ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/323512839

# Cartographie des mares de la Réserve naturelle nationale du Pinail - 2017

**Technical Report** · November 2017

DOI: 10.13140/RG.2.2.33358.97602

CITATIONS
4

READS
167

**2 authors:**

Valentine Dupont

**13** PUBLICATIONS **23** CITATIONS

SEE PROFILE

Yann Sellier
National Nature Reserve, RNN du Pinail, France

**63** PUBLICATIONS **212** CITATIONS

SEE PROFILE

**Some of the authors of this publication are also working on these related projects:**

Project Biodiversité du Poitou-Charentes View project

Project Réserve naturelle du Pinail View project

All content following this page was uploaded by Yann Sellier on 02 March 2018.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Réserve Naturelle
PINAIL

# Cartographie des mares de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail – Rapport d'études 2017

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

agence de l'eau Loire-Bretagne

Vienne Aval
Contrat Territorial

association de gestion de la réserve du Pinail
gerepi

**Photo page de garde :**
Vue aérienne de la RNN du Pinail, Jean-Guy Couteau

**Financeurs :**
DREAL Nouvelle-Aquitaine , Agence de l'Eau Loire Bretagne

**Directeur de l'étude :**
Yann Sellier

**Opérateur :**
Valentine Dupont

**Soutien technique et relecture :**
Kevin Lelarge, Clémentine Préau, membres du Conseil Scientifique de la RNN du Pinail

**Remerciements :**
Pascal Dubech, Yves Baron, Frédéric Labat.

**Photos :**
Sauf exception notée sur l'image : Yann Sellier.

**Citation :**
Dupont V. et Sellier Y. 2017. Cartographie des mares de la Réserve naturelle nationale du Pinail - 2017. Édité par GEREPI. 53 pages

# Cartographie des mares de la Réserve naturelle nationale du Pinail - 2017


## Résumé

La biodiversité de la Réserve naturelle du Pinail repose en partie sur son étonnant réseau de mares. La cartographie des mares a débuté en 1970 avec Yves Baron et a été améliorée au cours des années qui ont suivi par les différents chargés de mission de l'association GEREPI jusqu'à 2003. À cette époque 5016 mares étaient connues sur la réserve du Pinail et sur la bande des Quatre-vents. Depuis, de nouveaux moyens techniques performants ont été acquis et ont permis de mettre à jour la cartographie des mares. Cette actualisation a débuté par la re-numérisation de chaque mare à son emplacement réel, suivie par une vérification sur le terrain avec une tablette numérique équipée d'un GPS et d'un logiciel de SIG (Système d'Information Géographique). Ce travail a permis d'aboutir à un outil numérique performant et fiable référençant 5889 mares. De nombreuses modifications ont été apportées à l'ancienne cartographie : des centaines de mares ont été supprimées, fusionnées ou divisées et plus d'un millier d'autres ont été ajoutées. Toutes les modifications ont été apportées avec un travail méthodique de vérification, de correction et d'attribution de codes, notamment pour les mares n'en ayant jamais eu auparavant. Une typologie propre à la zone d'étude a été mise en place, elle se base sur des critères de morphologie et de végétation pour classer les mares.



## Mots clés

**Cartographie, mares, Pinail, Réserve naturelle, SIG**



## Abstract

The biodiversity of the Pinail natural reserve is based on a surprising pond's network. The ponds cartography began in 1980 with Yves Baron and has been improved throught the years by several members of the association GEREPI until 2003. In that time, 5016 ponds were known on the Pinail natural reserve and on the "bande des Quatre-vents". New technological tools have been purchase to perform the pond's cartography updating. This work began by a re-digitalization of each pond at it's real location and continued by a visual control with a digital tablet computer fit with a GPS and a GIS (Geographical Information System) software. This work lead to an efficient and reliable numeric tool listing 5889 ponds. Many changes were brought to the old cartography : hundreds of ponds were deleted, merged or split and more than a thousand others were added. All of the modifications were done with a syntematic effort of verification, correction and code attribution, especially for the ponds wich have never been called before. A typology suitable for the studied area was set up, identified on morphological and botanical criteria to classify the ponds.



## Keywords

**Cartography, ponds, Pinail, Natural reserve, GIS**

# Table des matières

Introduction ..... 1
I. Contexte ..... 3
1.1. Localisation et historique de la RNN du Pinail ..... 3
1.2. Historique de la cartographie des mares ..... 5
II. Définition d'une mare et élaboration d'une typologie ..... 6
2.1. Définition générale ..... 6
2.2. Définition d'une mare sur la RNN du Pinail ..... 11
2.3. La variabilité des mares ..... 22
2.4. Typologie des mares ..... 22
III. Méthodologie de cartographie des mares ..... 28
3.1. Construction de la table attributaire ..... 28
3.2. Numérisation sous SIG ..... 30
3.3. Vérification sur le terrain ..... 30
IV. Résultats et discussion ..... 32
4.1. Problèmes rencontrés et modifications apportées ..... 32
4.2. Analyse des données ..... 35
4.3. Cartographies à l'échelle de la zone d'étude ..... 40
V. Discussion générale ..... 47
Conclusion ..... 48
Bibliographie ..... 49
Annexes ..... 50
Annexe N° 1 : Représentation schématique des types de mare ..... 50

