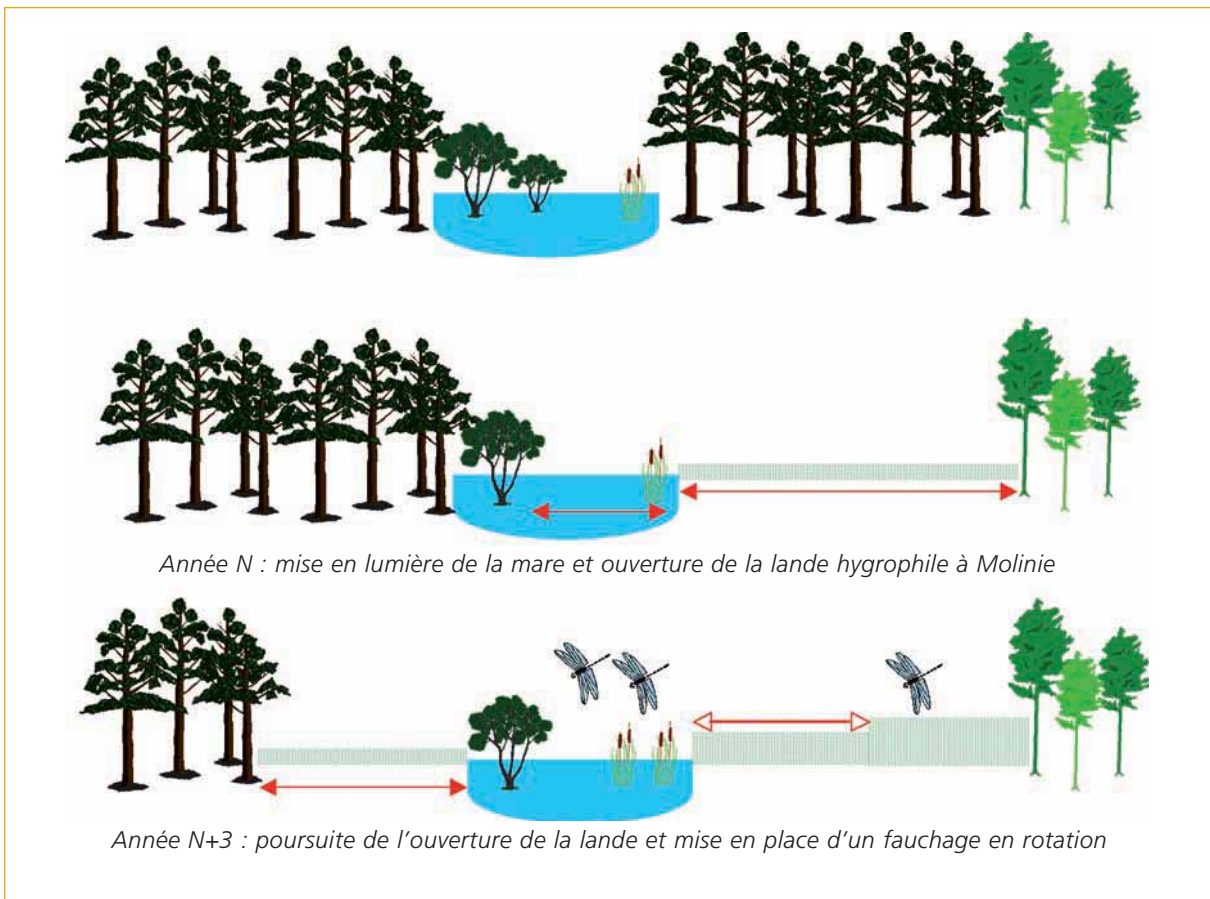


A gauche faciès forestier initial ; à droite faciès prairial après l'exploitation des bois

La réussite de l'ouverture de prairies humides en bordure de mare dépend des conditions stationnelles (sols humides, sols à engorgement prolongé) et de la végétation en place. Ce type d'intervention est très efficace en présence de

joncs, Carex, Molinie, qui répondent vite et durablement à l'apport de lumière, pour peu que le milieu soit entretenu par la suite : fauchage tous les trois ans, en hiver avec exportation.

Principe de restauration conjointe d'une mosaïque d'habitats mare ouverte / lande humide :



Mise en lumière : périodes et conditions d'intervention

Les opérations de mise en lumière peuvent être menées tout au long de l'année. En hiver, le volume de rémanents est plus réduit (absence de feuillage), mais l'accès aux berges peut devenir plus délicat (niveau de hautes eaux). Selon les cas, les travaux font l'objet d'interventions spécifiques ou bien sont inclus dans le cadre du passage en coupe de la parcelle. Cela dépend des enjeux sur la mare et de la valeur commerciale des bois. Il est en effet plus commode de valoriser économiquement quelques tiges de chênes ou de pins bordant une mare plutôt qu'un taillis de saules.

Coût moyen des travaux de mise en lumière de berge

Compter environ une journée d'ouvrier pour 50 mètres linéaires de recépage de brins de taillis. Dans le cas de tiges hautes ou de taillis riverain dense, la progression peut descendre à 25 mètres linéaires par jour d'ouvrier : abattage + exportation.

Conservation d'arbres à l'aplomb des mares



Zone d'eau libre conservée sous l'ombrage d'un chêne

Garder un ombrage relatif à l'aplomb d'une mare est un bon moyen pour limiter, par endroits, le développement des macrophytes, ce qui permet de conserver des zones d'eau libre. C'est particulièrement nécessaire dans le cadre d'une gestion qui tente de favoriser les frayères de tritons crêtés ou marbrés. S'il est important de travailler au profit des prairies aquatiques (zone de pontes, refuges larvaires), il est aussi nécessaire de préserver des parties d'eau libre, où les mâles viennent parader.

Le maintien de feuillus en bord de mares, en particulier quelques gros bois (le nombre de tiges dépend de la taille de la mare) dont les houppiers étalés surplombent une partie du plan d'eau, permet de préserver un ombrage relatif, où les végétaux s'implantent peu.

Dans le cas de grandes mares (> 1000 m²), il n'est pas nécessairement utile de déboiser les berges, car la taille de la mare crée un puits de lumière souvent suffisant pour que les macrophytes puissent se développer, malgré la ceinture arborée riveraine.

Plantations, régénérations et mares

Si la présence d'arbres à l'aplomb de mares peut s'avérer nécessaire, comme le montre le paragraphe précédent, il n'est pas pour autant bien opportun de venir planter jusqu'aux bords des mares. A ce sujet, le Guide technique ONF « Reconstitution des forêts après tempêtes » rappelle que les plantations doivent être distantes de 10 à 15 m des mares.

Le curage : remise en eau des mares

Le curage est une opération de gestion qui permet de retrouver un faciès d'eau libre en :

- limitant le développement des macrophytes qui comblent tout ou partie de la mare ;
- exportant les vases et la matière organique qui comblent la mare.

Dans certains cas, le curage est aussi un outil de dépollution de la mare, quand celle-ci est jonchée de déchets divers.



Dépollution d'une mare par curage. L'évacuation des déchets entraîne un surcoût des travaux : transport en déchetterie

Dates d'intervention et surface à curer

Lors de la mise en œuvre de travaux de curage, le gestionnaire est confronté à deux types de situations :

- la mare ne retient plus l'eau, car elle est entièrement comblée en vases organiques, couverte d'un tapis de feuilles mortes, encombrée de débris ligneux, ou totalement colonisée par des macrophytes qui provoquent l'assèchement de la partie superficielle de la mare ;
- la mare est encore en eau, mais des interventions sont nécessaires pour ralentir l'envasement du milieu, aménager une portion de berge, ou bien décaper le substrat pour maintenir le biotope d'une plante pionnière, etc.

Le curage d'une mare entièrement comblée (l'eau a disparu) peut être opéré tout au long de l'année, selon la portance des sols. Le gestionnaire peut profiter de cette opération pour diversifier les profondeurs de la mare et le profil des berges.

Curage intégral d'une mare entièrement comblée et asséchée en surface :



Mare à sec début juin, comblée par la glycérie et quelques jeunes saules



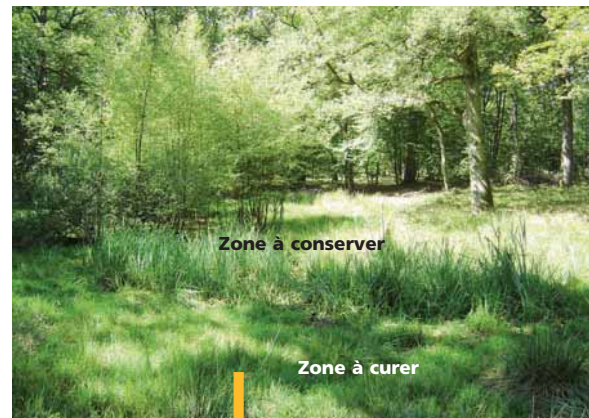
Curage de la glycérie et des saules, diversification des profondeurs et des pentes



Curage terminé : aperçu des différentes profondeurs et des profils de berges

Pour une mare partiellement comblée (il reste un peu d'eau libre), la période d'intervention la moins néfaste se situe de fin septembre - début octobre (fin d'été) à fin novembre. Elle doit être ajustée au cas par cas. La surface à curer ne doit pas excéder les deux tiers de la mare (principe de conservation d'une zone refuge). Le curage portera en priorité sur les zones les plus dégradées.

Le curage de mares incluses dans des forêts pauvres en zones humides doit être partiel, de façon à ne pas altérer la banque de semences.



Curage partiel d'une mare

Curage des mares de petite taille

Pour les mares de petite taille (inférieures à 100 m²), le curage est franchement délicat. Dans la mesure du possible, il vaut mieux tenter d'agrandir la mare, en créant dans sa continuité un nouveau plan d'eau. On obtient ainsi une mare plus vaste, sans altérer le milieu initial.



Afin d'améliorer la rétention d'eau d'une petite mare, le gestionnaire a préféré agrandir cette mare plutôt que de la curer

Forêt domaniale de Dourdan Mare 11A

Mare entièrement comblée par des macrophytes. L'accumulation de vases et de débris végétaux atteint localement 60 cm d'épaisseur. Elle conserve alors difficilement l'eau et s'assèche en surface dès le 10 juin. Présence de *Carex curta* et d'un bombement à sphaignes.

Objectifs des travaux

L'intervention a pour objectif de rétablir un milieu aquatique permanent, en faveur des invertébrés benthiques, mais aussi des amphibiens.

Le bombement à sphaignes (berge Sud) et les pieds de *Carex curta* (au Nord) sont évidemment préservés du curage.

Restauration du milieu aquatique

(30 août 2005)

L'opération consiste en un curage des 2/3 de la mare, en procédant à l'arrachage de la glycérie, d'une partie des lycopes, et d'une partie de la saulaie.

L'extraction des macrophytes permet de rajeunir le milieu (mise à jour de substrats pionniers) et d'augmenter la capacité de stockage de l'eau, dans la mare.



Curage de lycopes comblant la mare

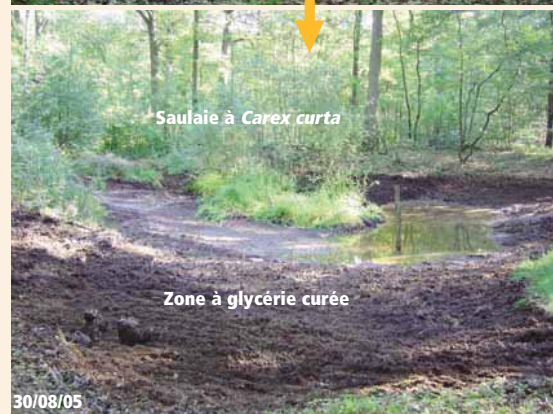
La profondeur de curage varie de 20 cm (épaisseur moyenne d'enfouissement des macrophytes curés) à 90 cm. Il s'agit là de surcreusements dans le fond argileux, visant à créer des zones profondes de faciès d'eau libre (48 cm d'eau 24 h après curage).



Surcreusement au pied de jeunes saules, de façon à éviter leur extension rapide vers le reste de la mare.

Durée des travaux - Moyens techniques

- curage 100 m³ : 4 heures.
- régalinge vases et déblais : 1 heure.
- Pelle 20 tonnes, godet excavateur d'1m³.



Forêt domaniale de Retz Curage et reprofilage de la Mare des Pinards

Etat initial :

En 1999, le « Trou des Pinards » est une mare aux berges abruptes, de forme circulaire, profonde et sans intérêt écologique particulier. Une zone très perturbée par des destructions d'obus, dépôts d'ordures et plantée de quelques peupliers juxta cette mare.

Les travaux :

Dans un but paysager et écologique, il est décidé d'aménager la totalité du site.

Les travaux suivants sont réalisés en décembre 1999 :

- coupe des peupliers et arbustes, enlèvement des souches et des déchets
- coupe de bois de chauffage en lisière pour augmenter l'ouverture du site
- création d'un second niveau de berge sur moitié de la mare initiale et reprofilage de la berge. Les héliophytes présents sont maintenus en place.
- extension de la mare (doublement de sa surface) en créant des zones d'eau peu profonde, avec un palier exondé une partie de l'année pour séparer les deux systèmes.



Evolution

Le secteur réaménagé est très vite utilisé pour la reproduction des amphibiens (Triton palmé, Triton alpestre, Salamandre, Grenouille agile et Grenouille rousse). Des herbiers à Renoncule aquatique apparaissent dès la première année.

En cinq ans, les héliophytes ont colonisé l'ensemble des berges en pente douce.



Un aménagement réussi

En quelques années, la physionomie de cette mare a totalement changé. Initialement considérée comme un point « noir » du paysage forestier, cette mare multiplie les intérêts aujourd'hui :

- zone de promenade pour le public,
- mare abreuvoir pour la grande faune
- zone de reproduction importante pour les amphibiens
- des ceintures de végétation qui se structurent d'année en année et qui accueillent déjà des espèces d'intérêt patrimonial.



Schoenoplectus lacustris
(espèce rare et vulnérable en Picardie)

Régaler ou exporter les vases et les déblais de curage ?

Au moment du curage, le problème du devenir des vases se pose : que faire de cette matière dont le volume est souvent important ? A priori, le plus simple semble de régaler tout ou partie des déblais sur la berge. Cependant cette technique n'est pas toujours très opportune. C'est en fait la nature des vases qui est à prendre en compte. Des vases très organiques gagnent à être exportées, alors que des vases plus minérales posent moins de problèmes si elles sont étalées sur la rive.



Les vases organiques

Les vases organiques extraites d'une mare sont très fertiles et se voient rapidement colonisées par la végétation riveraine où les plantes forestières supplantent très vite les petites ceintures d'hélophytes, qui se sont formées à la limite de la ligne de hautes eaux. L'embroussaillage gagne ainsi rapidement les rives de la mare et des travaux d'entretien réguliers s'avèreront nécessaires pour éviter un boisement complet des berges.

Dans la mesure du possible, il faut faire étaler les vases organiques en retrait de la mare, tout en limitant les déplacements de la pelle. Une distance de régilage située entre 10 et 15 mètres de la mare est un bon compromis. Cela limite le retour à l'eau d'éléments nutritifs (essentiellement par ruissellement) et ralentit la minéralisation du plan d'eau. C'est un principe de gestion à prendre en compte pour l'entretien ou la restauration de biotopes à plantes pionnières ou de communautés végétales des eaux oligotrophes.



Avril 1999 : végétalisation naturelle des déblais du curage de novembre 1998



Avril 2003 : végétalisation des déblais du curage au bout de 5 ans



Mai 2006 : végétalisation des déblais du curage au bout de 8 ans

Limiter le ressuyage des vases organiques liquides



Merlon constitué de touffes de glycérie curée dans la mare. Le ressuyage des vases liquides vers la mare est pratiquement nul (photo de gauche), alors qu'il est très important côté peuplement (photo du centre : l'inclinaison de la pelle donne une idée de la pente). Après ressuyage, les vases offrent un bon support pour l'installation de semis (photo de droite)

Lors du curage, le pelleur n'effectue pas d'aller et retour avec sa pelle mécanique. Il dépose en tas les vases qu'il cure, puis les redéplace dans un deuxième temps, de façon à réduire le nombre de manœuvres autour de la mare. Quand les vases extraites sont très liquides, la pente de la berge entraîne leur retour immédiat à l'eau, si dans un premier temps le pelleur ne peut les disposer assez loin. Il est limité par la longueur du bras de l'engin. afin d'éviter un fort ressuyage, il suffit de construire un merlon, en utilisant les débris végétaux extraits de la surface de la mare.

Manque de place



Exemple de disposition des déblais de terre lors de la création d'une mare. L'agencement du site (enclavé entre un fossé et un canal) et la nature du milieu (lande tourbeuse) ont conduit le gestionnaire à entreposer sur le minimum de surface les déblais, plutôt que de recouvrir une large partie de la lande humide riveraine. L'évacuation des déblais au moyen d'un tracteur et d'une remorque aurait entraîné trop de circulation d'engins dans le milieu.

S'il n'est pas possible de régaler les vases, par manque de place, les déblais peuvent être disposés dans un ou deux endroits, sous forme d'une butte, plutôt que d'être dispersés ou étalés tout autour de la mare.

Contraintes paysagères



Evacuation de vases lors de la restauration d'une mare asséchée

Le curage de mares dans des secteurs fortement fréquentés par le public doit être expliqué au moyen de panneaux d'information. Pour des raisons paysagères, il n'est pas toujours possible de stocker les vases à proximité de la mare. Dans ce cas, il convient d'envisager leur évacuation. Le temps de chargement et les rotations entre la mare et le lieu de dépôt allongent considérablement la durée du chantier : on double rapidement le temps de mobilisation de la pelle, à laquelle s'ajoute l'utilisation d'un tracteur et de sa remorque.



Massif de rubaniers où la pelle s'est positionnée en appui sur un caillebotis pour accéder à la zone de curage. Huit mois après les travaux, les rubaniers repoussent normalement

Positionnement de la pelle

Il est impératif d'indiquer au pelleur les endroits où il peut circuler et les secteurs où il ne doit absolument pas passer, ni intervenir. Des rubalisées peuvent être disposées pour matérialiser la zone d'intervention.

Pour éviter de s'enfoncer dans les vases molles de la mare, ou pour allonger la portée du bras, la pelle peut travailler en appui sur un caillebotis de perches d'arbres.

Ce procédé évite aussi un trop fort tassement de la berge et permet de relativement bien préserver les formations végétales en place (photos ci-dessus).

En général, une pelle travaille toujours depuis la berge.

Dans la mesure du possible, il convient de faire accéder la pelle par les cheminements existants : cloisonnements d'exploitation, allées forestières, etc. Parfois, il est nécessaire de dégager une emprise pour le travail de la pelle, ce qui participe aussi à la mise en lumière de la mare.

Coûts des travaux de curage

Les travaux de curage nécessitent une pelle mécanique, dans la majorité des cas. La durée des travaux est variable selon le type d'intervention, la taille de la mare, son accessibilité et le volume de vases à curer ou de terre à décaisser (correction de berges). A titre d'exemple, deux mares de surface identique (environ 250 m²), curées la même semaine par le même pelleur et bénéficiant de travaux similaires (remise en eau par curage, correction de berges, aménagement de pentes douces) ont nécessité respectivement 6 h 30 et 3 h 30 d'intervention de pelle mécanique. Dans le premier cas, le volume des vases et des déblais était de 160 m³, avec une accessibilité délicate pour la pelle sur des berges plutôt abruptes. Dans le deuxième cas, le volume curé et décaissé fut d'environ 80 m³, avec des conditions d'accès plus simples. A noter ici que le volume des vases à régaler est parfois très consommateur de temps.

Le calcul du coût du curage comprend la location de la pelle, son transfert sur le chantier de restauration, auxquels s'ajoute le temps de démarchage de l'entreprise et d'encadrement des travaux, sachant que :

temps d'encadrement = durée de curage. Le tableau ci-dessous donne, à titre indicatif, quelques valeurs moyennes de temps de curage en fonction de la taille de mares et de volumes curés.

Surface de la mare en m ²	Durée du curage
$S < 150$	1 heure
$150 < S < 300$	4 heures
$300 < S < 500$	8 heures
$500 < S < 850$	12 heures
$850 < S < 1000$	16 heures

Volumes curés en m ³	Durée du curage
$V < 50$	3 heures
$50 < V < 100$	5 heures
$100 < S < 200$	8 heures

Temps moyen de mobilisation d'une pelle selon la taille de la mare ou le volume à curer

L'expérience acquise au cours des 15 dernières années montre que le temps moyen de mobilisation d'une pelle pour le curage d'une mare varie d'une demi-journée à une journée. La pelle se louant à la journée, il est préférable de coupler les opérations de curage de plusieurs mares, afin de limiter les coûts de transfert et de mobilisation de la pelle.

Remplissage de la mare : agir sur les niveaux d'eau

L'amélioration de la capacité de stockage de l'eau des mares, peut être obtenue par curage, surcreusement ou grâce à la réfection du système de vidange, pour celles qui en sont équipées. Le gestionnaire peut aussi agir, pour certaines d'entre elles, à l'échelle du bassin versant, en les (re)connectant au réseau hydrique de surface.

Restauration et entretien des systèmes de vidange

Bien que peu nombreuses, des mares de nos forêts sont équipées de systèmes de vidange. L'entretien de ces ouvrages est nécessaire pour la

conservation d'une bonne capacité de stockage de la mare. Avec le temps, ils peuvent être affouillés ou sapés et perdre leur étanchéité. L'entretien minimal consiste à contrôler le développement de la végétation et éviter notamment le développement de ligneux au niveau du seuil : minage, ravinement puis fuites et voies d'eau.



Vannage affouillé de part et d'autre de l'ouvrage

Dans les mares alimentées par des rus temporaires ou des collecteurs, il peut être intéressant d'ériger à l'aval une digue de terre prélevée, par exemple, en surcreusant la mare au pied de la digue. Le gestionnaire peut en profiter pour aménager un petit système de vannage.

Les ouvrages anciens, ou ceux plus récents mais mal dimensionnés, nécessitent parfois d'être renforcés ou reconstruits. Il s'agit de petits travaux de génie civil que le gestionnaire confie à des entreprises de travaux publics.



Renforcement d'un ouvrage de régulation des niveaux d'eau

Réfection du système de vannage d'une mare : quelques étapes des travaux de restauration



1- Etat initial, la digue et le déversoir sont recouverts par la végétation. La mare présente un aspect bucolique.



2- mise en place du batardeau, par compactage de terre argileuse. Cette mare héberge 5 espèces de tritons (cas rare en France), il est donc impossible de la mettre à sec.



3- creusement des fondations, enlèvement de l'ancien ouvrage et des vases à l'aval du batardeau (octobre 1998).



4 - les fondations sont hors d'eau. Installation du coffrage. Les matériaux sont apportés par une chenillette. Une pompe est prévue pour vider l'eau en cas d'intempéries.



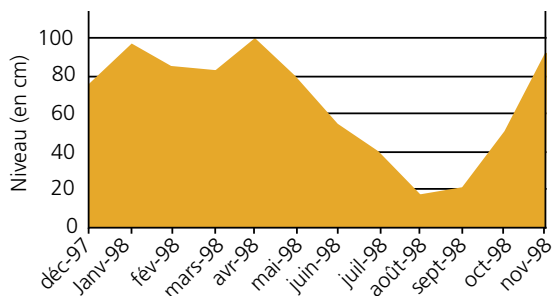
5- l'ouvrage est construit (janvier 1999).



6- L'ouvrage est terminé. Le batardeau est enlevé et permet de remblayer et de compacter la digue. Les planches sont en place.

Connecter la mare aux fossés

Les mares alimentées par des collecteurs d'eau, issue du drainage des parcelles, bénéficient d'une alimentation plus importante que celles qui dépendent uniquement de l'impluvium direct. La mare constitue un bassin de réception des eaux de pluie et profite d'une période de mise en charge plus longue. Le profil hydrique de ce genre de mares est assez caractéristique, qu'elles soient situées en fond de vallon ou sur un plateau (graphique ci-dessous). Elles présentent de fortes variations de niveau d'eau, avec un remplissage en hiver et au printemps, puis une forte baisse durant l'été, créant des zones d'exondation souvent favorables aux plantes à éclipse, quand ces mares possèdent des rives planes.



L'entretien des fossés permet de faciliter l'alimentation de la mare. Si un curage du milieu est devenu nécessaire, le gestionnaire peut donc aussi en profiter pour rafraîchir le collecteur d'arrivée. Le remplissage par le réseau de fossés permet un

brassage et une oxygénation importante de l'eau au cours de l'hiver jusqu'au milieu du printemps. Les eaux souvent limpides sont très propices au développement d'herbiers aquatiques.

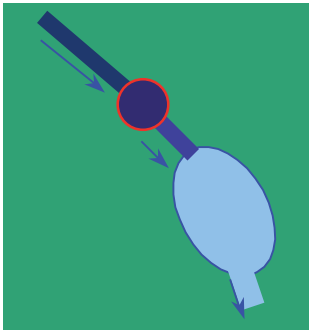
Le nettoyage des fossés d'alimentation peut avoir lieu au cours d'opérations spécifiques (curage de la mare) ou être conduit lors des travaux habituels d'entretien de ces fossés.

Cependant, il ne faut pas toujours chercher à (re)connecter la mare au réseau hydrique de surface, ni rafraîchir systématiquement son collecteur : la présence proche d'une route, de terres cultivées régulièrement amendées sont des sources possibles de pollutions. Dans ce cas, on évitera de curer le fossé en amont de la mare, celui-ci jouant un rôle tampon. Quelques mares de bords de route jouent aussi ce rôle tampon. Il convient de les maintenir en l'état et de ne surtout pas les connecter à d'autres mares proches.

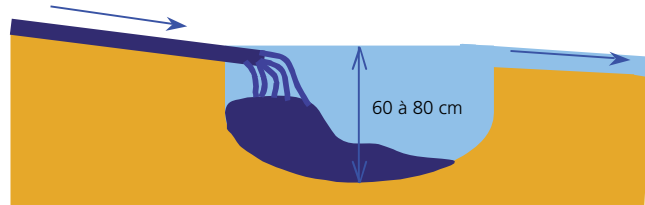
La mise en charge d'une mare par un collecteur peut conduire à une forte sédimentation, en particulier si la mare est alimentée par un ru temporaire ou un fossé en forte pente. L'écoulement conduit à la mare des sédiments en suspension, qui peuvent contribuer au comblement de la mare, lorsqu'ils s'y déposent, partiellement retenus par les herbiers aquatiques ou amphibiens. Pour ralentir ce phénomène de colmatage et réduire aussi le processus de minéralisation (apports de nutriments via l'eau du fossé), un bassin de sédimentation peut être creusé en amont de la mare.



A gauche : décapage d'un fossé bouché par la Molinie, au moment du curage de la mare (en arrière plan). A droite : mise en eau d'un collecteur créé pour alimenter une mare. L'eau est détournée du fossé de drainage de parcelle qui passe à 30 m de la mare



Positionnement du bassin de sédimentation



Profil type du bassin de sédimentation

Bassin de sédimentation

Le bassin sert de piège à sédiments. Au lieu de tous se redéposer dans la mare avale, ils restent bloqués dans le bassin creusé en amont. La distance entre la mare et le bassin de sédimentation ne doit pas être trop éloignée (30 à 50 m maxi), de façon à éviter la remise en suspension des sédiments entre le bassin et la mare, reliés par le collecteur.

Le profil du bassin doit permettre de capturer un maximum de sédiments. Pour cela il doit être creusé relativement profondément (60 à 80 cm) sous le niveau du fossé d'arrivée d'eau. La taille de ce type de plan d'eau dépend de la place dont dispose le gestionnaire, une surface de 50 à 60 m² étant souvent bien suffisante.

Le bassin de sédimentation nécessite d'être curé, tous les 5 à 10 ans, selon l'importance des dépôts. Cet entretien permet de réduire sensiblement les interventions par curage au niveau de la mare elle-même.



Bassin de sédimentation venant d'être créé, à l'occasion de la réfection d'une allée forestière. Les dépôts de sédiments en amont du bassin sont bien visibles



Bassin de sédimentation cinq ans plus tard, en période d'assez du ru. L'eau est très turbide, chargée de sédiments

2 La gestion des macrophytes

Contrôler la dynamique de végétation

Les hydrophytes peuvent coloniser l'ensemble d'une mare si elle est très éclairée. Pour éviter ce phénomène, il a été expliqué plus haut que le maintien de gros arbres à l'aplomb de la mare permettait de conserver des zones d'eau libre, grâce à l'ombre portée. Les hydrophytes ne posent pas de véritables problèmes de comblement des mares, même s'ils créent des herbiers denses. Ces prairies restent aquatiques et ne conduisent pas, à elles seules, à l'assèchement d'une mare. Leur dégradation partielle provoque l'accumulation de débris organiques, qui serviront de points d'ancrage à l'installation d'autres végétaux, ceux-ci pouvant s'avérer beaucoup plus néfastes à la pérennité de la mare, en tant qu'écosystème aquatique : massettes, roseaux, glycéries, saules.

Les héliophytes

Les formations à grands héliophytes peuvent constituer des habitats intéressants pour l'avifaune paludicole, pour quelques amphibiens, des reptiles et certains insectes : Donaciacs (Chrysomelidae), *Odacantha melanura* (Carabidae). Au sein d'une mare, ces végétaux peuvent rapidement coloniser l'ensemble du plan d'eau, banalisant ainsi le milieu et supplantant complètement les habitats plus aquatiques, par dynamique de comblement. Tous les héliophytes n'ont pas le même intérêt pour l'accueil de la faune.

Les massettes

Les massettes (*Typha* spp) posent des problèmes de gestion, lorsqu'elles deviennent trop abondantes dans une mare. Or, les particularités biologiques de ces héliophytes leur permettent de coloniser facilement et rapidement des plans d'eau de diverse nature. En effet les massettes :

- colonisent des substrats mésotrophes à eutrophes, minéraux ou organiques ;
- supportent assez bien des eaux turbides, des eaux polluées très chargées en éléments nutritifs (la massette est utilisée dans les bassins de lagunage pour épurer les eaux) ;
- résistent assez bien à une courte exondation en fin d'été : croissance de la tige terminée ;
- tolèrent des eaux profondes (jusqu'à 2,2 m) ou basses, leur optimum de développement se situant entre 10 et 80 cm de hauteur d'eau au printemps ;
- possèdent une période de croissance comprise entre avril et juillet. Les tiges sont annuelles et meurent en hiver, tandis que le rhizome (princi-

pal mode de reproduction) reste actif et se multiplie pendant environ 5 ans ;

- conquièrent facilement de nouveaux plans d'eau grâce à des semences anémochores : jeunes mares nouvellement creusées, très ensoleillées et peu profondes.

La difficulté essentielle pour le gestionnaire, qui doit faire face à un envahissement de *Typha*, est de pouvoir agir sur le rhizome, afin de limiter l'extension de la plante.



Jeunes pousses de *Typha latifolia*, au mois de mai



Typhaie colonisant l'ensemble d'une mare : les faciès d'hydrophytes et d'eau libre disparaissent

Bien connues et éprouvées depuis les années 1980 pour la conservation des grandes roselières, les techniques de gestion des massettes appliquées aux étangs ou aux lacs ne sont pas facilement transposables aux mares, en raison de :

- la petite taille des mares ;
- leur faible profondeur ;
- l'impossibilité quasi générale de réguler les niveaux d'eau (exception faite des quelques mares-étangs équipées de vannes encore fonctionnelles).

Exemple de la dynamique de comblement d'une mare par des macrophytes

Novembre 1999 : la mare vient d'être creusée dans une prairie humide.

La profondeur maximale est d'une cinquantaine de centimètres.



Avril 2002 : la partie profonde de la mare est colonisée par une typhaie. Au premier plan une jonçaille et quelques hydrophytes.

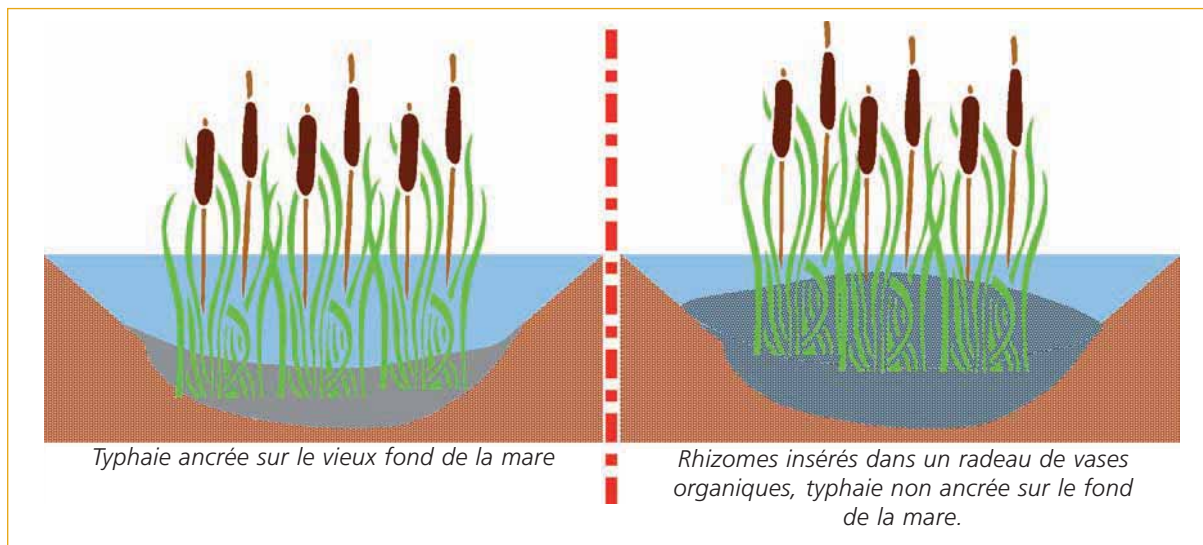
Sur les berges, on note le développement d'un saule et la complète végétalisation des déblais issus du creusement.



Septembre 2005 : forte accélération de la dynamique d'embroussaillage des berges par des saules, aulnes et bouleaux, implantés sur le talus formé par les déblais.

Au cœur de la mare, la typhaie occupe maintenant 80% de la surface. Peu profonde, très ensoleillée, entièrement colonisée par des macrophytes, la mare s'assèche totalement en fin d'été.





La réussite est liée à la nature du substrat, à la façon dont les massettes sont ancrées, à la profondeur d'enfouissement du rhizome, aux hauteurs d'eau et surtout aux dates d'intervention.

Les techniques présentées plus bas n'ont été testées que dans quelques mares et restent donc très expérimentales. Leur mise en œuvre est avant tout conditionnée par la façon dont les massettes sont implantées dans la mare.

Lorsque la typhaie s'est développée sur le vieux fond de la mare ou dans une couche de vases compactes, argileuses ou limoneuses, le rhizome forme un enchevêtrement (un laci) très difficile à extraire, car solidement implanté dans le substrat de la mare (schéma en haut à gauche). Par contre, si la typhaie « flotte » sur des vases organiques épaisses (schéma en haut à droite), le rhizome est assez facile à extraire par des moyens mécaniques, la typhaie constituant une sorte de radeau très mobile.

Quelques solutions pour tenter de contenir les massettes au sein de la mare :

Précautions à prendre

Contrôler la dynamique d'envahissement d'une mare par des massettes revient à intervenir principalement en période de croissance des végétaux, c'est à dire à une époque où d'autres espèces, végétales ou animales, sont elles aussi en plein développement ; certaines utilisant la typhaie comme micro-habitat. C'est pour cela que l'intervention doit être partielle et qu'il convient de laisser des zones refuges. Par exemple, les travaux peuvent être concentrés sur les zones de colonisation récente des massettes, sans toucher aux parties les plus anciennes, ou alors de façon très modérée : recépage des accrues ligneux s'implantant dans la vieille typhaie durant l'hiver ou, s'il n'y a pas de nidification, en avril : épuisement plus rapide des souches et des rejets.