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste non exhaustive des espèces végétales présentes dans les mares de la RNN du Pinail ..... 16
Tableau 2 : Liste non exhaustive des espèces de bryophytes présentes dans les mares de la RNN du Pinail ..... 17
Tableau 3 : Liste non exhaustive des espèces d'algues présentes dans les mares de la RNN du Pinail ..... 17
Tableau 4 : Liste non exhaustive des vertébrés de la RNN du Pinail dont le cycle de vie dépend des mares ..... 19
Tableau 5 : Liste non exhaustive des invertébrés de la RNN du Pinail dont le cycle de vie dépend des mares ..... 20
Tableau 6 : Sytnhèse des modifications apportées à la cartographie des mares ..... 34
Tableau 7 : Répartition des mares dans les secteurs de la RNN du Pinail ..... 36
Tableau 8 : Surface totale, moyenne et nombre de mare par principaux types ..... 37
Tableau 9 : Nombre et surface des mares selon le mode de gestion ..... 39

# Table des illustrations

Figure 1 : Localisation de la RNN du Pinail en France et dans la Vienne .....2
Figure 2 : Secteurs de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents .....4
Figure 3 : Coupe schématique du fonctionnement hydrologique de la Réserve du Pinail (Coutouis and Forestier 2014a).....13
Figure 4 : Cycle de l'eau sur la RNN du Pinail (Dubech and Sellier 2010) .....14
Figure 5 : Description visuelle du profil typique du sol glossique (Beauclaire 1990, Anton et al. 2004). .....15
Figure 6 : Typologie des mares utilisée avant 2017 .....23
Figure 7 : Exemple de typologie des mares sur les secteurs C, M et T de la RNN du Pinail .....26
Figure 8 : Décalage de localisation des mares entre la précédente cartographie et la cartographie des mares de 2017 .....27
Figure 9 : Comparaison avant/après actualisation de la cartographie dans le secteur D de la RNN du Pinail .....29
Figure 10 : Comparaison avant/après actualisation de la cartographie dans le secteur C de la RNN du Pinail .....31
Figure 11 : Nombre de mares et surface totale par secteur .....35
Figure 12 : Nombre de mares et surface totale correspondante par principaux types de mares .....37
Figure 13 : Répartition des mares par secteur selon leur nombre .....38
Figure 14 : Répartition des grands types de mares dans les différents modes de gestion .....39
Figure 15 : Précédente cartographie des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents .....40
Figure 16 : Cartographie actualisée en 2017 des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents .....41
Figure 17 : Localisation des nouvelles mares détectées au cours de l'actualisation de la cartographie des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents .....42
Figure 18 : Localisation des mares fusionnées et divisée sur la RNN du Pinail et la bande des Quatre-vents .....43
Figure 19 : Répartition des mares permanentes et temporaires sur la RNN du Pinail et la bande des Quatre-vents .....44
Figure 20 : Répartition des types dominants des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents .....45
Figure 21 : Localisation des mares de la RNN et de la bande des Quatre-vents selon le mode de gestion .....46

# Introduction

Bleue, blanche, rouille, laiteuse, opaque, translucide, bleuâtre, verdâtre ou jaunâtre, les mares peuvent attirer notre regard de multiples façons. Leur diversité visuelle est cependant bien pauvre face à l'étendue de la diversité végétale et animale dont elles regorgent. En France, il existe plusieurs centaines de sites d'extraction de pierres meulières. Parmi ceux-ci, le Pinail était au Moyen-Age la plus grande carrière à ciel ouvert d'Europe, si ce n'est la plus grande carrière d'extraction de meules au monde (Belmont 2006). Il est donc plausible que ce soit le site de France le plus riche en mares puisque l'on y dénombre, sur quelques centaines d'hectares, plusieurs milliers de fosses d'extraction dans lesquelles l'eau s'est accumulée, formant progressivement des habitats aquatiques qui sont à l'origine de la biodiversité du site. Le plus surprenant est que chacune est unique de part sa pente, sa profondeur, la permanence de l'eau, les conditions physico-chimiques ou les espèces qu'elle abrite. Le Pinail est un site bien surprenant car à chaque nouvelle mare il est possible de découvrir de nouvelles choses, de se laisser subjuguer par la beauté que nous offre la nature et la richesse qu'il nous reste encore à découvrir. Au sein du Pinail, la réserve naturelle du même nom a été créée en 1980. Cette portion du Pinail comporte à elle seule plus de 5000 mares sur 142 hectares. Même s'il est difficile de savoir si c'est le site le plus riche en mares, c'est en tout cas la réserve naturelle de France qui en recense le plus grand nombre (France) 2017).

Ce n'est qu'en étudiant et en connaissant un territoire que l'Homme peut être capable de le préserver. La première cartographie des mares de cette réserve en dénombrait 5264 sur la Réserve naturelle nationale (RNN) du Pinail et la bande des Quatre-vents. Cependant cet espace est d'une telle complexité paysagère que les précédents moyens technique ne permettaient pas de recenser la totalité des mares présentes. En corrélation avec le renouvellement du plan de gestion pour une période de 10 ans et la modernisation de la stratégie d'acquisition des connaissances soutenue par le développement de partenariats de recherche, cette cartographie a été actualisée dans des conditions optimales pour répondre aux enjeux de conservation de la zone d'étude. Ce travail d'actualisation de la cartographie des mares a également des intérêts plus larges puisque la RNN du Pinail est un site pilote d'étude des mares en France. En effet, GEREPI crée des partenariats avec des chercheurs et des universitaires de tous horizons. De même, les méthodologies employées et décrites dans ce rapport pourront servir de modèle d'étude à d'autres projets sur d'autres espaces. La présentation du contexte de l'actualisation de cette cartographie (i) permettra de définir l'écosystème "mare" sur la zone d'étude et de décrire la typologie des mares (ii) puis de présenter la méthodologie employée au cours de ce travail (iii) afin de mettre en avant les contraintes posées par la précédente version et d'analyser les apports de ce travail permettant d'aboutir à une représentation la plus fidèle possible à la réalité sur le terrain (iv).