Faucardage sous aquatique



5 mois après le faucardage d'hiver des massettes



6 mois après le faucardage d'hiver : repousse des massettes

Il s'agit d'une opération de fauche, la coupe étant opérée sous le fil de l'eau. La période d'intervention est primordiale et, à techniques identiques, peut avoir des résultats totalement opposés selon qu'elle soit réalisée en hiver ou au printemps.

- **Faucardage sous-aquatique d'automne ou d'hiver** : favorise la repousse des massettes au printemps suivant.
- **Faucardage sous-aquatique de printemps - été** : réduit la production du nombre de tiges et épuise le rhizome, tributaire de l'oxygène apporté par les tiges aériennes en période de végétation. L'intervention est à réaliser entre mai et juillet et peut nécessiter deux passages, le premier en mai-juin, le second en juillet, afin d'éliminer un grand nombre de pousses de l'année. Renouveler deux années consécutives si nécessaire : cas de typhaies très denses, avec un important lacinis de rhizomes.

Techniquement, faucarder une mare n'est pas toujours simple. La mise à l'eau d'une barge de faucardage n'est pas des plus évidentes dans une mare de faible dimension et peut s'avérer inefficace si l'engin ne dispose pas de place suffisante pour manœuvrer. D'autres moyens de coupe mécanique peuvent être envisagés :

- La typhaie à faucher est accessible depuis la berge : une pelle mécanique munie d'un godet faucardeur peut réaliser les travaux ;
- La typhaie est accessible à pied en marchant sur le fond de la mare : faucardage au moyen d'une débroussailleuse portée à lame circulaire ou d'un croissant, qui évite les apports d'huile dans la mare. Une solution plus douce pour le milieu, évitant

l'emploi d'outils mécaniques, peut être proposée : l'arrachage manuel des jeunes pousses de *Typha*.

Arrachage manuel des massettes

Cette méthode s'applique en période de végéta-



10 mai 2006 : arrachage manuel de *Typha latifolia*

tion, aux pousses de l'année. Les tiges de massettes sont saisies à leur base, en général sous l'eau, et sont arrachées doucement (photos page 171).

Une expérimentation menée au printemps 2006 montre que sept tiges sur dix sont sectionnées à l'arrachage (ce qui équivaut à un faucardage manuel) et trois sur dix permettent d'extraire un morceau plus ou moins long de rhizome.

L'arrachage manuel demande peu d'efforts physiques et peut être mis en œuvre facilement. Néanmoins, la progression reste lente : environ 3 heures/100m² de typhaie dense à deux personnes, progressant dans 20 cm d'eau et 5 à 40 cm de vases argileuses très collantes.



Avant l'arrachage des massettes



Arrachage des massettes terminé



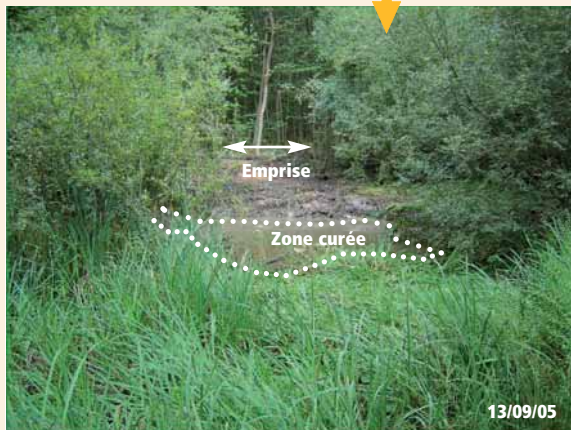
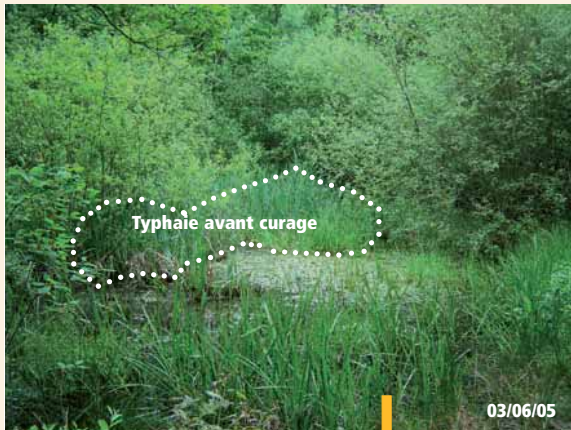
Deux mois après l'arrachage des massettes

L'utilisation d'une barque permet de déposer à mesure les végétaux extraits et évite des aller-retour vers la berge pour y stocker provisoirement les tiges. Si besoin, râtelier les éventuels morceaux de rhizomes remontés en surface et les entreposer loin de la mare.

Qu'il s'agisse de faucardage ou d'arrachage, il est impératif d'exporter hors de la mare le maximum de végétaux coupés. Ils peuvent être entreposés en retrait des berges, au-delà de la ligne de hautes eaux ou bien être évacués plus loin dans la parcelle, selon la situation de la mare : fréquentation forte du public.



Forêt Domaniale de Dourdan Mare du carrefour de Nemours



Contexte

Mare située en zone d'accueil du public, directement bordée par un GR, la route forestière de Bonchamp et un parking.

En juillet 2005, elle est encore en eau, contrairement à la majorité des mares du massif. Elle est couverte à 90 % par des macrophytes (*Potamogeton*, *Sparganium*, *Salix*, *Typha*, etc.) qui la comblent progressivement.

Au niveau batrachologique, plusieurs larves de *Triturus cristatus* (PN – All DHFF) sont trouvées par la SBF, mais aussi probablement de *T. vulgaris* (PN et rare).

Objectif des travaux

- ralentir le comblement de la mare.
- conserver des faciès d'eau libre en faveur des amphibiens et de la faune aquatique.

L'intervention, très localisée, porte uniquement sur les massettes dont la dynamique de colonisation peut conduire à un comblement total et un assèchement rapide de la mare. L'opération consiste à en exporter la majeure partie, en extrayant le lacis de rhizomes et les tiges de l'année.

Extraction des massettes (13/09/05)

- ouverture dans le perchis riverain d'un axe de cheminement jusqu'à la mare pour la pelle et le tracteur.
- ouverture d'une emprise de 10 m de large dans le cordon de saules, au Nord de la mare, pour la pelle. Accès à la zone de curage en passant sur des traverses en perches de chêne, posées dans la zone à rubaniers (photo ci-contre).
- extraction à la pelle mécanique de 80 % des massettes, situées au cœur de la mare.
- chargement sur remorque et évacuation des produits de curage dans la parcelle voisine. douze rotations de 4 m³ chacune. Les contraintes liées à l'accueil du public et la densité du peuplement riverain ne permettent pas d'y déposer les débris végétaux.



La zone curée occupe environ 50 m². La profondeur de curage est de 90 cm (= fond de la mare). Juste après l'extraction des massettes, une lame d'eau de 30 cm est obtenue. Elle atteint 84 cm le printemps suivant et aucun *Typha* ne repousse.

Durée des travaux

- dégagement de l'emprise : 1 h 00.
- curage + évacuation de 48 m³ : 3 h 15.

Moyens techniques

- pelle 20 T avec godet excavateur d'1 m³.
- tracteur + remorque.
- tronçonneuse.



Extraction à la pelle mécanique



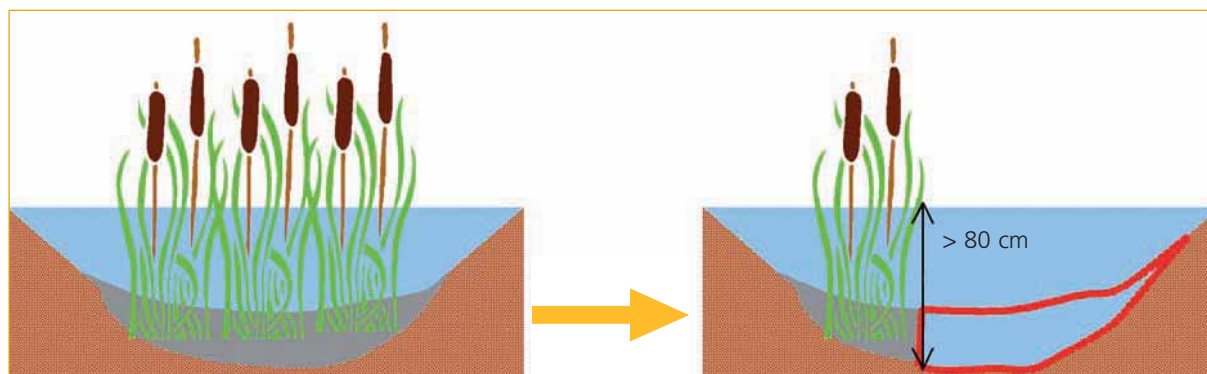
Restauration d'un faciès d'eau libre par curage de massettes : suite aux travaux les *Typha* ont disparu de la zone curée

L'extraction de massettes à la pelle mécanique (godet d'excavation) est uniquement adaptée aux typhaias ancrées sur des radeaux de vases organiques qui flottent au-dessus du fond de la mare. Cette méthode permet d'extraire aisément l'ensemble du rhizome et de recréer ainsi une zone d'eau libre.

Le curage d'une typhaie ancrée directement sur le fond de la mare n'est, en général, pas recommandé car :

- opéré en période hivernale, le curage favorisera un fort développement des massettes au printemps suivant, l'extraction de l'ensemble du rhizome étant d'autant plus difficile que la typhaie est dense et âgée;
- il n'est pas souhaitable de curer une mare en eau au printemps, compte tenu de la présence d'autres espèces qui sont en pleine période de reproduction.

Cependant, si la mare est totalement colonisée par les massettes (forte baisse de biodiversité), un curage de printemps ou de début d'été (mai à juillet) peut alors être tenté sur une partie limitée de la mare (deux tiers de la surface maximum). Si possible : surcreuser la zone curée, sans percer le fond, pour obtenir une lame d'eau d'au moins 80cm, qui ralentira la recolonisation. Ce type d'opération est très aléatoire, si le remplissage de la mare dépend totalement de la pluviométrie ou de la nappe (succession d'années sèches, baisse du niveau de la nappe phréatique). Des interventions par faucardage ou arrachage manuel peuvent s'avérer nécessaires les années suivant le curage, pour contenir d'éventuels rejets de massettes.



Pose de bâches noires

La pose de bâches noires micro-poreuses directement sur les massettes empêche la photosynthèse et conduit à la mort du rhizome. Cette méthode utilisée dans les grandes typhaies de queue d'étang (Réserve Naturelle de St Quentin en Yvelines, 78) peut être expérimentée sur des mares à condition que :

- la zone bâchée ne soit pas accessible aux ongules, sangliers en particulier ;
- la bâche ne dérive pas avec les variations de niveaux d'eau.
- la mare ne subisse pas de contraintes fortes vis à vis de l'accueil du public.

Il est indispensable que la bâche soit poreuse, de façon à libérer les bulles de méthane qui apparaissent par fermentation. Il convient d'arrimer solidement cette bâche et de la placer directement sur les tiges mortes, sans hésiter à les rabaisser. L'époque la plus propice à l'installation d'un tel dispositif est donc l'hiver. La durée de traitement doit couvrir l'ensemble de la période de végétation. Il est vivement conseillé d'enlever la bâche avant que celle-ci se dégrade et ne finisse en lambeaux dans la mare.

Traitement chimique

L'usage de désherbant chimique tel que le Dalapon s'est révélé efficace pour réduire certaines grandes typhaies lacustres. Ce produit, qui se dégrade en 6 semaines, reste néanmoins à proscrire dans nos mares : l'impact écologique peut être désastreux au sein de ces micro-zones humides.

Les phragmites

Phragmites australis est le second grand héliophyte qui peut poser des problèmes dans la gestion des mares : colonisation générale du plan d'eau, assèchement de la mare, banalisation du milieu. Les phragmites possèdent une large amplitude écologique, puisqu'ils :

- colonisent une vaste gamme de substrats (sables fins ou grossiers, vases argileuses, sablo-argileuses, tourbeuses, organiques), avec des pH variant de 3 à 7,5 ;
- s'adaptent à de fortes variations de niveaux d'eau : 0 à 2,7 m d'eau, l'optimum écologique se situant entre 0,2 m et 1,5 m de hauteur d'eau au printemps ;

- tolèrent très bien les assèchements prolongés de fin d'été et d'automne ;
- produisent des rhizomes très longévifs (3 à 20 ans), s'enterrant profondément dans le substrat (jusqu'à 5 m) ;
- peuvent gagner jusqu'à 6 m par an sur le plan d'eau.

De nombreuses méthodes ont été développées pour dynamiser ou, à l'inverse, pour contenir l'extension des phragmitaies (produits chimiques, compression de sol, brûlage dirigé, pâturage extensif, etc.). Seules deux paraissent pouvoir s'adapter dans certaines conditions aux mares :

- le faucardage ;
- l'extraction à la pelle mécanique.

Faucardage

La coupe des phragmites en période de végétation (d'avril à fin septembre) est un bon moyen de contrôler l'extension de la roselière à l'ensemble de la mare. Encore faut-il pouvoir accéder aux roseaux... Pour être efficace, il convient d'opérer 2 fois dans l'année, en pleine période de croissance du roseau, par exemple :

- 1^{er} passage fin avril - début mai ;
- 2^e passage mi-juin.

Il peut être nécessaire de renouveler 2 à 3 ans de suite ces travaux. Les produits de fauchage doivent être exportés. Techniquement, la coupe peut s'effectuer au-dessus ou en dessous du fil de l'eau.

Intervenir en période printanière ou estivale dans un milieu n'est pas sans conséquence. Avant de faucarder, il convient d'évaluer si la phragmitaie n'héberge pas d'espèces patrimoniales, ce qui est rarement le cas dans les mares, du fait de la petite taille de la roselière. Tout fauchage réalisé en dehors de la période de végétation contribuera à dynamiser les phragmites... et leur rhizome.

L'extraction à la pelle mécanique

Le curage d'une phragmitaie peut avoir comme effet de redynamiser le rhizome, si celui-ci n'est pas totalement extrait. Au vu de son aptitude à s'ancrer profondément dans le substrat de la mare, son éradication complète paraît hasardeuse, dans de telles circonstances. Pour les mêmes raisons, le surcreusement au pied des phragmites n'est pas forcément idéal pour en limiter l'extension.

Cependant, si la phragmitaie occupe un radeau flottant (voir les schémas concernant la typhaie : les rhizomes ne sont pas accrochés sur le fond de la mare) le curage à la pelle mécanique permet de réduire la surface colonisée en roseaux.

En savoir plus sur la gestion des (grandes) roselières :

Office National de la Chasse (1984) – Récolte et utilisation des hélophytes, EPA., Rapport décembre 1984 : 227p. + annexes.

Havet P., Schricke V. (1986) – Protéger les zones humides... Oui mais comment ? 1^{re} Partie - le Roseau : biologie et écologie ; 2^e Partie - les autres hélophytes : biologie et écologie. Bulletins mensuels ONC n°105 et 106.

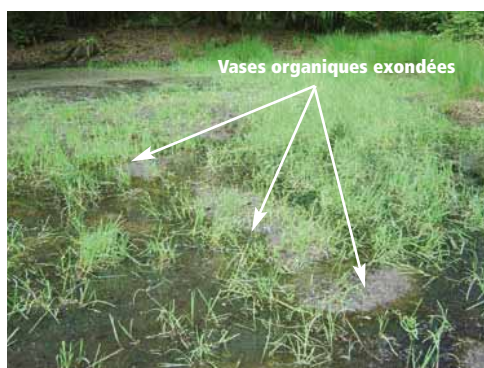
Columa-ANPP. (1987) – Les plantes aquatiques ; tome IV. Entretien, désherbage. Association de Coordination Technique Agricole, 2^e édition : 40p.

Trotignon Jacques (2000) – Des étangs pour la vie. Améliorer la gestion des étangs. Nouvelle édition. ATEN & LPO : 70p.

La glycérie

Glyceria fluitans est une plante commune des vieilles mares, qui se rencontre sous deux formes :
- terrestre : la plante se dressant en touffes ;
- aquatique : la plante flottant à la surface, sa tige fixée au fond. Dans ce cas sa reproduction est végétative à partir de sa souche rampante.

Elle apparaît dans des milieux fortement comblés en vases organiques molles, mêlées de débris végétaux non décomposés, en particulier des feuilles mortes. Elle affectionne ces substrats instables en eaux peu profondes, subissant des fluctuations marquées du niveau d'eau. Elle s'adapte très bien à l'assèchement de la mare, dont elle peut en être la cause principale : ses herbiers, très recouvrants, capturent et stockent les sédiments ainsi que les débris organiques. Ils s'amoncellent en une couche épaisse qui s'exonde, donnant l'impression d'un assèchement complet de la mare. En s'accumulant, la plante (forme terrestre) crée un « bouchon » de végétation qui recouvre les vases organiques mal décomposées où de l'eau, restée prisonnière, apporte l'hydromorphie nécessaire à la glycérie, qui poursuit ainsi l'envahissement de la mare.



Colonisation des vases organiques immergées et exondées par la glycérie (photos de gauche et du centre).
A terme l'herbier forme un « bouchon » qui occupe l'ensemble de la mare et l'assèche en surface (photo de droite).
Des ligneux profitent de ce substrat pour s'implanter

La glycérie possède une grande amplitude écologique, puisqu'elle se développe dans des plans d'eau peu éclairés, aussi bien que dans des mares très ouvertes. D'ailleurs, elle s'étend rapidement après une mise en lumière. Elle possède certainement un fort potentiel séminal, puisqu'elle est capable de reconquérir une mare dès la 1^{re} saison de végétation suivant un curage, même si celui-ci s'est appliqué à évacuer un grand volume de vases organiques, pour revenir à un substrat plus minéral.

Glyceria fluitans tolère des niveaux d'eau jusqu'à 80 cm en été, avec un optimum écologique situé entre 0 et 70 cm d'eau, en période de végétation. Elle peut constituer des faciès denses, qui supplantent à terme les hydrophytes situés dans une lame d'eau inférieure à 80 cm.

La feuille de glycérie offre un bon support de pontes pour les tritons. Mais globalement, la faune associée aux glycériaies semble peu diversifiée, notamment chez les invertébrés aquatiques.

Curage

Le curage est le mode d'intervention le plus adapté aux mares envahies de glycérie. Néanmoins, le gestionnaire doit avoir à l'esprit que la glycérie revient malgré tout assez vite. Pour cette raison, le curage d'une mare comblée en glycérie doit tenter d'en extraire la totalité, tant que cela ne nuit pas à une autre espèce.

Diverses observations de terrain montrent qu'un curage opéré à sec, avec retour à un substrat minéral, en particulier argilo-sableux, semble ralentir la vitesse de recolonisation de la glycérie, par rapport à un curage réalisé dans une mare (partiellement) en eau, où des vases organiques molles restent présentes.

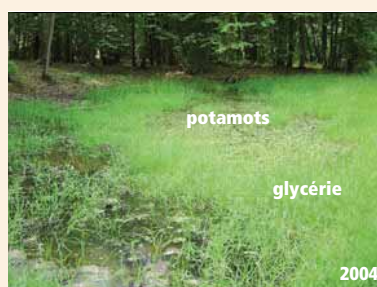


Début du curage d'un faciès à glycérie

Exemple d'évolution d'un herbier à glycérie dans une mare :



5^e saison de végétation après le curage de cette ancienne mare : la glycérie colonise depuis les rives jusqu'à 60 cm de fond. Entre 60 et 80 cm se développe un herbier de potamots. Au delà de 80 cm : eau libre. La mare s'étend sur 250 m² environ.



L'année suivante, la glycérie s'implante dans la zone à potamots. Le faciès d'eau libre disparaît, tandis que l'accumulation de vases organiques et de feuilles mortes réduisent la hauteur d'eau maximale à environ 60 cm.



En 2006, la glycérie a colonisé toute la mare. Des faciès d'eau libre peu profonds (5 à 20 cm) sont maintenus par les sangliers qui viennent se baigner dans la mare, dont la profondeur maximale ne dépasse pas 50 cm.



Photo de gauche : mare comblée par la glycérie. Photos du centre et à droite : le curage de la glycérie a permis de rétablir une lame d'eau de 80 cm au printemps suivant, suffisante pour que la glycérie ne repousse pas immédiatement.

Surcreusement du fond de la mare

Le surcreusement du fond de la mare permet d'augmenter la hauteur d'eau et sa capacité de stockage. Le curage peut être l'occasion de créer ces zones plus profondes, qui diminueront les possibilités d'extension de la glycérie : l'idéal est d'obtenir une lame d'eau de 70-80 cm minimum, profondeur à partir de laquelle cette plante se développe beaucoup plus difficilement. Si l'épaisseur du fond imperméable de la mare le permet, décaisser au minimum 40 à 50 m². A noter que le creusement de petites fosses de superficie trop réduite ne permet pas de contenir l'extension de la glycérie.

Le surcreusement créé un point bas dans la mare, où s'accumulent progressivement les vases et les débris organiques. Il convient donc de rafraîchir ces zones profondes par des curages légers, selon des pas de temps très variables, en fonction de la vitesse de comblement des zones surcreusées : 10, 15 ans, ou plus.

Recreuser le fond d'une mare peut mettre en suspension certaines argiles qui donneront à l'eau, durant plusieurs mois, une forte turbidité, une couleur jaunâtre, parfois ocre. Cette turbidité excessive n'apparaît pas si leur surcreusement est opéré uniquement dans la couche gris-bleue ou verdâtre des gleys.



Curage de glycérie lors de l'assèchement complet de la mare. La zone est surcreusée jusqu'à l'apparition des gleys (en gris) qui forment le vieux fond.

Exemple d'évolution d'une zone à *Glyceria fluitans* après surcreusement



Glycérie avant curage

Juin 2003 : herbier de glycérie comblant la mare, lame d'eau réduite à 5 cm.



Zone à glycérie après curage et surcreusement

Septembre 2003 : la zone à glycérie est curée en pente abrupte et le fond surcreusé jusqu'à 70 cm sous le niveau initial. Une pente douce est aussi aménagée.



Zone surcreusée remise en eau

Juin 2004 : la glycérie ne recolonise pas la zone profonde, recouverte d'une lame d'eau d'environ 60 cm à cette date.



Potamots et renoncules glycérie

Juin 2006 : *Potamogeton natans* et *Ranunculus trichophyllus* se développent dans la zone surcreusée. La glycérie apparaît uniquement sur la rive aménagée en pente douce.

Pour contenir la glycérie, ne pas hésiter à rehausser la hauteur d'eau, si la mare est équipée d'un ouvrage de régulation du niveau d'eau.

Les joncs, les carex et la molinie

Les mares peu profondes à fond plat, ainsi que les mares aux berges en pente douce, peuvent accueillir une végétation qui forme des touradons, témoins des variations de hauteurs d'eau. Il s'agit surtout de grands carex, de joncs (*Juncus effusus*,

J. conglomeratus) et de la molinie. Petit à petit ces touradons vont combler les zones de basses eaux, voire l'ensemble de la mare si elle est très plane. Il est possible de limiter leur extension en pratiquant :

- des décapages (ou démottages) ;
- des surcreusements.

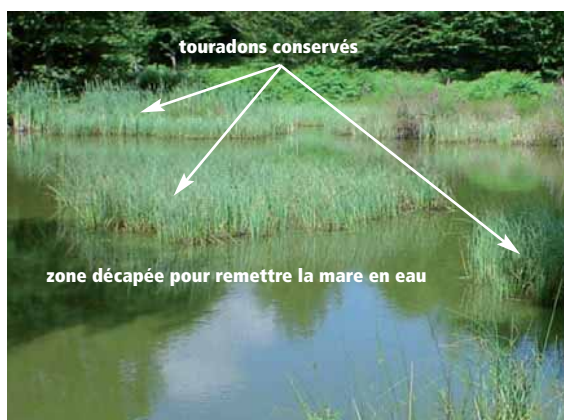
Attention certains grands carex sont protégés, ou localement rares, et un bilan floristique s'avère nécessaire avant de lancer des travaux.

Décapage et démottage

Les décapages et les démottages consistent à extraire certains végétaux (et non les vases) en les raclant à leur base, jusqu'au substrat.

Cette opération libère de l'espace pour redonner des faciès d'eau libre à la mare. Selon sa superficie, il est possible de conserver partiellement différents massifs d'hélophytes, en gardant par place des touradons de végétation, ce qui permet d'augmenter l'écotone eau libre / ceinture d'hélophytes.

Le décapage limite, en général durablement, le retour des grands *Carex* et des grands joncs.



Décapage d'une mare comblée et asséchée



15 décembre 2004 : la mare est décapée jusqu'au fond argileux. Une partie des joncs et des carex sont conservés, le décapage opérant un surcreusement de 10 à 30 cm au pied de ces hélophytes.



16 mai 2006 : les précipitations ont permis de remettre la mare en eau. La jonçaie et la cariçaie préservées lors du décapage se sont maintenues, sans s'étendre vers le reste de la mare.

Démottage de molinie dans une petite mare peu profonde (environ 40 cm) :



7 novembre 2004 : mare comblée par de la molinie et de la glycérie. Une flaqua subsiste au centre, régulièrement remaniée par les sangliers (au premier plan sur la photo). Cette mare héberge une plante protégée (*Luronium natans*) dont la pérennité n'est plus assurée dans ce milieu comblé par la vase, la glycérie et la molinie.

16 mai 2006 : le démottage a permis de remettre en eau la mare, où *Luronium natans* a abondamment colonisé les parties décapées jusqu'au substrat minéral, dès juin 2005. Plus d'une centaine de pieds sont observés après les travaux, contre seulement 1 ou 2 avant l'intervention.

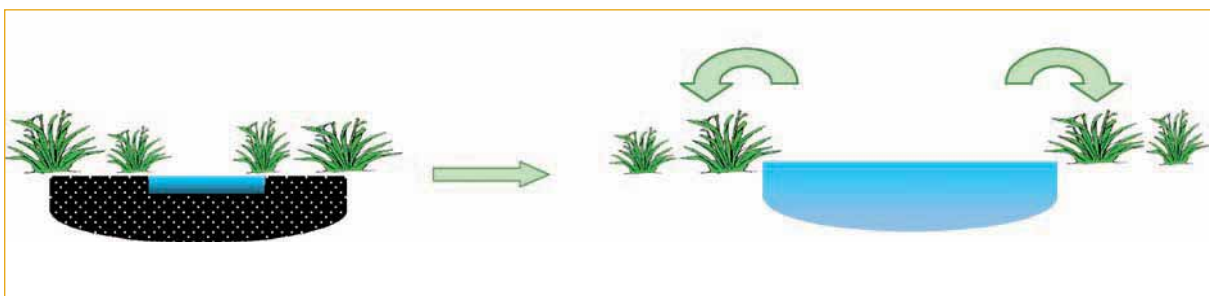
Les substrats mis à nu sont surtout colonisés par une flore composée de plantes de petite taille (*Juncus bulbosus*, *Eleocharis*, etc.) qui vont créer des prairies rases humides, voire des gazons flottants où des espèces très patrimoniales telles que *Pilularia globulifera* sont susceptibles de se développer.

Les saules et la végétation arbustive

Les saules poussent sur les berges de la mare, à la faveur d'un sol humide. Ils colonisent aussi

l'intérieur des plans d'eau, profitant des héliophytes en place, parmi lesquels ils s'implantent. Ils occupent les zones d'accumulation de matières organiques, qui s'exondent l'été, aussi bien que les tapis de sphaignes, où bouleaux, pins, trembles, aulnes, etc. viennent par la suite. L'arrivée des saules marque le début de la phase d'évolution de la mare vers un boisement humide, tourbeux ou non. A terme, les vieilles mares peuvent disparaître au profit d'un petit marécage forestier : le milieu aquatique n'existe plus.

Les touradons peuvent être redéposés plus loin. Si les conditions d'hygrométrie sont suffisantes, ces plantes ne meurent pas ce qui permet, dans les mares de petite taille, de conserver des parvo-roselières, tout en réduisant le comblement de la mare.

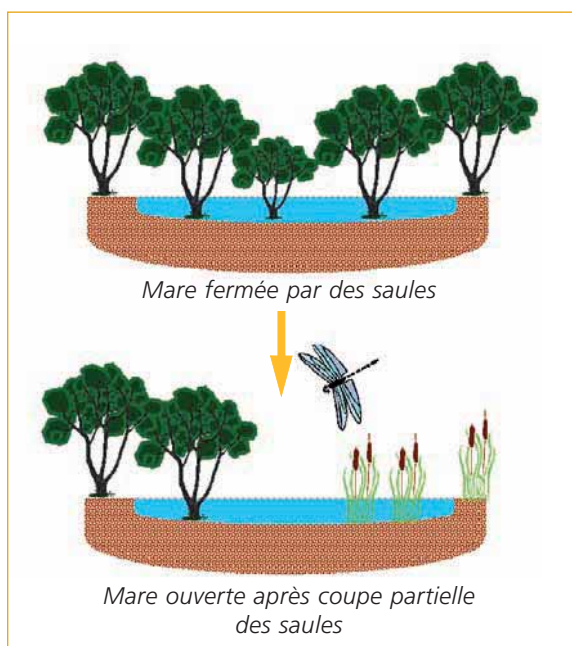


Les saules peuvent rester plusieurs années sous forme de semis et de tiges basses (deux mètres), sans donner l'impression de s'étendre, jusqu'au moment où ils vont accélérer subitement leur croissance et leur extension dans la mare. Une succession d'années sèches, entraînant une baisse prolongée du niveau moyen de la mare, favorise l'accroissement soudain de ces arbustes.

Conserver un milieu aquatique, revient souvent à limiter l'extension de la saulaie, ou à en réduire la surface. Les principales techniques de gestion de la végétation ligneuse reposent sur des travaux d'abattage, de recépage, mais aussi de curage-arrachage mécanique, voire de surcreusement. L'éradication de ces faciès boisés n'est pas toujours souhaitable (voir plus bas "plaidoyer pour les vieilles mares boisées"). L'intervention sur l'ensemble de la mare n'est pas forcément nécessaire. Plus celle-ci est grande et plus il est possible d'offrir différents habitats, dont des saulaies.

Abattage - recépage

La coupe des saules implantés dans la mare permet d'apporter de la lumière au niveau du plan d'eau, ce qui a pour effet de dynamiser les hélophytes et de restaurer ainsi quelques « ceintures » de végétation. Ces travaux sont souvent limités par les conditions d'accès des ouvriers : hauteur d'eau, épaisseur des vases.



En outre, il s'agit d'interventions récurrentes, car une saulaie déboisée doit être impérativement entretenue si le gestionnaire ne veut pas perdre le bénéfice de ses travaux. Plus le pas de temps entre deux coupes de rejets est long, plus le volume à traiter augmente. Il est conseillé de procéder à des recépages tous les trois à cinq ans maximum, selon la vigueur des rejets.

Quand intervenir sur les saules ?



Ouvriers forestiers coupant les saules d'une mare, en hiver

L'abattage ou le recépage pratiqués en hiver réduisent le volume et le poids des rémanents. Par temps de gel prolongé, la coupe au ras de la glace altère fortement la souche, ce qui réduit considérablement les rejets.

Au printemps, en période de croissance, la coupe au ras de l'eau (ou sous l'eau) fatigue aussi énormément la souche. Intervenir à cette époque implique un volume plus important de rémanents, ce qui ne pose pas de problème majeur s'il s'agit de rejets âgés de trois ans. Il n'en est pas de même si la coupe a lieu dans un faciès de vieux saules.

Intervenir en période de basses eaux facilite les travaux et permet aussi de ralentir la repousse des saules : en remontant à mesure du remplissage, la lame d'eau recouvre les souches. Restées noyées durant l'hiver et une partie du printemps, elles rejettent moins vigoureusement et certaines meurent. Si la mare le permet, ne pas hésiter à baisser le niveau d'eau quelques temps avant les travaux, de préférence en hiver, le remplissage après intervention étant plus rapide.



Décembre 2001, l'ouvrier forestier recèpe des rejets de saules. Le niveau d'eau a été baissé une semaine avant les travaux (pointillés : hauteur maximale de l'eau).

Février 2002 : l'eau recouvre entièrement les souches de saules dont les rejets viennent d'être recépés.

Juillet 2003 : les souches émergent de la mare à l'étiage. Elles ne produisent aucun rejet.

Des modifications importantes de l'hydrologie des mares sont observées depuis 2003, jusqu'à ce jour (2006). Les étiages sont de plus en plus prolongés et de nombreuses mares sont encore très basses en novembre, voire en décembre : c'est l'occasion de profiter de ces assèchements prolongés pour intervenir sur les saules : absence de feuillage, lame d'eau réduite.

Organisation du chantier d'abattage

Dans le cas de vieilles saulaies, prévoir en général trois ouvriers sur le chantier :

- un ouvrier à l'abattage ;
- deux ouvriers au façonnage, à l'exportation et la mise en andains des rémanents.

Le temps d'intervention est d'environ 5 heures / homme pour 100 m² de saulaie (abattage + exportation des rémanents).

Pour des travaux de recépage, une équipe de deux ouvriers peut suffire, si les rejets ne dépassent pas 3 - 4 mètres de haut.

Ne pas brûler les rémanents, mais les disposer en tas ou en andains en retrait de la mare : les branchages offrent des refuges terrestres pour les amphibiens et les reptiles qui fréquentent les abords de la mare.

Extraction à la pelle mécanique

L'arrachage des saules, ou des souches issues de l'abattage, permet de réduire fortement le problème des rejets et du contrôle de la dynamique de la saulaie, pour peu qu'une pelle puisse accéder et que le fond étanche soit suffisamment épais pour supporter le dessouchage : l'extraction des racines peut (très occasionnellement) altérer le substrat de la mare, dans le cas où la couche argileuse est fine. C'est pour cette raison que l'arrachage des saules à la pelle mécanique ou au câble ne convient pas systématiquement à toutes les situations.



Saulaie avant travaux d'abattage



Saulaie après la coupe : de nombreuses souches émergent de la mare, susceptibles de produire d'abondants rejets



la mare après le curage des souches de saules

Contenir l'extension des saules



Saulaie décaissée lors du curage de la mare par un creusement du substrat vaso-organique jusqu'à 80 cm environ (jalon = 1 mètre).



Saulaie après le remplissage de la mare, au printemps suivant : les cépées peuvent ainsi être maintenues, sans craindre leur extension rapide au reste de la mare restaurée.

Opérer un surcreusement ou bien curer jusqu'à 70 – 80 cm sous le niveau des saules permet d'éviter l'extension de ces ligneux dans le reste de la mare, la lame d'eau étant trop haute pour qu'ils poursuivent leur progression à l'intérieur du plan d'eau.