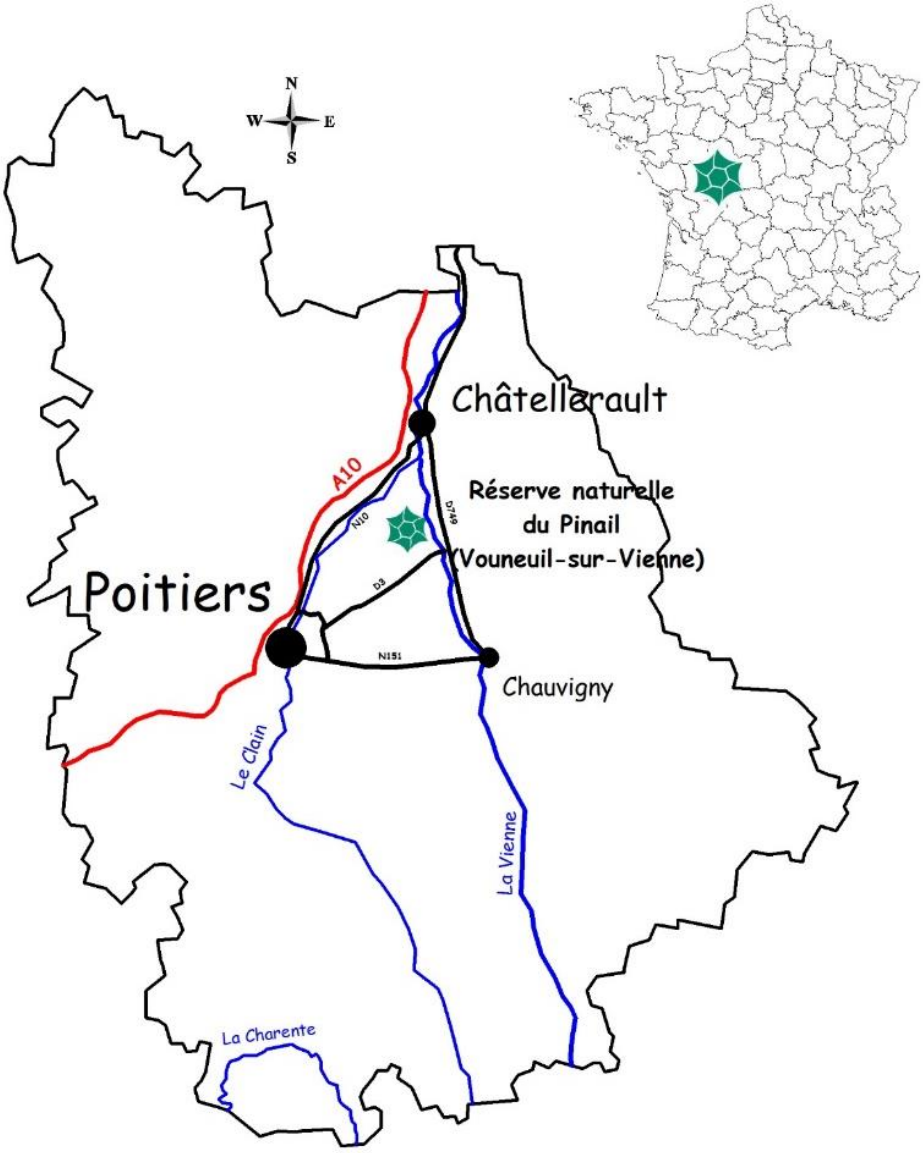



*Figure 1 : Localisation de la RNN du Pinail en France et dans la Vienne*

# I. Contexte

## 1.1. Localisation et historique de la RNN du Pinail

La réserve naturelle du Pinail est située sur la commune de Vouneuil-sur-Vienne dans le département de la Vienne à 15 km au sud de Châtellerault et à 30 km au nord-est de Poitiers, au nord de la forêt domaniale de Moulière et au sein des 800 hectares du Pinail (Figure 1). Cette réserve est située au sein de l'ancienne plus grande carrière à ciel ouvert d'extraction de pierres meulières en Europe (Belmont 2006). L'activité humaine s'y est étalée sur dix siècles, ce qui a façonné le paysage et l'a percé de milliers de mares que nous connaissons encore de nos jours. Les dernières décennies ont permis la reconnaissance de ce patrimoine culturel et naturel incomparable et le classement de 135 hectares en réserve naturelle nationale (RNN). Il est apparu au cours de la réalisation de la cartographie des habitats que la réserve naturelle du Pinail a en réalité une superficie de 142 ha (Dupont and Sellier 2017). Cette dernière est actuellement l'unique réserve naturelle du département de la Vienne (86).

Cette réserve naturelle est gérée depuis 1989 par l'association GEREPI (GEstion de la REserve du PInail) dont les missions sont de rédiger et de mettre en œuvre le plan de gestion et d'assurer le suivi scientifique, l'accueil du public et les missions de police au sein de la réserve. Afin de mener à bien ces missions, GEREPI doit se munir d'outils techniques performants. La cartographie de la RNN et de la bande des Quatre-vents est un outil de base de la gestion d'un écosystème et permet une meilleure prise en compte de la biodiversité dans la gestion des habitats naturels. Cette étude fait donc partie de la mise en oeuvre du plan de gestion de la réserve du Pinail et du Contrat territorial Vienne Aval dans lesquels les milieux aquatiques et palustres présentent des enjeux majeurs de fonctionnalité et de préservation des espèces à fort enjeu de conservation (écrevisse à pieds blancs, leucorrhines, grenouille de Lesson, dolomède...).