Exemple de vitesse d'embroussaillage d'une ceinture d'hélophytes par des saules

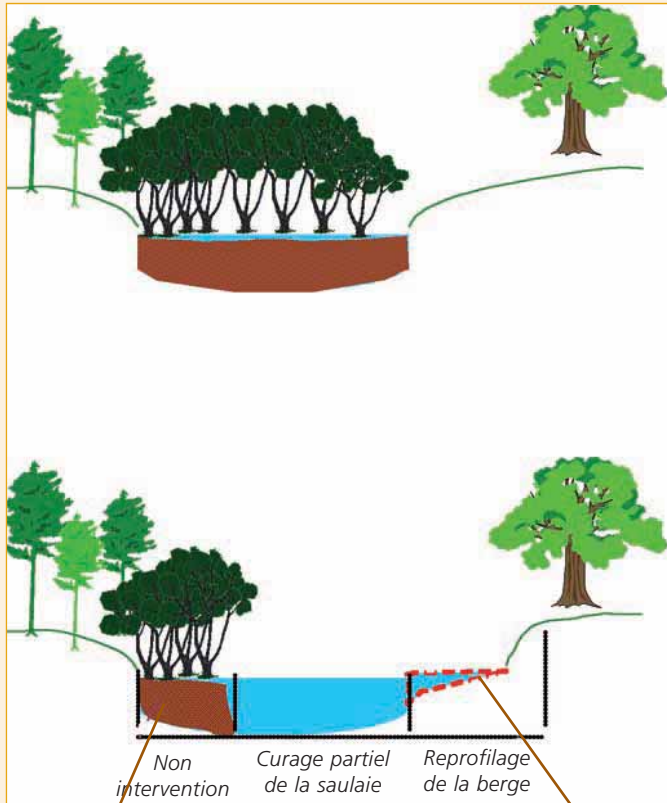


Été 2003 : la zone de marnage est partiellement colonisée par une ceinture de joncs, où s'implantent des semis de saules. Un cordon vigoureux de saules plus âgés est visible sur la droite, qui correspond au boisement des déblais du curage de 1992.



Mai 2006 : les jeunes saules supplantent maintenant la jonçaie et boisent densément la zone de marnage. A ce stade, des travaux de recépage sont nécessaires, aussi bien sur la rive que sur la zone de déblais.

Lutte contre le comblement d'une mare par de la végétation ligneuse



Aspect avant travaux :

La mare est envahie par des saules qui réduisent considérablement la taille du plan d'eau. L'accumulation de vases peut atteindre 1,5 à 2 mètres et diminue très fortement les possibilités de stockage de l'eau.

Travaux :

- Déboisement des deux tiers de la mare.
- Curage de la zone déboisée.
- Décaissement en pente abrupte au pied des saules.
- Reprofilage en pente douce de la berge déboisée.

Aspect après travaux :

La mare est réactivée, grâce à sa remise en eau. La berge reprofilée offre en fin d'été une zone de marnage très favorable à une flore spécialisée (*Pilularia globulifera*, *Eleogiton fluviatans*). Les saules conservés peuvent constituer à terme des milieux patrimoniaux.



14 ans après les travaux, la saulaie ne s'est pas étendue au reste de la zone surcreusée.

Par contre, au niveau de la zone de marnage, une forte dynamique de colonisation par des jeunes saules est observée depuis 2003, dans ce qui correspond à la partie moins profonde de la mare.

Gérer sans intervenir : plaider pour les vieilles mares boisées

Si l'on a démontré l'indispensable nécessité de gérer les mares, aux moyens de travaux de génie écologique, afin de les conserver en tant qu'écosystèmes aquatiques, il est cependant tout aussi nécessaire de maintenir de vieilles mares boisées.

Les boisements humides, qui se sont développés à l'endroit d'anciennes mares, constituent parfois des milieux à forts enjeux patrimoniaux (Directive Habitats, tourbe infra-aquatique conservant spores et pollens).

De fait, les aulnaies à *Carex* et les vieilles saulaies ne doivent pas faire l'objet de curage ou de déboisement systématiques, compte tenu de leur intérêt et de leur potentiel écologique. Les vieux saules hébergent une faune saproxylique et une bryoflore épiphyte parfois remarquables : *Agrilus guerini*, *Uloa brushii*, etc.

Gérer les mares, c'est donc aussi conserver de vieilles mares comblées, atterries et boisées.



Vieux saules dans la partie comblée d'une ancienne mare



Ancienne mare évoluée en saulaie : une bryoflore spécifique s'exprime sur les troncs, grâce au micro-climat particulier qu'engendre la présence temporaire de l'eau et le couvert forestier.

Tableau récapitulatif des principaux modes de régulation des macrophytes

Principaux macrophytes	Principales modalités d'intervention					
	faucardage	arrachage manuel	curage	décapage	abattage	recépage
<i>Typha latifolia</i>	mai à juillet	mai à juillet	septembre	-	-	-
<i>Phragmites australis</i>	fin avril à mi-juin	-	septembre	-	-	-
<i>Glyceria fluitans</i>	-	-	septembre à novembre	-	-	-
Joncs, Carex, Molinie	-	-	septembre à novembre	à l'étiage (août/septembre)	-	-
Saules et ligneux	-	-	septembre à novembre	-	toute l'année, dont gel prolongé et montée de sève	toute l'année, dont gel prolongé et montée de sève

Les dates mentionnées ci-dessus sont indicatives et correspondent aux époques généralement les plus appropriées pour chaque type d'intervention. Elles tiennent compte de la présence d'autres espèces dans la mare et de la période de végétation. Toutes ces dates conviennent d'être ajustées à la spécificité de chaque mare ou à des conditions climatiques ou hydrologiques particulières. Si les curages sont particulièrement recommandés entre septembre et octobre, ceux-ci peuvent être opérés plus tôt ou plus tard en saison, si la mare s'est asséchée de manière exceptionnelle.

Rappelons qu'il convient d'éviter de traiter uniformément une mare et qu'il est nécessaire, voire indispensable, de conserver une zone refuge, surtout si le milieu est en eau au moment des travaux.

3 La gestion des mares tourbeuses

Si les gestionnaires de tourbières conseillent généralement d'agir par petites touches, cette recommandation est d'autant plus valable pour nos mares tourbeuses intraforestières, milieu de taille réduite, où certaines interventions relèvent de l'échelle du mètre carré...

Ralentir le comblement

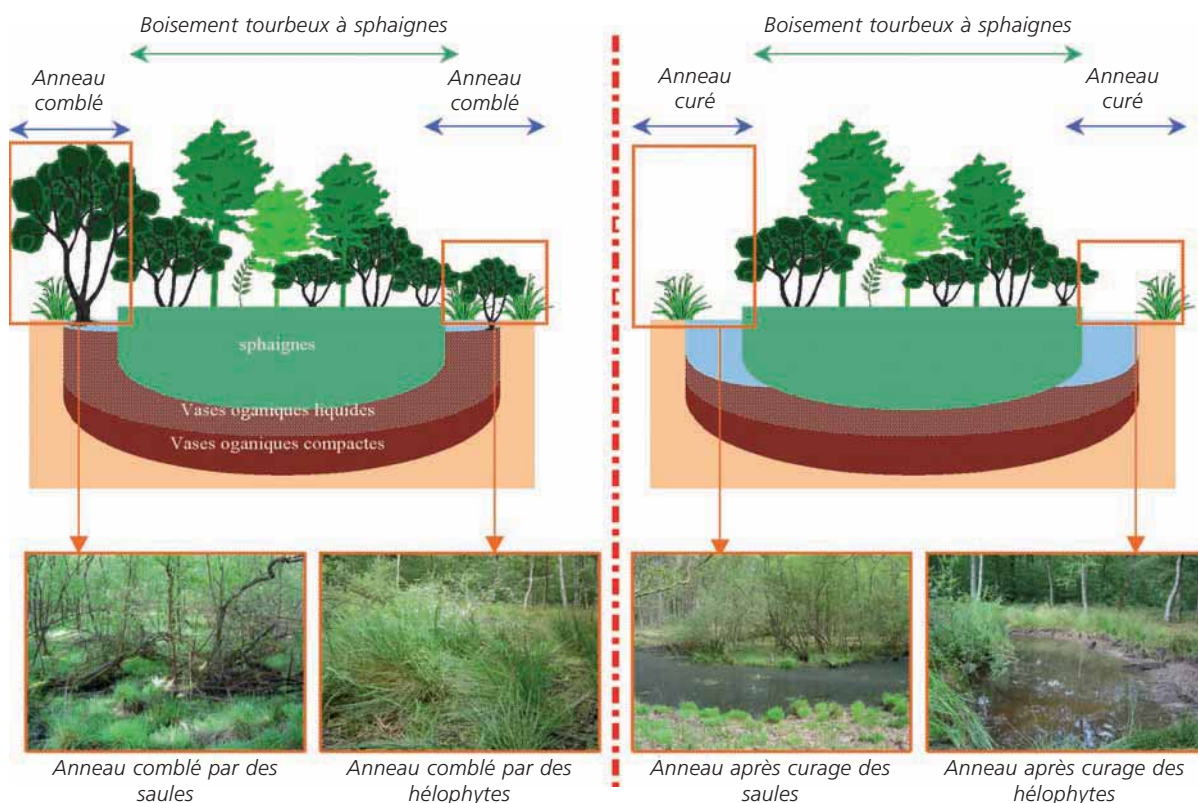
La formation de milieux tourbeux repose sur le comblement progressif du plan d'eau. Garder ce milieu tourbeux revient à maintenir certains stades de cette dynamique de comblement. Pour autant, des travaux à la périphérie de la zone tourbeuse, ou même à l'intérieur, permettent de redynamiser la tourbière et notamment son fonctionnement hydrologique.

Un curage de l'anneau qui cerne la zone tourbeuse est un bon moyen de favoriser l'alimentation en eau du radeau à sphaignes, par apport latéral. Le curage consiste à extraire une partie de la végétation et des vases organiques qui comblent l'anneau. Cela permet aussi de rétablir des

faciès favorables à certains hydrophytes des zones tourbeuses (utriculaires, *Menyanthes trifoliata*).

Il est plutôt recommandé d'intervenir de façon très occasionnelle, en ne curant qu'une portion ou bien uniquement des tronçons localisés, correspondant au quart ou au tiers maximum de la surface de l'anneau : présence possible de plantes typiques des boisements marécageux, telles que *Carex curta*, *Thelypteris palustris*, etc. Mais surtout, cela évite (ou limite) l'inversion des propriétés physico-chimiques de l'eau², qui peuvent s'eutrophiser suite au curage, alors que l'on cherche à conserver une certaine oligotrophie. Cependant, il est des cas où il s'avère nécessaire de remettre en eau l'ensemble de l'anneau. La restauration d'un cordon d'eau libre permet « d'isoler » la tourbière de certaines plantes du peuplement forestier riverain, en particulier les ronces. Il arrive qu'elles colonisent la tourbière en rampant par-dessus les grands héliophytes de l'anneau. Ce phénomène s'opère dans des mares tourbeuses très ouvertes, situées en parcelles de régénération. L'arrivée de la ronce dans un radeau tourbeux pose rapidement des problèmes de gestion : envahissement, banalisation de la flore, régression des plantes remarquables.

Mare tourbeuse boisée¹ : restauration de l'hydrologie de la tourbière par curage de l'anneau périphérique



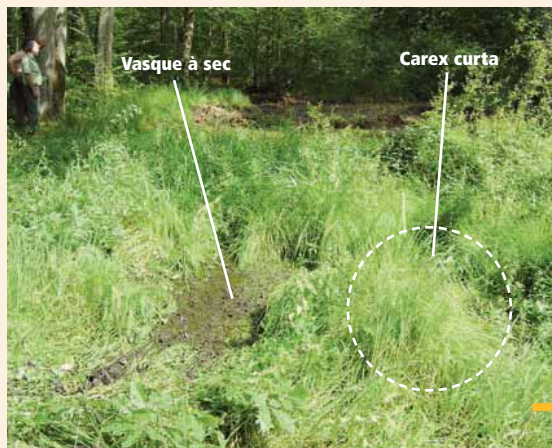
¹ Les proportions de l'épaisseur du substrat tourbeux sont volontairement exagérées, pour une meilleure compréhension des schémas.

² Le curage libère l'eau contenue dans les vases organiques et draine très légèrement l'îlot. L'eau, soudain plus oxygénée, permet la production d'azote et l'apparition d'algues et d'hydrophytes plutôt eutrophes, tels que les nénuphars.

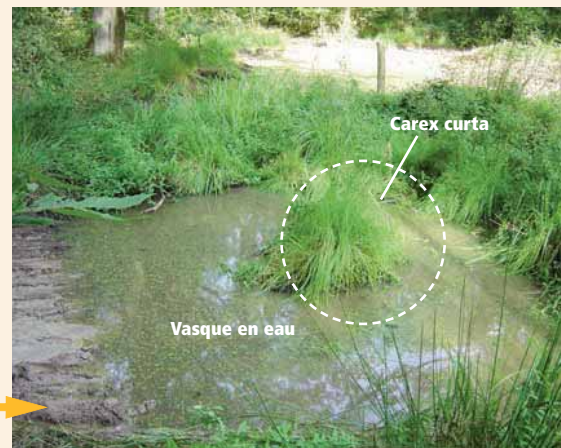
Le curage des mares tourbeuses : une intervention toujours partielle et très localisée

Le curage est un mode de gestion favorable à la conservation des mares tourbeuses, pour peu que celui-ci soit réalisé avec parcimonie, dans un secteur limité de la mare, en général en bordure de la zone tourbeuse.

Préservation des vasques à *Carex curta* lors du curage de l'anneau d'une mare tourbeuse



Vasque avant le curage



Vasque juste après le curage

Remise en eau d'une mare par curage, tout en préservant la zone tourbeuse



Avant travaux : zone tourbeuse boisée (à droite) et faciès comblé par la glycérie (à gauche).



Travaux : curage du faciès comblé par la glycérie, tout en préservant la tourbière boisée.



Après travaux : tourbière boisée (à droite) et zone curée (à gauche).



Une semaine après les travaux (13 septembre 2005)



6 mois après les travaux : inondation partielle de la zone tourbeuse (29 mars 2006)



9 mois après les travaux : l'eau est turbide à cause de la présence continue des sangliers (16 juin 2006)

Forêt domaniale de Dourdan - Mare 11 D

Mare à forts enjeux écologiques, qui héberge 2 plantes remarquables : *Carex curta* (PR), *Carex elata* (rare). Le milieu est occupé par un îlot central, couvrant 70% de la mare et un anneau périphérique totalement à sec en août 2005.

Objectif de l'intervention

Le curage doit permettre d'améliorer la capacité de rétention d'eau de la mare, de limiter son assèchement et de rétablir un contexte favorable aux héliophytes, progressivement colonisés par une végétation forestière.

Les travaux concernent la remise en eau partielle de l'anneau, par curage des débris végétaux et des vases. La partie Ouest n'est pas touchée, colonisée par *Carex elata*, de même que l'îlot boisé où se développe *Carex curta*.



Mare à l'étiage : 7 juin 2005



Mare à sec : curage, 29 août 2005



Mare remise en eau : 29 août 2005



Travaux (29 août 2005)

- curage des 2 tiers de l'anneau périphérique.
- creusement jusqu'au substrat argileux, sur une profondeur variant de 30 cm (en bord de berge) à 70-80 cm au pied de l'îlot. L'extraction des vases de l'anneau crée un « appel d'air » et provoque le ressuyage des vases et de l'eau jusqu'alors bloquées sous l'îlot.
- niveau d'eau 24 h après curage : 21 cm.



Curage de l'anneau – arrivée de l'eau



La topographie générale de la mare offrant des berges en pente plutôt raide, une anse à fond plat est aménagée en décaissant partiellement la berge Est.

Durée des travaux

- curage : 3 heures (environ 60 m³).
- retrait et régalage des vases : 40 mn.

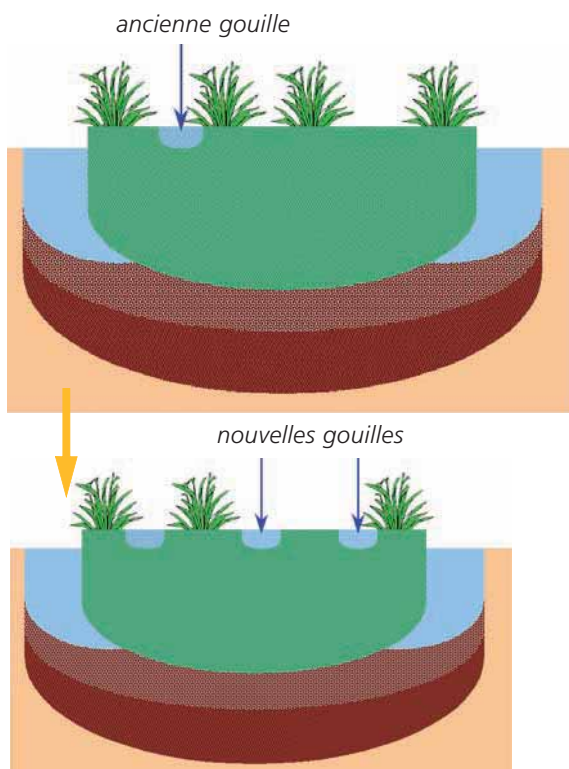
Moyens techniques

pelle 20 T, godet excavateur d'1 m³.

Conserver l'hygrométrie au cœur de la tourbière

Le curage dans l'anneau périphérique rétablit des zones d'eau libre au contact immédiat de la tourbière, sans agir pour autant à l'intérieur. Des actions très ciblées conduites dans l'îlot, comme le rafraîchissement ou la création de gouilles, permettent d'entretenir des micro-habitats tout à fait originaux, qui profitent notamment à des cortèges spécifiques d'invertébrés aquatiques. Recreuser légèrement la tourbière, sur des placettes peu profondes (20 à 50 cm) et n'excédant pas quelques mètres carrés, favorise notamment les coléoptères des zones tourbeuses. Créées dans les sphaignes, ces opérations permettent d'entretenir un cortège tout à fait intéressant auquel appartient le rare *Hydroporus scalesianus*. Ces micro-habitats apportent aussi un intérêt odonatologique : *Ceriatrion tenellum*, *Sympetrum danae*. Leur implantation nécessite une surface en sphaignes suffisante et doit s'opérer uniquement au sein des sphaignes les plus communes, telles que : *Sphagnum denticulatum*, *S. palustre*, *S. papillosum* var *laeve*, *S. fallax*, *S. flexuosum*.

Mare tourbeuse : diversification des micro-habitats de la tourbière par création de gouilles



Les gouilles peuvent être obtenues en enlevant directement des mottes de sphaignes, des touradons de joncs, etc, qui sont arrachés à la main, à la houe, ou découpés à la tronçonneuse (huile bio-dégradable) dans les parties basses de la tourbière, où s'observe un engorgement de surface qui inondera la future gouille :



Une dizaine de gouilles sont ainsi réalisées en 1 heure.



Gouille issue de l'arrachage de rejets de saules dans la partie la plus dégradée de la tourbière

Les gouilles peuvent aussi être créées à la faveur des travaux conduits pour ralentir la progression dans la tourbière de végétaux trop envahissants : joncs, ligneux, ronces. L'extraction de rejets arbustifs (photos ci-dessus), de touradons de joncs, l'arrachage de tiges rampantes de ronces, le tronçonnage en profondeur de petites souches (voir plus bas : Intervenir sur le boisement de la tourbière) sont autant de moyens pour surcreuser légèrement, par place, le radeau. Ces méthodes permettent à la fois d'obtenir de petites vasques et de limiter durablement le retour des végétaux envahissants.

Rajeunir la tourbière

L'étrépage rajeunit le milieu par enlèvement de la végétation et des premiers horizons du sol. Il rétablit un substrat, favorable aux plantes pionnières, ainsi qu'aux éventuelles graines stockées en profondeur. Conditionnés par l'état de conservation de la banque de semences, les résultats d'un étrépage sont très aléatoires. Dans les meilleurs cas, il dynamise des plantes **turficoles**, pionnières sur sols humifères :



Etrépage d'une zone à lysimaques sur un substrat de sphaignes mortes (06/09/05)



Etrépage terminé, réalisé à 10 cm de profondeur (06/09/05)



Fin d'hiver : la zone étrépee est partiellement inondée (14/03/06)



Zone étrépee, 8 mois après les travaux (23/05/06)

Drosera rotundifolia, *Rhynchospora alba*, *Anagallis tenella*, etc. Sinon, il diversifie la structure du milieu, en mettant à jour des faciès de tourbe nue que peuvent (re)coloniser particulièrement vite *Carex curta* et certains petits joncs (*Juncus gp. articulatus*).

La localisation d'un étrépage dans une mare tourbeuse repose sur :

- l'état d'évolution de la tourbière : étréper de préférence les zones les plus dégradées de la tourbière, où celles dont la végétation en place peut nuire aux éléments remarquables du milieu ;
- la nature du substrat : choisir de préférence une zone de tourbe humide compacte, ou bien un substrat sablo-tourbeux (cas typique des mares de platières ou de landes humides).

L'étrépage doit préserver les zones très riches en sphaignes et épargner notamment les tremblants, les espèces turfigènes étant défavorisées par ce mode de gestion. Il est préférable de travailler sur de petites surfaces de 1 à 5 m², la surface totale d'intervention restant si possible inférieure à 100 m².

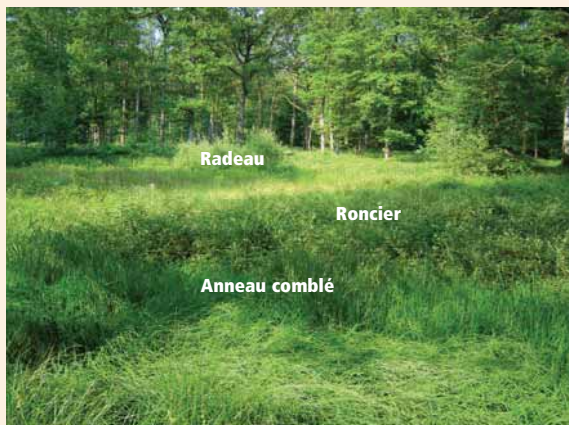
L'étrépage peut aussi être utilisé pour lutter contre la végétation envahissante. Si l'épaisseur de tourbe le permet, un décapage important (30 à 40 cm) peut ralentir durablement la dynamique de certains joncs, des ronces et, dans une moindre mesure, des accrus ligneux (voir exemple page suivante). La durée d'immersion ou l'importance de l'engorgement de la zone décapée conditionnent la réaction de ces végétaux. Si l'hydromorphie reste insuffisante, les ligneux et la ronce sont susceptibles de se réimplanter rapidement.



Tourbe brune étrépage suite à l'envahissement de la tourbière par des ronces. A gauche : vue d'ensemble. Au centre et à droite : gros plan sur la zone étrépage. 8 mois après les travaux, des tapis de sphaignes apparaissent sur le substrat décapé ainsi que *Carex curta*

Forêt domaniale de Dourdan - Mare 36 A

Site inclus en Znieff de type 1 en raison des milieux tourbeux qu'il abrite : la mare est essentiellement constituée d'un radeau flottant à sphaignes où pousse *Carex curta* (PR).



Contexte

Grande mare de 2,5 à 3 m de profondeur, colonisée à 90 % par un radeau de sphaignes, épais d'environ 1,5 m.

L'ouverture en régénération du peuplement forestier riverain a augmenté fortement l'apport de lumière et le développement des macrophytes au niveau de la mare.

Le cumul d'années plutôt sèches a de surcroît favorisé l'installation d'une végétation arbustive sur le radeau, en particulier de la ronce. Progressivement celle-ci supplante le groupement tourbeux en place et banalise le milieu.

L'anneau périphérique au radeau est comblé par des héliophytes et des vases. Il s'assèche en été.

Travaux de gestion conservatoire de la mare tourbeuse (7 septembre 2005)

L'objectif est de redynamiser la zone à sphaignes, en conservant un système de tourbière active. Pour cela, l'intervention a lieu à deux niveaux : le radeau et l'anneau.

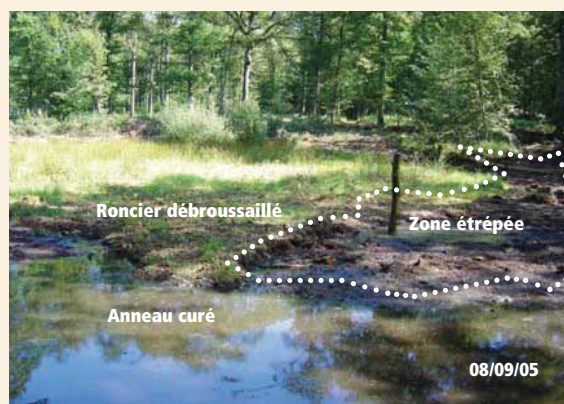
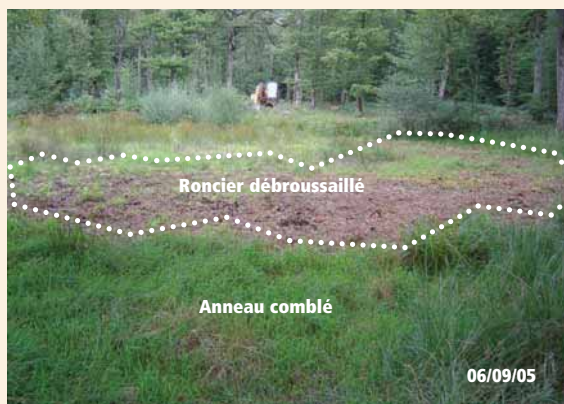
- gestion du radeau flottant :

- coupe du roncier qui s'étend sur le radeau, par deux ouvriers (débranchées à lames, août 2005) ;
- exportation des produits de fauche en dehors de la mare ;
- étrépage des 2/3 de la zone à ronces à la pelle mécanique (le reste n'étant pas accessible), en creusant environ 40 cm dans la sphaigne. Cette opération a pour but de limiter fortement la ronce et peut permettre de réactiver des plantes typiques des milieux turficols. 24 heures après l'étrépage, la différence de niveau entre la portion décapée et le reste du radeau n'est plus que de 15 cm (remontée de la tourbe réengorgée par le curage de l'anneau).

- gestion de l'anneau périphérique :

- curage partiel de l'anneau, par enlèvement de la glycérie, de la majeure partie des rubaniers et des vases organiques non décomposées (pelle 20 T, godet excavateur 1m³) ;
- évacuation des vases en retrait de la mare ;
- décapage de la végétation ligneuse implantée sur les berges et reprise en pente douce ;
- maintien/apport sur les rives de vieilles souches (zone de transit pour les amphibiens).

Le curage de l'anneau doit faciliter la remise en eau de la mare mais aussi du radeau, par imprégnation latérale des sphaignes.



Pour accéder au radeau, la pelle s'est mise en appui sur un caillebotis de perches de chêne, lui permettant ainsi de ne pas s'enfoncer. Elle a travaillé en s'avançant dans l'anneau autant que possible.

Durée des travaux

- débroussaillage : 0,5 jr d'ouvrier.
- curage – étrépage : 7 heures.
- régaling des vases : 2 heures.

Mare tourbeuse ouverte ou mare tourbeuse boisée ?

Mise en lumière totale de la tourbière par extraction de saules



Saulaie tourbeuse avant mise en lumière (janvier 2003)



Saulaie déboisée (février 2003)



4e saison de végétation après le déboisement de la saulaie (juin 2006)

Mise en lumière partielle de la tourbière

Il est parfois nécessaire d'expérimenter et de se donner du temps, en testant diverses modalités de mise en lumière : tout déboiser n'est pas forcément la meilleure gestion.



Zone totalement ouverte (65 m²)



Zone partiellement éclaircie (50 m²)



Zone témoin, conservée en l'état (100 m²)

Exemple de mise en lumière d'une mare tourbeuse boisée : ouverture d'une clairière dans la partie nord de l'îlot, création d'une zone de transition au centre et conservation d'un faciès témoin au sud de l'îlot.

Conservation de la tourbière boisée



Boulaies tourbeuses à sphaignes à conserver en l'état (Directive Habitats-Faune-Flore). Des éclaircies depuis les berges facilitent l'apport de lumière nécessaire aux plantes patrimoniales ainsi qu'aux lichens, sans altérer ces habitats remarquables.

Intervenir sur le boisement de la tourbière

Le développement d'une végétation arbustive puis arborescente peut pousser le gestionnaire à agir de façon assez intense sur la tourbière, en éradiquant au maximum les ligneux, souhaitant ainsi maintenir une tourbière ouverte et son cortège typique de plantes rares. Ces interventions se justifient donc dans la perspective de conserver une flore souvent composée d'espèces protégées. Mais cela ne veut pas dire qu'il faille déboiser systématiquement et entièrement une mare tourbeuse ! Les boisements tourbeux, en tant que tels, constituent aussi des milieux patrimoniaux. Les mares tourbeuses boisées sont un élément de la richesse écologique globale d'un massif forestier.

Quelle stratégie de conservation ?

Il est indispensable de ne pas traiter de la même façon toutes les mares tourbeuses d'une forêt. Des interventions sur l'ensemble du boisement de la tourbière se justifient si :

- il s'agit d'une mare sur laquelle la végétation arborée a été coupée de longue date (héritage de la gestion antérieure) et a apporté un gain

réel de biodiversité : extension de stations de plantes protégées, apparition d'espèces animales ou végétales typiques des tourbières ouvertes, etc.

- le boisement menace la pérennité d'une espèce au plan local (par exemple : unique station au sein du massif ou du département) et pour laquelle des stades très ouverts de tourbières sont nécessaires.

Les travaux de déboisement d'îlots tourbeux doivent être suivis de recépages réguliers, sur des pas de temps réduits, de façon à faciliter le travail d'abattage et à réduire la quantité de rémanents à exporter. Selon la vigueur des rejets, des interventions sont à répéter tous les 3 à 5 ans, afin de ralentir l'embroussaillage de la tourbière.

Des abattages localisés permettent de concilier le maintien de plantes des zones tourbeuses ensoleillées, la diversité lichénique et la physionomie globale de la tourbière boisée. Cela implique, de façon générale, que les travaux de mise en lumière de nos mares tourbeuses doivent être limités dans l'espace. Ils peuvent être conduits à l'intérieur de la tourbière et/ou depuis la berge.



Saulaie tourbeuse avant déboisement, avec au premier plan l'anneau à sec et comblé par des débris organiques (octobre 2003)



La même saulaie, trois ans après (mai 2006). Les rejets arbustifs sont vigoureux. Au premier plan, l'anneau remis en eau par un curage partiel de la mare.



Août 1999 : avant travaux.



Octobre 1999 : travaux d'abattages localisés, en période d'exondation.



Juin 2006 : après l'éclaircie sélective. Les Carex curta se sont multipliés et des bryophytes ont accentué leur développement.

Quelles techniques ?

L'arrachage des ligneux à la pelle mécanique ou au câble tiré par un tracteur sont des méthodes efficaces pour éliminer assez durablement la végétation arborée : en extrayant la souche et le système racinaire, les possibilités de rejets sont limitées. Néanmoins, ces techniques peuvent s'avérer néfastes pour la mare, si l'épaisseur du substrat étanche n'est pas suffisante : au moment de l'arrachage, les racines ancrées dans le fond peuvent le fissurer.



Arrachage d'un bouleau à la pelle mécanique. La tourbe subaquatique, contenue sous le bouchon de glycérie et de bouleau apparaît en brun sur la photo.

L'abattage ou le recépage peuvent être préférés à l'extraction.

Dans les mares à sphaignes, le tronçonnage en profondeur des souches permet de réduire considérablement les rejets, puisque les souches, immergées dans les sphaignes, sont ainsi étouffées. La tige est d'abord abattue, puis la souche



Aperçu d'une souche tronçonnée dans le tapis de sphaignes, à une quinzaine de centimètres de profondeur.

est tronçonnée en oblique ou à la verticale, avant d'être enlevée à la main.

Cette méthode offre la possibilité de créer des gouilles, à la place occupée par les ligneux.

Dates d'intervention

La période d'intervention dépend avant tout de l'accessibilité de la tourbière, en particulier s'il faut y envoyer des ouvriers. Tout comme les mares intraforestières « classiques », les opérations conduites pour limiter le boisement sont à réaliser si possible :

- au printemps, en période de croissance des ligneux : épuisement de la souche, réduction des rejets ;
- en hiver par temps de gel, le froid prolongé limite la repousse au printemps.



Rejet de bouleau, 8 mois après la coupe, dont témoigne la souche au premier plan.



Gouilles obtenues par la coupe de tiges de bouleaux et le tronçonnage en profondeur des souches. 8 mois après les travaux, aucun rejet n'apparaît et les gouilles sont remplies d'eau.



Forêt domaniale de Dourdan - Mare d'Alfray (56 A)



Contexte

La mare d'Alfray est inscrite en Znieff de type 1, en raison de la flore et des biotopes (radeau flottant à sphaignes) qu'elle héberge.

Cette mare constitue la plus belle station de *Menyanthes trifoliata* en Forêt domaniale de Dourdan. Elle accueille aussi deux plantes protégées :

Carex curta ;
Utricularia neglecta (= australis).

Un curage de l'anneau et la coupe des ligneux implantés sur le radeau ont eu lieu durant l'hiver 1991-1992.

Des travaux de coupe des rejets ont été entrepris en 1994, 2002 et 2003, afin de préserver la flore en place.

Travaux de gestion conservatoire sur le radeau (août 2005)

L'objectif est d'éviter l'embroussaillage de la zone à sphaignes, afin de préserver la flore remarquable.

L'intervention consiste en une coupe à la tronçonneuse des rejets ligneux (surtout des saules), par deux ouvriers.

Les rémanents sont assemblés en fagots et évacués en dehors de la mare, en utilisant une barque, qui sert aussi à l'acheminement des hommes et du matériel sur le radeau.



Durée des travaux

1,5 jour (6 heures à 2 ouvriers).

Moyens techniques

- 2 tronçonneuses.
- 1 barque.

Une gestion délicate

La conservation de petits écosystèmes basés sur la colonisation d'un substrat vaso-organique, plus ou moins bien apparenté à de la tourbe, est bien délicate. Ces milieux sont instables et d'évolution plutôt rapide. Ils regroupent souvent en même temps des stades dynamiques différents, caractérisant des habitats distincts, mais agencés en mosaïque. Intrinsèquement ces habitats, eux aussi de taille réduite, se livrent à une forte concurrence dans l'utilisation de l'espace, conférant une grande instabilité à l'ensemble de la mare tourbeuse.

La gestion consiste à définir quels types d'habitats et d'écosystèmes l'on souhaite préserver et il est important de replacer ces choix dans un contexte plus large que celui de la mare : le réseau de mares. En effet, une mare est un lieu particulier qui réceptionne une banque de diaspores dont la provenance est à la fois autochtone et allochtone (quelle distance ?). Sa colonisation dépend donc aussi des autres écosystèmes aquatiques, proches ou moins proches. Seul un réseau plus ou moins dense de ces mares peut favoriser l'expression des groupements végétaux, de la fonge, des lichens et de la faune associés à ces petits ensembles aquatiques et palustres.

Dans le contexte de réchauffement climatique actuel, les mares intraforestières à sphaignes (mares souvent peu turfigènes) constituent des systèmes spontanés naturels en régression, en particulier dans les régions de plaine. Plus leur étendue est petite et plus il sera difficile de les maintenir actives.

Pour ces raisons, les orientations de gestion doivent être particulièrement réfléchies et toujours replacées dans le contexte général des mares du massif forestier. Les interventions, considérées comme nécessaires au maintien des biotopes tourbeux en place, relèveront pratiquement toujours d'actions de micro-gestion, c'est à dire de travaux sur des superficies très réduites, afin d'éviter les peuplements de sphaignes rares auxquelles est associé un cortège d'hépatiques souvent très riche : *Calliergon*, *Drepanocladus*.