La zone d'étude sur laquelle a été réalisée la cartographie des mares est composée de la réserve naturelle du Pinail ainsi que de la bande des Quatre-vents. La délimitation administrative entre ces deux entités est définie par la ligne à haute tension qui traverse le Pinail. La bande des Quatre-vents est la propriété de l'État, sa gestion est confiée à l'Office National des Forêts (ONF) étant donné qu'elle fait partie du massif forestier de Moulière. L'ensemble composé de la réserve du Pinail et de la bande des Quatre-vents forme une entité cohérente de lande à mares de 159 ha au sein de l'unité paysagère et écologique des landes du Pinail. La gestion de la bande des Quatre-vents fait l'objet d'une convention partenariale entre l'ONF et GEREPI depuis 2016.

Cette zone d'étude a été divisée en 15 secteurs par Yves Baron à partir de 1980 (Figure 2), puis ces secteurs ont été divisés par Olivier Prévost et Philippe Durepaire en sous-secteurs dans le cadre d'un échantillonnage des odonates. Ces délimitations n'ont pas été modifiées au cours de ce travail.

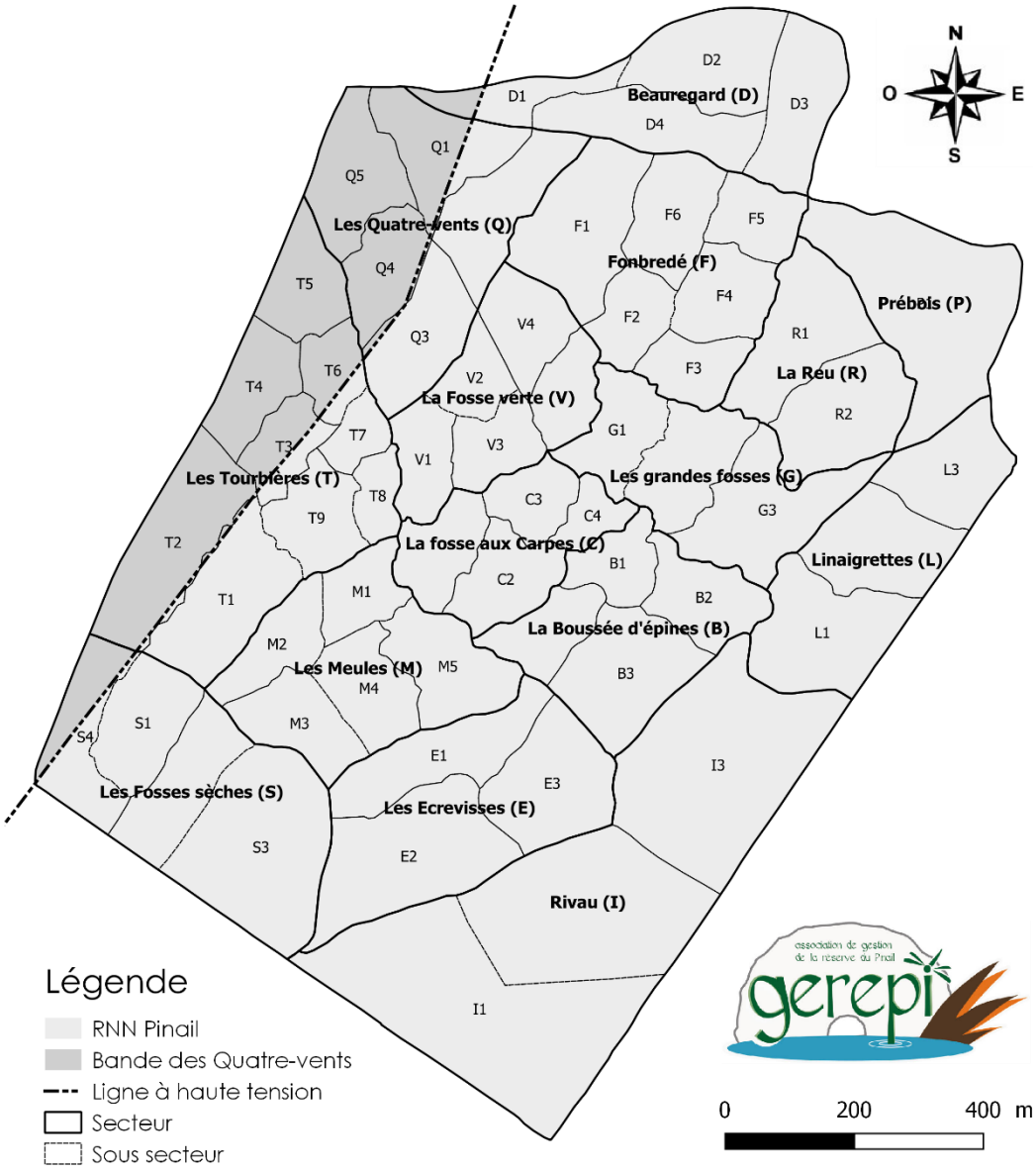



*Figure 2 : Secteurs de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents*

## 1.2. Historique de la cartographie des mares

Afin de retracer l'historique de la cartographie, différentes personnes ressources ont été interrogées de vive voix. La première cartographie de la réserve du Pinail a été réalisée par Yves Baron à partir des années 1970 au 1:2500 en se basant sur des photos aériennes personnelles. Ces fonds photo ont été projetés sur un mur afin de pouvoir dessiner les contours des mares à main levée sur des feuilles de papier. Cette cartographie a été complétée au fil des années lorsque des mares non référencées étaient rencontrées sur le terrain. À cette époque, 5016 mares étaient connues.