Le dosage de la lumière est aussi à prendre en compte, tant au niveau de la mare tourbeuse, qu'à sa périphérie. Ainsi, il n'est pas toujours opportun d'ouvrir la mare, en déboisant les berges sur plusieurs mètres. Des abattages localisés peuvent suffire à apporter la lumière aux plantes héliophiles, sans pour autant modifier profondément l'ambiance forestière de la mare. L'ouverture en régénération des parcelles contenant des mares tourbeuses boisées peut poser problèmes : extension de la végétation héliophile / régression des plantes basses de demi-ombre, colonisation des tapis de sphaignes par des herbacées hautes. Le classement de la mare et de ses abords au sein d'un îlot de vieillissement de deux à trois hectares pourrait être une solution de compromis.

Un inventaire préalable de la bryoflore, en particulier des sphaignes, ainsi que des hépatiques à feuilles ou à thalle, est donc vivement recommandé pour identifier la nature de la mare tourbeuse (faciès sylvatique à sphaignes / radeau tourbeux à sphaignes) et déterminer la gestion appropriée de la mare et de ses abords.

4 L'encadrement des travaux de gestion

Quelque soit le type d'opération de gestion mise en œuvre dans une mare, il importe une présence continue d'un agent ou d'un technicien qualifié, pour surveiller les travaux et s'assurer de leur bon déroulement. Cette présence est impérative lors des curages, où il est absolument nécessaire d'encadrer et de guider le pelleur au cours de l'intervention, afin d'éviter un coup de godet malheureux (arrachage d'une plante protégée, etc.). Si besoin, préparer un croquis ou un plan (voir ci-dessous) afin que le conducteur de la pelle visualise le but du curage (profils de berges recherchés, zone profonde à aménager, etc) et sa localisation. Lorsque les travaux nécessitent l'intervention des ouvriers forestiers, l'agent ou le technicien qui pilote le chantier doit prendre le temps de bien expliquer l'objectif de l'opération. Ne pas hésiter à montrer les espèces que l'on tente de favoriser, si elles sont visibles au moment des travaux. Discuter aussi des outils appropriés avec les ouvriers et leur laisser le choix des matériels, en l'absence de contraintes écologiques spécifiques.

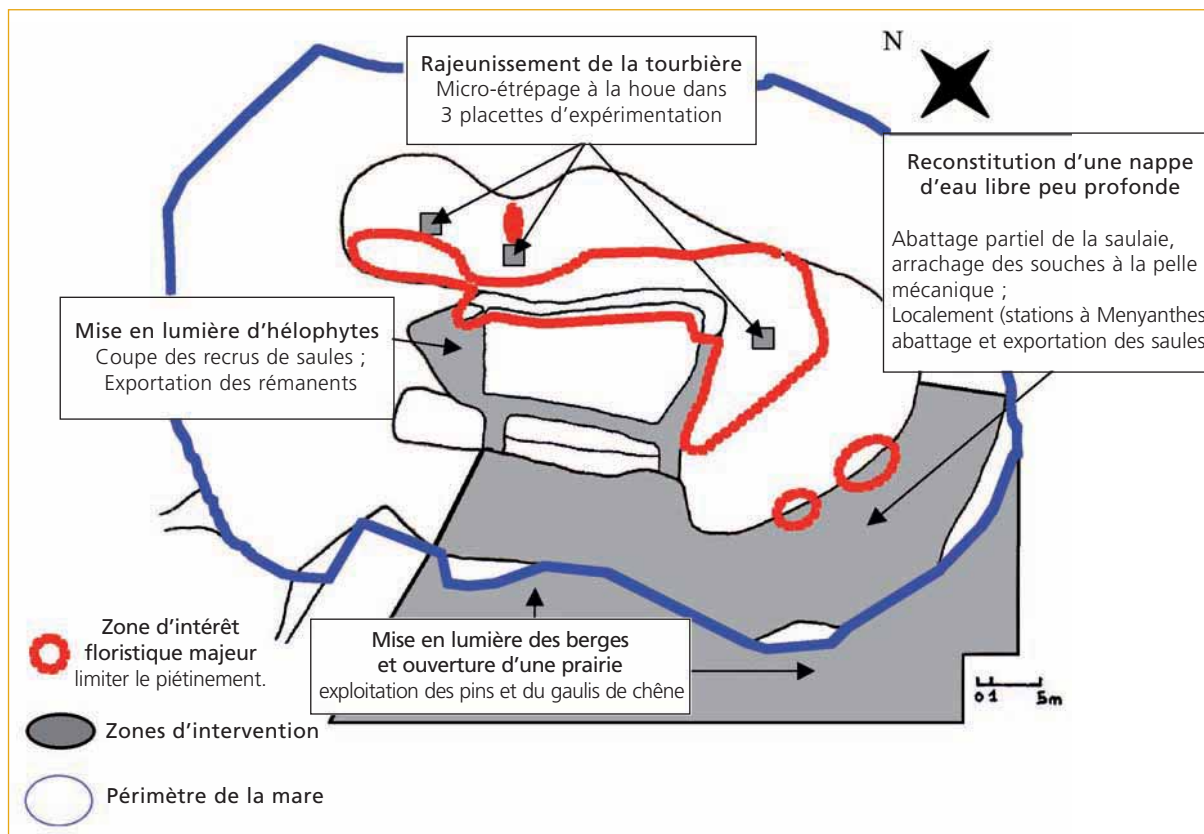


La présence continue sur le chantier d'un agent ou d'un technicien est indispensable lors des travaux de curage d'une mare.

Cartographier les zones d'intervention

Une carte de localisation des travaux permet de bien situer les interventions dans la mare et de conserver une trace, plusieurs années après, de la zone restaurée.

A défaut de carte ou de plan précis, le report sur photo de la zone d'intervention est aussi un moyen de localiser les travaux.



Photographier les interventions

Prendre en photo la mare avant / pendant / après travaux est bien utile pour illustrer auprès d'un financeur les opérations réalisées, pour conserver en archives une trace des travaux ainsi qu'une image de l'évolution du milieu, au fil des saisons. Les clichés sont d'autant plus parlants s'ils sont cadrés sous le même angle. Un piquet, un arbre, peuvent servir de point de repère pour la prise de vue.

Photos de la zone d'intervention avant les travaux

Prendre la mare en photo, au cours de la période de végétation, mais aussi en hiver (mise en évidence des variations de niveaux d'eau). Dans tous les cas : une photo juste avant l'intervention. Ces photos doivent montrer la zone d'intervention, éventuellement la zone témoin ou le secteur à préserver et bien illustrer l'objectif des travaux : une typhaie envahissante, une mare trop peu éclairée, une berge embroussaillée et boisée, etc.

Photos pendant les travaux

Faire des clichés au cours des différentes étapes de l'évolution du chantier : début de curage, curage en cours, curage terminé, début de mise en lumière, berge juste après les travaux, etc.

Photos après le chantier

Prendre des photos quand les travaux viennent de s'achever, puis à des pas de temps réguliers : une à deux fois en hiver (décembre - mars), deux fois au printemps (avril - juin) ; deux fois en été (juillet - septembre), une fois à l'automne (novembre). Il n'est pas toujours possible de visiter chaque mare restaurée plusieurs fois dans l'année et même chaque année. Dans ce cas, essayer de prendre des photos en période de végétation au moins tous les deux ans.

Cadrer ces photos de manière si possible identique à celles avant travaux : attention aux effets de contre-jour et de surexposition...

Ne pas hésiter à photographier tout événement particulier ou insolite observé sur la mare : baisse très importante du niveau de l'eau, assèchement spectaculaire d'une mare réputée permanente, fort développement d'une plante remarquable dans la mare, etc.

Archivage des photos

Les photos numériques permettent de prendre un nombre pratiquement illimité de clichés. En quelques années, le stock d'images à archiver est

parfois volumineux. Afin de s'y retrouver facilement le gestionnaire peut :

- créer un dossier informatique par mare ;
- légendier chaque fichier image avec les mentions suivantes : nom de la mare/partie concernée de la mare/ date de la photo.

Exemple :

M canes_zone décapée décembre05_23juin06.

Ces données manquent souvent dans l'historique des mares et elles sont pourtant fondamentales pour la gestion à long terme de ces milieux. Un récapitulatif détaillé des travaux permet de garder en mémoire les modalités exactes d'intervention et d'estimer ainsi la pertinence et l'efficacité des techniques et dates d'intervention sur l'évolution du milieu. Ces informations sont à consigner sur des fiches informatisées. On gardera aussi une copie papier dans les archives.

Éléments à relever lors d'un chantier

- **le type de matériel** (par exemple : pelle 20 tonnes, godet excavateur 1m³, croissant, débroussailleuse...) ;
- **le temps d'intervention** (par exemple : curage 3 heures ; régaling des vases : 30 mn ; faucardage : 6 heures à 2 OF, etc.) ;
- **la date (les dates) d'intervention** ;
- **la surface et/ou le volume des travaux** (par exemple : abattage de 3 stères de bois, évacuation de 20 m³ de rémanents de branches ou de tiges de roseaux, curage de 50 m³ de vases, faucardage de 120 m² de massettes, etc.) : il est toujours nécessaire de recalculer une surface (ou un volume) travaillée avec un temps d'intervention. Pour les travaux sur le boisement : noter le linéaire déboisé, ou la surface coupée, ainsi qu'une estimation du volume de rémanents ; Pour le faucardage / arrachage manuel : noter la surface traitée (+ éventuellement : hauteur moyenne des roseaux extraits et si densité forte, faible ou moyenne). Préciser si coupe/arrachage au-dessus ou au-dessous du fil de l'eau. Pour le curage : noter la surface curée et estimer le volume de vases évacuées (demander au pelleur, sinon prendre au compteur le nombre de godets extraits et multiplier par le volume du godet : cela donne une bonne approximation ; l'idée étant de savoir si le curage a plutôt porté sur 20 m³ ou 150 m³).
- **les conditions** : hauteur d'eau dans la zone travaillée, hauteur de vases. Relever la hauteur moyenne ou la hauteur mini puis maxi.



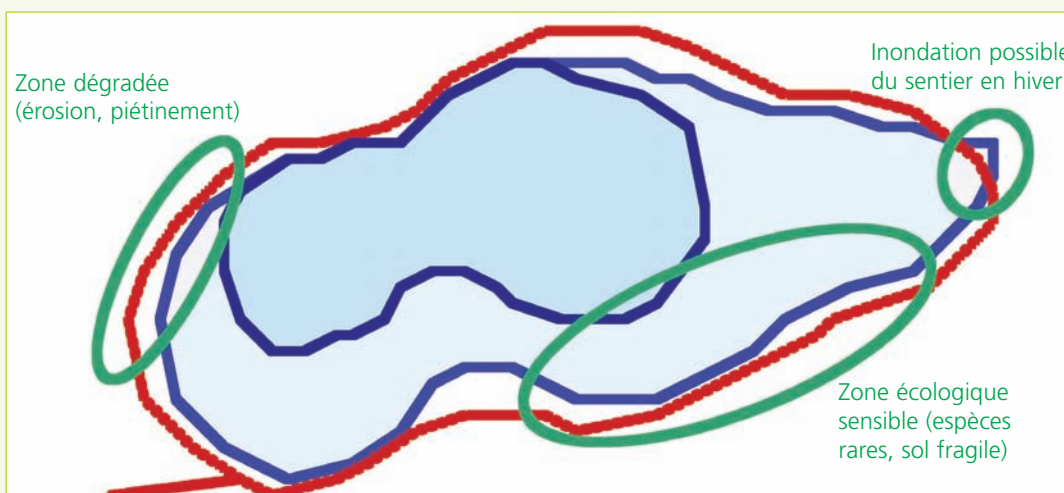
Accueil du public autour des mares

Nicolas Alban

Accueillir le public autour d'une mare forestière

Les problèmes posés par la fréquentation

La mare et ses alentours un paysage incontournable de la forêt. Comme les autres points d'eau, elle fait partie pour le public des éléments remarquables d'une forêt et attire spontanément les promeneurs. Cette fréquentation autour de la mare peut poser un certain nombre de problèmes.



10 m
↔

- Ligne de basses-eaux
- Ligne de hautes-eaux
- Cheminement spontané du public



Pour les mares, le principal risque de dégradation du milieu lié à la fréquentation provient du piétinement, qui peut entraîner des disparitions d'espèces et des phénomènes d'érosion. Peu de visiteurs suffisent à engendrer des impacts significatifs, dont la création d'un chemin de passage visible. Ce cheminement spontané du public décrit en général le tour de la mare et en suit de près les contours. Il faut alors intervenir pour limiter les impacts et empêcher toute destruction irréversible du milieu.

A cela, il faut ajouter les pollutions par les apports de divers déchets et la présence d'animaux de compagnie autour et dans la mare (chien, chevaux, etc.).

Les actions à mener en fonction des objectifs

En fonction de la fragilité du milieu, de la taille de la mare et des objectifs assignés à la zone, les actions à préconiser peuvent être différentes.

Objectif écologique ou milieu fragile : blocage du cheminement spontané et déviation du public vers un autre site plus favorable.

Objectif patrimonial ou d'accueil du public : aménagement d'un itinéraire de promenade plus adapté autour de la mare.

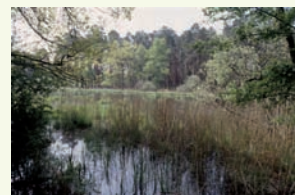
Objectif d'accueil du public ou d'éducation à l'environnement : mise en place d'équipements d'accueil, y compris d'information.

Aménagement d'un sentier de promenade autour d'une mare (cf. guide *Accueillir en espaces naturels*)

Pour permettre aux promeneurs de profiter de l'ambiance paysagère offerte par la présence d'une mare, il n'est pas nécessaire d'en suivre strictement les contours, comme le font spontanément les visiteurs. Au contraire, afin de diversifier les points d'observation et de rendre la découverte du milieu de la mare plus attrayante pour le public, le sentier doit évoluer indépendamment des limites de la mare.

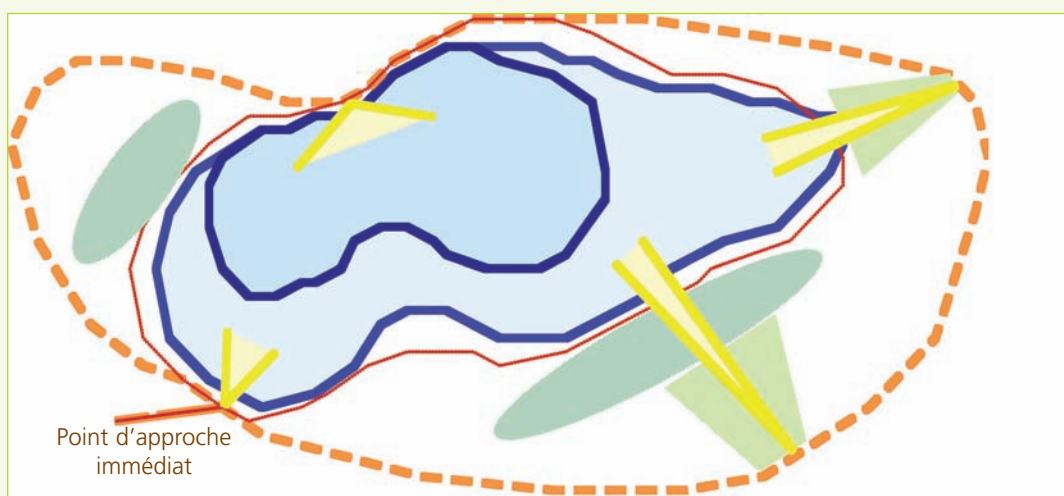


De même, dans le cas d'un sentier qui longe la mare, il n'est pas nécessaire de coller tout le cheminement à la berge. Un point unique d'approche suffit.



Point d'approche panoramique

Vue éloignée à la surface de l'eau



Point d'approche immédiat

10 m
↔

Vue éloignée en hauteur

- Ancien cheminement du public
- Proposition pour un chantier
- Maintien ou plantation d'une strate arbustive dense
- Coupe de la strate arborée
- Point de vue sur la mare

La diversification des points de vue (point d'approche, observation éloignée) offre la possibilité d'éloigner le sentier des abords physiquement ou écologiquement fragiles et d'approcher la mare par l'intermédiaire des berges stables. Les zones les plus sensibles peuvent être protégées par une strate arbustive dense.