La seconde cartographie des mares a été réalisée par Pascal Dubech en 1995 au 1:2000 en se référant à cette première cartographie des mares. Les contours ont été dessinés à la main à partir de photos aériennes de l'IGN datant de 1993 imprimées sur des photos A3 et assemblées entre elles. Les 5264 mares référencées par cettte cartographie ont été numérisées en 1998 sous MapInfo (version 1) à l'aide d'une tablette A3 numérique. Des problèmes liés à la qualité des photos aériennes utilisées ont été rencontrés au cours de sa réalisation. D'une part, elles n'étaient pas assez précises pour identifier et numériser les mares les plus petites. De plus, à l'époque à laquelle ces photos ont été prises, la végétation était très développée dans certains secteurs et a rendu la détection des mares d'autant plus complexe. D'autre part, lors du géoréférencement des photos aériennes de l'IGN, un décalage est apparu dans certaines parties de la réserve.

L'essor des moyens technologiques ces dernières années et l'acquisition de matériels de cartographie performants, notamment d'une tablette de terrain équipée d'un GPS, permettent d'actualiser cette cartographie dans de meilleures conditions et de s'affranchir des problèmes rencontrés précédemment. L'amélioration du géoréférencement est assurée par l'acquisition de photographies aériennes d'excellente qualité d'une précision de localisation à 20 cm. La méthodologie est également plus homogène avec un unique observateur tout au long du travail.

Sur un site naturel, l'acquisition de connaissances ne peut se faire qu'en nommant et en situant les éléments morphologiques ou topographiques. L'objectif principal de l'actualisation de la cartographie est donc d'obtenir un outil fiable de géoréférencement des entités permettant d'améliorer les connaissances de la zone d'étude. Elle sera également indispensable pour se repérer sur le terrain, pour répertorier les connaissances et pour caractériser le réseau de mares et la répartition des milieux aquatiques dans le cadre de suivis et d'études nécessitant des analyses statistiques.

Cette cartographie aura aussi un rôle de support de communication auprès de nos financeurs et du public afin de présenter la réserve. D'un point de vue plus pratique, elle permettra de situer les repères de la réserve, comme les pylônes ou les arbres. Dans le cadre de la mise en œuvre du plan de gestion, elle sera utile pour orienter les décisions et projeter les mesures de gestion. Ce travail entre dans le cadre de plusieurs projets, notamment d'un programme d'étude des mares en multipartenariat avec des équipes de recherche sur la réserve naturelle, mais sera également utile au bon déroulement des missions de GEREPI dans le cadre de la stratégie de gestion conservatoire de la réserve naturelle. Elle permettra aussi de nourrir des projets locaux ou régionaux comme celui d'actualiser le réseau des mares à l'échelle du département et de la région (programme Poitou-Charentes Nature).

# II. Définition d'une mare et élaboration d'une typologie

Lorsque l'on parle de mares, chacun d'entre nous en a une image mentale et sa définition peut sembler évidente. Cependant, comment distinguer à coup sûr et sans aucun doute une mare d'une flaque, d'une ornière, d'une boire, d'un marais, d'un lac ou d'un étang ? Cette distinction n'est pas évidente et c'est pour cela qu'il est essentiel de définir ce qu'est, ou n'est pas, une mare. La définition générale, suivie d'une définition spécifique à la zone d'étude, est à l'origine de la mise en place d'une typologie des mares spécifique au Pinail.

## 2.1. Définition générale

### *2.1.1. Critères généraux*

Tout d'abord, il semble important de définir ce qu'est une zone humide. Les articles L 211-1 et R 211-108 du Code de l'Environnement stipulent qu'« *on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire. Les critères à retenir pour la définition des zones humides sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et à la présence éventuelle de plantes hygrophiles* ». Une zone humide est donc définie par des critères pédologiques et botaniques permettant de certifier la présence d'eau toute ou une partie de l'année.

Ramade 1993, définit le terme de zone humide comme désignant tous les biotopes aquatiques aux eaux stagnantes (lentiques) peu profondes. Les zones humides constituent souvent des mosaïques d'écosystèmes complexes présentant de multiples connexions au niveau desquelles existent de nombreux types d'écotones.

Les mares font donc partie intégrante des zones humides et remplissent des fonctions similaires :

- **Fonctions écologiques** : habitat de nombreuses espèces végétales, animales et fongiques, diversification des communautés, réservoir de biodiversité, corridor écologique, production de biomasse, apport de ressources nutritives,
- **Fonctions hydrologiques :** régularisation du cycle de l'eau, contrôle des crues, recharge des nappes phréatiques, stockage des eaux en excès des crues, restitution lente aux écosystèmes lotiques, rétention d'eau dans un bassin versant, ralentissement de la vitesse du courant via la végétation, réduction de l'énergie des eaux et des forces érosives,
- **Fonctions biogéochimiques** : épuration des eaux, absorption de l'azote par la végétation, dénitrification bactérienne, fixation, piégeage et dégradation du phosphore, stockage du carbone épuration des eaux naturelles, accélération du dépôt des matières en suspension, fixation des polluants (métaux lourds, micropolluants organiques) sur les sédiments, absorption des nutriments par la végétation, régulation des grands cycles physico-chimiques et du climat.

L'un des principaux critères présents dans la majorité des définitions concerne la **taille** d'une mare :

- Le dictionnaire Larousse (Lambrechts et al. 2005) définit une mare comme une « *petite étendue d'eau dormante* ».
- Le dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement (Ramade 1993), définit une mare comme un « *biotope peu étendu et de faible profondeur* ».
- Le programme nationale des zones humides (Sajaloli and Dutilleul 2001), donne des ordres de grandeur en spécifiant que la taille d'une mare est « va*riable pouvant atteindre un maximum de 5000 m². Sa faible profondeur [...] peut atteindre environ deux mètres [...]* ».

Cependant, il faut garder à l'esprit que la surface et la profondeur d'une mare évoluent au cours de l'année et que les dimensions données par Sajaloli et Dutilleul doivent plus être considérées comme une indication que comme une règle stricte.

Les mares peuvent avoir des **origines** variées, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Lorsqu'elles sont naturelles, elles proviennent d'accumulation d'eau dans une dépression présentant un sol très peu perméable, le plus souvent argileux, ou en connexion avec une nappe. Elles peuvent également être créées par l'Homme pour diverses utilisations, notamment en tant qu'abreuvoir pour le bétail (Morère and Pujol 2003).

Les sources d'**alimentation** en eau d'une mare peuvent être variées (précipitations, ruissellement, remontée d'eau souterraine de la nappe phréatique...). La diminution de l'eau présente dans les mares peut survenir par évaporation sous l'effet du Soleil, par ruissellement en fonction de la pente du bassin versant, par infiltration selon la perméabilité du sol, etc. Même si les mares sont caractérisées par la présence d'eau, elles diffèrent les unes des autres par la permanence de l'eau. Les mares temporaires sont ainsi distinguées des mares permanentes par leur assèchement plusieurs mois par an. Il est important de remarquer que certaines mares ne s'assèchent que les années de faibles précipitations ou de sécheresse, ce qui rend difficile la distinction entre mare temporaire et permanente.

### *2.1.2. Dégradation de la matière organique*

(Ramade 1993), définit une mare comme un « *biotope dont les eaux sont en général dans un état eutrophe voire dystrophe* ». Le terme dystrophe peut être utilisé dans deux cas de figure. Il peut correspondre à un dysfonctionnement trophique, qui correspond à un dysfonctionnement de l'écosystème d'origine anthropique (le plus souvent une pollution) ou à un phénomène naturel correspondant à l'humification d'un milieu. Les dysfonctionnements trophiques ne seront pas abordés ici et le terme humique sera utilisé à la place pour éviter toute confusion. Ces deux dynamiques (eutrophisation et humification) liées à la dégradation de la matière organique, sont toutes les deux présentes dans un écosystème aquatique et s'interpénètrent.

L'**eutrophisation** naturelle correspond à un enrichissement en éléments minéraux nutritifs du plan d'eau consécutif d'une dégradation de matière organique dans des conditions où elle est facilement dégradable. Cet enrichissement entraîne une prolifération de végétaux et d'autres organismes et donc une importante production

primaire. Quand la production primaire est dominée par le phytoplancton, le milieu a principalement une dynamique d'eutrophisation.

L'importance de cette dynamique dans un habitat permet de le définir comme :

- Un milieu **oligotrophe** si la concentration en nutriments est faible,
- Un milieu **mésotrophe** si la concentration en nutriments est moyenne,
- Un milieu **eutrophe** si la concentration en nutriments est élevée.

L'**humification** est un enrichissement en acides humiques et fulviques produits par la transformation partielle de matières organiques naturellement peu biodégradables (cellulose, lignine). Elle s'accompagne par une accumulation de cette matière organique partiellement transformée (tourbe...). Quand la production primaire est dominée par les macrophytes, le plan d'eau aura tendance à être dominé par une dynamique d'humification. Cette dynamique est favorisée par l'acidité des eaux et des températures froides qui limitent la dégradation de la matière organique (Labat, com pers).

L'importance de cette dynamique dans un habitat permet de le définir comme :

- Un milieu **oligohumique** si la concentration en matière organique peu biodégradable est faible,
- Un milieu **mésohumique** si la concentration en matière organique peu biodégradable est moyenne,
- Un milieu **polyhumique** si la concentration en matière organique peu dégradable est importante.

La plupart des plans d'eau humiques sont en général oligotrophes. Cependant dans des cas exceptionnels des écosystèmes dulçaquicoles lentiques eutrophes peuvent être polyhumiques. Ces cas sont rares, car les plans d'eau humiques sont souvent moins productifs en raison de la matière organique qui est plus difficilement dégradable et la couleur de l'eau qui limite en général la production phytoplanctonique (Labat, com pers). La difficulté d'interprétation de ces dynamiques réside dans le fait que des valeurs élevées en nutriments ne sont pas un indicateur de dysfonctionnement, puisque le milieu peut être naturellement eutrophe. De même, des valeurs élevées de matières organiques dans un sédiment peuvent provenir d'apports anthropiques ou d'accumulation naturelle liée au caractère humique du milieu (Labat, com pers).

### *2.1.3. Stratification des eaux lentiques*

Les eaux des écosystèmes dulçaquicoles lentiques ne sont pas homogènes sur la totalité de leur surface et de leur profondeur. Il est possible de distinguer différentes zones selon une stratification horizontale ou verticale. La présence ou l'absence de ces zones va permettre de distinguer les écosystèmes les uns des autres. La stratification horizontale des eaux permet de distinguer deux régions distinctes :

- La **zone littorale** (ou riparienne) est caractérisée par la présence d'une végétation amphibie qui se décline en plusieurs ceintures végétales selon un gradient d'immersion. À l'intersection avec les milieux terrestres se trouvent des prairies marécageuses, suivies par des communautés d'hélophytes telles que des roselières. Dans les zones immergées en permanence se trouvent par exemple des communautés d'hydrophytes, de Characées et de renoncules aquatiques.

- La **zone d'eaux libres** (zone limnétique) est dépourvue de macrophytes, mais contient des algues au sens large (phytoplancton, algues filamenteuses, cyanophytes, etc).

La stratification verticale de la zone limnétique permet de distinguer trois zones :

- L'épilimnion (ou **zone épilimnétique**) est la couche superficielle des eaux dans laquelle les rayons du soleil sont présents et se déroulent les activités photosynthétiques d'un milieu aquatique
- La zone **thermocline** sépare l'épilimnion de l'hypolimnion et est caractérisée par de brusques changements thermiques.
- L'hypolimnion (ou **zone hypolimnétique**) correspond aux eaux profondes qui ne sont pas atteintes par les rayons du soleil, et sont donc dépourvues de végétaux autotrophes à activité photosynthétique. Les phénomènes de fermentation et de réduction anaérobie se déroulent dans cette zone.