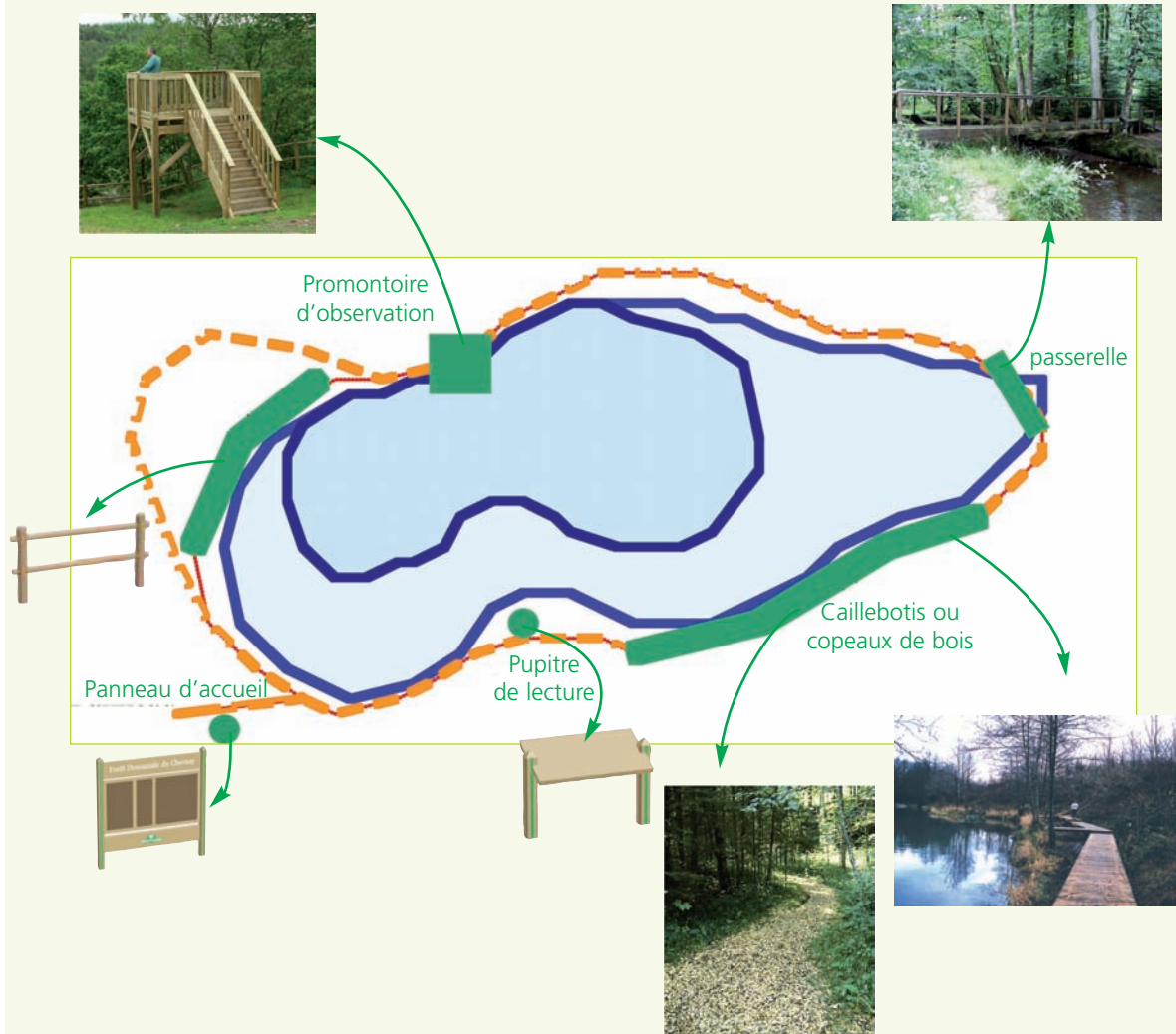


Exemples de coûts d'intervention

	unité	coûts de l'étude	coûts des travaux
création d'un nouveau sentier	pour 100 mètres linéaires	1 homme-jour	4 homme-jours
dégagement de points de vue par coupe de la strate arborée	pour 1000 m ²	1 homme-jour	4 homme-jours
plantation d'une strate arbustive	pour 1000 m ²	1 homme-jour	3 homme-jours

Mise en place d'équipements d'accueil autour d'une mare

Les équipements d'accueil constituent non seulement un investissement important, mais aussi une charge d'entretien pour l'avenir. Leur mise en place doit donc être largement réfléchi en amont. Les équipements d'accueil sont opportuns dans le cadre de zones fortement fréquentées ou en lien avec des projets complexes (loisirs nature pour tous, éducation à l'environnement, etc.). Mais leur installation n'est pas à généraliser.



équipement	essence	unité	prix HT unitaire	installation
panneau d'accueil	chêne	unité	1 590 euros	0,5 homme-jour
panneau d'information couvert	chêne	unité	1 460 euros	0,5 homme-jour
pupitre de lecture	chêne	unité	375 euros	0,5 homme-jour
clôture à deux lisses	pin	pour 10 m linéaire	350 euros	0,25 homme-jour
caillebotis	pin	élément de 230 cm	105 euros	0,5 homme-jour
promontoire d'observation	pin	unité	17 040 euros	10 homme-jours
passerelle piétonne	pin	unité de 6 m	3 400 euros	5 homme-jours

Conclusion

Les massifs forestiers gérés par l'ONF sur le territoire de l'Ile-de-France / Nord-Ouest hébergent plusieurs milliers de mares, disséminées le long du littoral, dans les platières gréseuses, les vallées tourbeuses, dans des landes et des prairies humides, en lisière de bois ou à l'intérieur des parcelles forestières. Ces milieux font partie du patrimoine historique et culturel de nos forêts, leurs origines étant souvent liées à l'action de l'homme : anciens étangs de piscicultures, carrières d'extraction de meulières, mares réservoir d'eau, lavoirs, abreuvoirs pour bestiaux, trous de bombes, points de fixation du gibier, etc. Plus récemment, un nouvel intérêt a focalisé l'attention du gestionnaire sur ces mares : la conservation de la biodiversité. En effet, la présence d'habitats d'intérêt communautaire, d'espèces animales ou végétales rares ou protégées (*Triturus cristatus*, *Lurionium natans*, etc.), et d'assemblages d'espèces exceptionnels au plan national ou local, font des mares un véritable puits de biodiversité. Les plus remarquables d'entre elles ont été classées en Sites d'Intérêt Ecologique Particulier, en Réserves Biologiques Dirigées ou incluses en zones Natura 2000.

Protégée ou non, de fort ou faible intérêt, toute mare doit être gérée activement pour ne pas disparaître. C'est pour cette raison que l'ONF a développé diverses techniques de gestion conservatoire ou de restauration des mares. Sans être parfaitement exhaustif, ce guide vous a présenté les principales méthodes employées au cours de ces quinze dernières années, en s'appuyant sur de nombreux exemples concrets.

Une gestion régulièrement remise en cause par la nature. Maintenir des formations pionnières ou des stades d'évolution intermédiaires n'est possible qu'en répétant, selon des pas de temps très variables, les opérations de gestion. A l'ONF, après 15 ans de restauration et de gestion des mares, le bilan s'avère positif (conservation de plusieurs dizaines d'espèces protégées dans ces milieux). Mais il est évident que la conservation des mares intraforestières ne sera jamais acquise. Elle nécessite une démarche volontariste de suivis et de travaux.

A moyen terme, cette nécessité d'action pourrait être encouragée par **le nouveau défi environnemental qui s'annonce : la gestion de l'eau**. Cette dernière tend à cristalliser de plus en plus d'inquiétudes au niveau local comme mondial. La dégradation de la qualité des eaux douces et leur rareté sont l'objet de nombreuses mesures réglementaires prises ces dernières années. Elles se sont d'ores et déjà matérialisées dans l'apparition de multiples bassins de rétention et autres plans d'eau de régulation à proximité des nouvelles infrastructures. Ces équipements sont ni plus ni moins que des mares modernes, à caractère très artificialisé. Gageons dès lors que la gestion des diverses zones humides deviendra un impératif économique, écologique et social et qu'elle ouvrira une nouvelle porte au métier de gestionnaire d'espaces naturels. Avec ce guide, nous espérons avoir enrichi ce métier et la réflexion qui l'accompagne, ainsi qu'avoir contribué à l'évolution de la notion de génie écologique. Les mares, plus qu'aucun autre milieu, nous apprennent l'interdépendance entre l'homme, ses activités et l'environnement et donc, l'obligation pour le gestionnaire d'avoir une **approche globale et intégrée du territoire** dont il a la responsabilité.



Lexique

Abiotique : facteur écologique de nature physico-chimique ou spatiale : climat, sol, éléments minéraux, topographie etc.

Aptère : qui n'a pas d'aile.

Biocénose : ensemble des êtres vivants d'un écosystème.

Dystrophe : voir trophie de l'eau.

Endophyte : caractérise ici une ponte insérée dans un tissu végétal.

Endoréique : petit réseau hydrique qui se perd dans le bassin versant sans que l'eau ne rejoigne le cours d'eau principal. En tant que points d'eau isolés, pas toujours reliés par des fossés, les mares appartiennent à un bassin endoréique.

Epilimnion : couche superficielle des eaux d'un lac, située au dessus de la thermocline.

Etiage : niveau d'eau moyen le plus bas de la mare.

Eutrophe : voir trophie de l'eau.

Exophyte : ponte déposée sur un support végétal

Exuvie : enveloppe larvaire abandonnée par l'insecte au moment de sa métamorphose.

Habitus : apparence générale, aspect de l'insecte.

Hélophyte : plante des milieux humides dont les organes de renouvellement (rhizomes, racines) se situent dans le substrat et dont l'appareil végétatif est aérien.

Hémélytres : aile antérieure d'un insecte hétéroptère, dont la moitié basale est coriace, contrairement à l'extrémité qui est membraneuse.

Hydrophyte : plante aquatique qui se développe en pleine eau ou à sa surface.

Hypolimnion : couche inférieure de l'eau d'un lac où elle est la plus froide, située dessous la thermocline.

Imaginal – imaginaux : qualifie la forme adulte (métamorphosée) des insectes.

Imago : insecte métamorphosé en individu adulte, insecte parfait.

Lagunage : processus d'épuration et d'oxygénation de l'eau, qui utilise les végétaux hélophytes pour absorber l'excès de phosphates et de nitrates contenu dans l'eau d'un bassin de faible profondeur, où les bactéries décomposent les matières organiques.

Lentique : milieu d'eau stagnante et partie calme d'un cours d'eau.

Limnologie : science qui étudie l'écologie des eaux continentales.

Lotique : milieu d'eau courante

Macrophytes : ensemble des végétaux supérieurs de grande taille (Cryptogames et Phanérogames) inféodés à un milieu humide, qui regroupe notamment les hydrophytes et les hélophytes.

Macroptère : insecte dont les ailes sont longues ou élargies, par opposition à un insecte microptère ou submicroptère.

Magno-cariçaie : formation végétale dominée par des Carex de grande taille.

Marnage : différence entre le niveau de hautes eaux et le niveau de basses eaux (étiage), qui permet l'exondation d'une partie de la mare.

Matières En Suspension (MES) : Les matières en suspension regroupent toutes les matières insolubles, qui flottent entre deux eaux :

matières minérales : argiles, limons, etc.

matières organiques issues de la décomposition de matières animales et végétales ;

micro-organismes.

Microptère : insecte dont les ailes sont très réduites.

Paludicole : espèce inféodée à un milieu humide, marécageux.

Périphyton : communauté d'organismes variés (algues microscopiques, bactéries, protozoaires, rotifères, hydres, etc.) qui vivent à la surface des tiges ou sur les feuilles des végétaux immergés.

Phytoplankton : organisme microscopique aquatique, unicellulaire et autotrophe, très peu mobile, qui se développe dans la lame d'eau.

Phytoremédiation : technique qui utilise les plantes pour enlever ou neutraliser des polluants contenus dans un sol ou dans l'eau (essentiellement des métaux lourds et des polluants organiques). Pour dépolluer l'eau, on utilise les racines de plantes qui stockent les polluants : c'est la phytofiltration qui est aussi un des principes de l'assainissement par lagunage .

Pronotum : face supérieure ou dorsale du prothorax d'un insecte qui marque la séparation entre la tête et l'abdomen.

Rhéophile : espèce végétale ou animale qui se développe dans un milieu d'eau courante.

Submicroptère : insecte dont les ailes sont réduites.

Thermocline : zone qui délimite dans un lac (ou la mer) la séparation entre la couche d'eau chaude supérieure (Epilimnion) et la couche d'eau froide, située dans la partie profonde (Hypolimnion).

Trophie (de l'eau) : caractérise la teneur en éléments minéraux disponibles dans l'eau. Les eaux sont classées en catégories, selon l'importance de la minéralisation et la richesse en sels nutritifs présents dans le milieu :

Eau oligotrophe, pauvre en matières nutritives ne permettant qu'une activité biologique réduite ;

Eau mésotrophe, moyennement riche en matières nutritives ;

Eau eutrophe, riche en matières nutritives,

Eau hypertrophe : eau très riche en sels minéraux nutritifs, milieu caractérisé notamment par un excès en azote. ;

Eau dystrophe : milieu très déséquilibré au point de vue nutritif (excès / manque important d'un élément minéral ou organique) issu d'un dysfonctionnement, voire d'un blocage, du cycle biogéochimique de l'eau. Des eaux dystrophes peuvent être :

riches en acides humiques et pauvres en matières nutritives et en plancton ;

polluées par un excès d'éléments minéraux nutritifs qui entraînent une eutrophisation accélérée.

Turbidité : phénomène qui caractérise des eaux troubles, par la mise en suspension de sédiments et de matières diverses, rendant l'eau opaque.

Turficole : qualifie une espèce liée à un système tourbeux.



Turfigène : qualifie un végétal édificateur de tourbe (essentiellement bryophytes dont surtout des sphaignes, mais aussi quelques herbacées).

Zone limnétique : caractérise ici la zone d'eau libre de la mare, par opposition à la zone littorale.

Zone littorale : caractérise ici la zone de rive où s'étend notamment la végétation amphibie.

Zooplancton : micro-organisme aquatique animal qui vit en pleine eau.

Rédacteurs

Nicolas Alban, ONF

Frédéric Arnaboldi, ONF

Gérard Arnal, retraité du Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien (CBNBP)

Jacques Bardat, Muséum National d'Histoire Naturelle - Institut d'Ecologie et de Gestion de la Biodiversité (MNHN-IEGB)

Jérôme Chaïb, Agence Régionale de l'Environnement de Haute Normandie (AREHN)

Cécile Dardignac, ONF

Jean-Louis Dommanget, Société Française d'Odonatologie (SFO)

Delphine James, ONF

Pierre Queney, Association des Coléoptéristes de la Région Parisienne (ACOREP), Office Pour les Insectes et leur Environnement (OPIE-Benthos)

Olivier Limoges, Pôle-Relais Mares et Mouillères de France

Jean-Pierre Vicario, ONF

Remerciements

Les auteurs de ce guide technique souhaitent remercier chaleureusement les personnes suivantes, pour leur contribution sous diverses formes : photographies, croquis, cartes, apports d'informations complémentaires, bilans d'interventions sur des mares, relecture du manuscrit, etc. :

Alain Blumet, ONF ; Anthony Riggi, ONF ; Arnaud Tositti, Agence des Espaces Verts ; Bernard Cauchetier, Institut d'Aménagement de la Région Ile-de-France ; Bruno Dermeaux, ONF ; Claude Lagarde, ONF ; Denis Gobard, ONF ; Didier Desseaux, ONF ; Fabien Malais, ONF ; Frantz Veille, ONF ; Gérard Dommanget, SFO ; Gérard Masselot, Aqua + ; Hervé Daviau, ONF ; Isabelle Pichard, ONF ; Jean Guittet, écologue ; Jean Lescure, Société Herpétologique de France (SHF) ; Jean-Christophe de Massary, Chargé de mission SHF ; Jean-Luc Témoin, ONF ; Jean-Pierre Vacher, Herpétologiste ; Jérôme Jaminon, ONF ; Laurent Marsol, ONF ; Loïc Gouguet, ONF ; Michel Bonafonte, ONF ; Michel Brulin, OPIE Benthos ; Samuel Jolivet, OPIE Benthos ; Simon Birckel, ONF ; Thérèse Dauphin, ONF.

Frédéric Arnaboldi adresse de vifs remerciements à l'ensemble des ouvriers forestiers qui ont contribué activement aux travaux de préservation des mares de la DT, ces quinze dernières années. Ce guide leur est dédié.

Schémas

N. Alban : pages 23, 144, 205, 206, 207.

F. Arnaboldi : pages 10, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 70, 90, 107, 108, 115, 133, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 154, 155, 166, 167, 170, 174, 181, 182, 185, 188, 191, 200.

CEMAGREF : page 116.

B. Cauchetier : page 13.

J. Chaïb : page 40.

C. Dardignac : pages 35,36.

J-L. Dommanget : pages 67, 68, 96, 110, 112, 113.

A. Ducouso : page 15.

ONF : page 38.

A. Tositti : pages 57, 121.



Crédits photographiques

N. Alban : pages 99 (1 en bas à droite), 203, 205, 206, 207.
F. Arnaboldi : couverture (sauf médaillon en bas à droite), pages 7 (2 à droite), 9, 19, 30, 31, 33, 37, 40, 41, 42, 43 (en bas), 44, 46, 51 (en bas à droite), 52, 53, 60, 67, 72 (en bas à droite), 93, 94, 99 (2 à gauche, 1 en haut à droite), 101, 102, 106 (en bas à droite), page 114, 125 (3 en bas), 133, 136, 137, 138, 141 (à gauche et en bas à droite), 146, 148, 149, 150 (toutes sauf en bas à gauche), 152, 153, 154 (en haut : centre et à droite), 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 165 (toutes sauf en bas à gauche), 166, 167, 168 (en haut), 169, 171 (toutes sauf médaillon, en haut), 172 (sauf en haut à droite), 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 183 (3 en haut), 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195 (toutes sauf en haut à gauche et centre), 196 (toutes sauf en haut à gauche), 197, 198 (sauf médaillon à droite), 200.
G. Arnal : pages 49, 50, 51 (en haut à gauche), 54, 55, 56 (en haut à droite), 57.
A. Blumet : page 139 (en bas).
S. Birckel : page 150 (1 en bas à gauche).
M. Bonafonte : page 43 (en haut).
D. Chagot : page 56 (en bas à gauche).
C. Dardignac : page 36.
D. Desseaux : pages 195 (en haut : à gauche et au centre), 196 (en haut à gauche), 198 (médaillon à droite).
J-L. Dommanget : pages 66, 72 (sauf en bas à droite), 73, 74, 75, 79, 80, 81, 106 (4 à gauche), 107, 109, 123, 124, 125 (en haut et milieu).
D. Gobard : page 168 (en bas).
IGN (BD Ortho® IGN) : page 108.
J. Jaminon : page 160.
F. Malais : pages 141 (en haut à droite), 182, 183 (3 en bas).
L. Marsol : pages 95, 139 (en haut).
J-C. de Massary : pages 87, 89, 92 (sonneur, Pélodyte, Crapaud calamite, Rainette, têtards Sonneur), 84 (en haut à droite), 87.
I. Pichard : page 85.
A. Riggi : pages 154 (en haut à gauche), 171 (médaillon en haut), 172 (en haut à droite), 157 (en haut à droite et en bas à droite).
N. Salmaso : page 27.
J-L Témoin : pages : 2 (à gauche, collection personnelle), 14 (collection personnelle).
L. Tillon : page 165 (en bas à gauche).
J-P. Vacher : page 92 (Grenouille des champs).
F. Veille : couverture (médaillon en bas à droite), pages 38, 39, 82.