Cette stratification n'existe que dans les zones humides les plus profondes, lorsque la profondeur dépasse plusieurs mètres, dont les mares sont exemptes.

### *2.1.4. Distinction entre les mares et les autres zones humides*

Les **marais** et **marécages** sont caractérisés par une mosaïque complexe d'habitats, à l'interface entre le milieu terrestre et aquatique, qui résulte de l'alternance de périodes d'inondation et d'exondation. Ce sont des écosystèmes lentiques dans lesquels la profondeur d'eau est faible, de sorte que seules existent la zone littorale et la zone épilimnétique. Les marécages diffèrent des marais par la présence d'une végétation ligneuse, parfois arborescente (Ramade 1993).

Les **lacs** sont des écosystèmes aquatiques possédant une profondeur suffisante (jusqu'à quelques centaines de mètres) pour présenter une zonation verticale. Celle-ci est marquée par une stratification thermique qui se traduit par la présence d'une zone épilimnétique et d'une zone hypolimnétique séparées par une thermocline (Ramade 1993).

Les **étangs** peuvent présenter également une zonation verticale comprenant une zone épilimnétique et une zone hypolimnétique séparées par une thermocline. Ce sont des écosystèmes artificiels créés par endigage en barrant l'émissaire d'une rivière ou d'un marécage préexistant ou en détournant une partie du cours d'une rivière afin d'accroître la superficie de la zone humide considérée (Ramade 1993).

Les **tourbières** sont des écosystèmes d'eaux stagnantes caractérisés par un ralentissement du cycle du carbone qui empêche, ou ralentit considérablement, la minéralisation des matières organiques mortes et entraîne la formation de tourbe (Ramade 1993, Lambrechts et al. 2005).

Les **flaques** sont des petites nappes d'eau stagnantes (Lambrechts et al. 2005), ces habitats se distinguent des mares en tant que telles par leur caractère temporaire et variable dans le temps et l'espace et par l'absence de végétation aquatique. Elles ont tout de même un rôle dans le cycle de vie de la faune, notamment pour certaines espèces d'amphibiens.

Les **ornières** sont des habitats temporaires artificiels créés par le passage d'engins motorisés dans les chemins (Lambrechts et al. 2005). Le maintien de ces éléments dans le paysage après arrêt ou diminution de la pression exercée par le passage de véhicules motorisés et l'acquisition d'espèces et de fonctionnalité peut amener à les transformer en des mares linéaires.

Les **boires** sont des communications que les rivières ont avec les mares et les fossés et sont liés aux écosystèmes dulçaquicoles lotiques (Littré 1872).

Les **fossés** sont des éléments linéaires de drainage, creusés par l'Homme pour faciliter l'écoulement de l'eau, pour délimiter des parcelles ou pour servir de défense (Lambrechts et al. 2005).

**Les mares représentent ainsi un stade intermédiaire entre les marais dans lesquels ne subsiste plus qu'une zone littorale et les étangs dans lesquels la zone limnétique est plus étendue. Les mares, contrairement aux lacs, ne sont pas suffisamment profondes pour que la stratification horizontale induise la présence d'un hypolimnion (Ramade 1993).**

### *2.1.5. Paramètres physico-chimiques*

Les paramètres **physico-chimiques** d'une mare représentent son état abiotique et permettent de connaître la qualité de l'eau du milieu. De nombreuses valeurs peuvent être mesurées et chacune d'entre elles renseigne sur le fonctionnement hydro-biologique du milieu.

Le **pH**, ou potentiel hydrogène, correspond à l'activité chimique des ions hydrogène dans une solution et permet de mesurer son alcalinité ou sa basicité. Il conditionne bon nombre d'équilibres physico-chimiques et sa valeur est comprise entre 0 et 14. Un pH est considéré comme neutre lorsqu'il est égal à 7, acide lorsqu'il est compris entre 0 et 7 et basique lorsqu'il est compris entre 7 et 14. La vie se développe en général dans des pH compris entre 5 et 9 mais peut tout de même exister dans des pH plus extrêmes. Les eaux basiques présentent généralement une faune plus riche et plus diversifiée que celle des eaux acides qui sont faiblement minéralisées et ne permettent qu'un développement limité de la flore aquatique. Dans un habitat naturel, le pH varie dans le temps en fonction de l'activité photosynthétique et donc au cours de la journée (GEREPI 2000, Coutouis and Forestier 2014a).

La **température**, mesurée en degrés Celsius (C°), est un facteur important agissant sur les êtres vivants, car elle conditionne leur présence selon leur thermo-résistance. Sa valeur est d'une grande variabilité spatio-temporelle, que ce soit au cours de la journée, des saisons ou de la profondeur, et conditionne le système en ralentissant ou en accélérant son activité ainsi que les réactions chimiques vitales. La température joue un rôle important dans la solubilité des minéraux et des gaz, notamment sur la quantité d'oxygène dissous (GEREPI 2000, Coutouis and Forestier 2014a, Beguier, Sellier, and Beaune 2016).

La concentration en **oxygène dissous** (en g/L) dépend de nombreux facteurs biotiques et abiotiques tels que l'activité photosynthétique et les échanges respiratoires des organismes aquatiques, la pression partielle de l'oxygène dans l'atmosphère, la

température de l'eau, l'oxydation et la décomposition de la matière organique. Cette mesure renseigne sur la capacité d'autoépuration de la mare, elle-même liée à la quantité d'organismes minéralisateurs (GEREPI 2000, Coutouis and Forestier 2014a).

La **conductivité** électrique d'une eau, exprimée en µS/s, est dépendante de la concentration en sels minéraux issus du lessivage des sols ou du contexte géologique (carbonates, bicarbonates, sulfates, chlorures, nitrates, calcium, magnésium, silice…). À l'inverse les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La connaissance de ce facteur est importante puisque beaucoup d'organismes aquatiques ont des exigences propres et sont sensibles aux variations de ce paramètre (GEREPI 2000, Coutouis and Forestier 2014a).

La **turbidité** d'une eau est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Elle est due à la présence de matières en suspension (argiles, limons, matière organique). Leur abondance réduit la luminosité et abaisse la productivité d'un milieu stagnant et donc une chute en oxygène (GEREPI 2000). Certains poissons, comme la Carpe (*Cyprinus carpio*), augmentent la turbidité de l'eau lorsqu'ils fouillent le sol à la recherche de nourriture.

Le **Titre alcalimétrique complet** (TAC) mesure la concentration des ions $HCO^{3-}$, $CO_3^{2-}$ et $OH^-$. Il mesure les carbonates et d'autres ions contribuant à l'alcalinité totale qui interviennent de différentes manières dans le métabolisme des êtres aquatiques et notamment dans la calcification des exosquelettes (GEREPI 2000).

D'autres paramètres peuvent être mesurés tels que la dureté, le titre hydrotimétrique total et calcique, la concentration en éléments minéraux (chlorures, fer, manganèse, ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, calcium…).

## 2.2. Définition d'une mare sur la RNN du Pinail

### *2.2.1. Critères généraux*

La majorité des habitats humides du Pinail étaient à l'origine des fosses d'extraction qui, à la suite de dynamiques naturelles d'évolution, se sont progressivement transformées en mares, tourbières, prairies ou marais selon les conditions abiotiques du milieu. Étant donné que leur origine est commune et qu'une même entité peut être composée de plusieurs types d'habitats, il est considéré que toutes ces anciennes fosses d'extraction font partie des mares au sens large et sont à inclure à la cartographie. Même si elles sont toutes différentes les unes des autres, elles possèdent toutes une zone littorale et parfois une zone limnétique et leur faible profondeur n'entraîne pas de stratification verticale des eaux. De plus, elles remplissent les fonctions écologiques propres à une mare. Cet écosystème va être redéfini à partir des nombreuses études qui ont été réalisées sur la réserve naturelle du Pinail et la bande des Quatre-vents en fonction des différents cas de figure qui se présentent (Dubech and Sellier 2010, Sellier 2010, 2011, 2012, 2013, Sellier and Muzzolini 2014, Sellier 2015, Sellier and Préau 2016).

La **surface** des mares sur la réserve est comprise entre 1 et 5000 m². La **profondeur** maximale connue des mares est de 3 m dans la partie la plus profonde, la profondeur moyenne est comprise entre 1 et 1,5 m.

Comme cela a été dit précédemment, la surface et la profondeur des mares varient au cours d'une année. Cette variation peut amener une mare à se diviser en plusieurs entités ou à l'inverse deux mares peuvent communiquer dans un contexte de débordement temporaire. Ce fait amène à un problème important qui est de savoir comment distinguer deux mares qui communiquent d'une mare qui se divise lorsqu'elle s'assèche. **Il a été choisi de considérer que deux mares sont distinctes l'une de l'autre à partir du moment où elles sont séparées par un habitat terrestre ou humide distinct de la végétation des mares.** En effet, les plantes sont les témoins de facteurs abiotiques locaux.

De nombreuses études physico-chimiques ont été réalisées sur la réserve naturelle du Pinail et décrivent les évolutions journalières, saisonnières et annuelles de nombreux facteurs (Coutouis and Forestier 2014a).

- Le **pH** est compris entre 5,5 et 8. La majorité des mares ont un pH légèrement acide d'environ 6,5.
- La **température** globale des mares est comprise entre 16 et 25 °C, des valeurs plus extrêmes sont peu fréquentes.
- La gamme moyenne de **conductivité** est comprise entre 50 et 300 µS/cm. Des valeurs plus extrêmes sont possibles mais restent anecdotiques.
- Les valeurs d'**oxygène dissous** sont plus variables avec des valeurs comprises entre 0 et 8,5 mg/L.

La variabilité de ces facteurs est telle qu'il s'avère difficile de faire des regroupements entre les mares sur la base de critères physico-chimiques.

D'après les analyses physico-chimiques croisées avec l'analyse des macrophytes, les mares du Pinail seraient toutes humiques, oligotrophes à mésotrophes (Labat, com pers). L'évolution naturelle de tous ces milieux aquatiques oligotrophes est vraisemblablement le comblement progressif, par accumulation de matière organique ne se décomposant pas, au fond de la mare.

### *2.2.2. Géologie*

L'origine des mares de la Réserve naturelle du Pinail est intimement liée au contexte géologique (Figure 3). Cette zone d'étude repose sur des terrains sédimentaires dont la formation est liée aux bassins sédimentaires parisien et aquitain. La couche géologique affleurante date du Plio-Quaternaire et est composée d'argiles grises et limoneuses dans lesquelles des bancs de meulière se sont formés par précipitation de la silice lors de la sédimentation lacustre (Anton et al. 2004). Ce contexte est à l'origine de deux grands types de mares et peut avoir un impact plus ou moins fort sur leur fonctionnement :

- L'extraction de l'argile a conduit à la formation de mares en général peu profondes, qui reposent sur un substrat argilo-limoneux très peu perméable, qui ont peu de connexions souterraines avec les autres mares et qui ont tendance à s'assécher facilement,
- L'extraction des pierres meulières a quant à elle entraîné la formation de mares plus profondes, qui s'assèchent moins fréquemment et qui communiquent plus fréquemment avec d'autres mares via des bancs calcaires perméables qui permettent les échanges hydriques (Coutouis and Forestier 2014a).

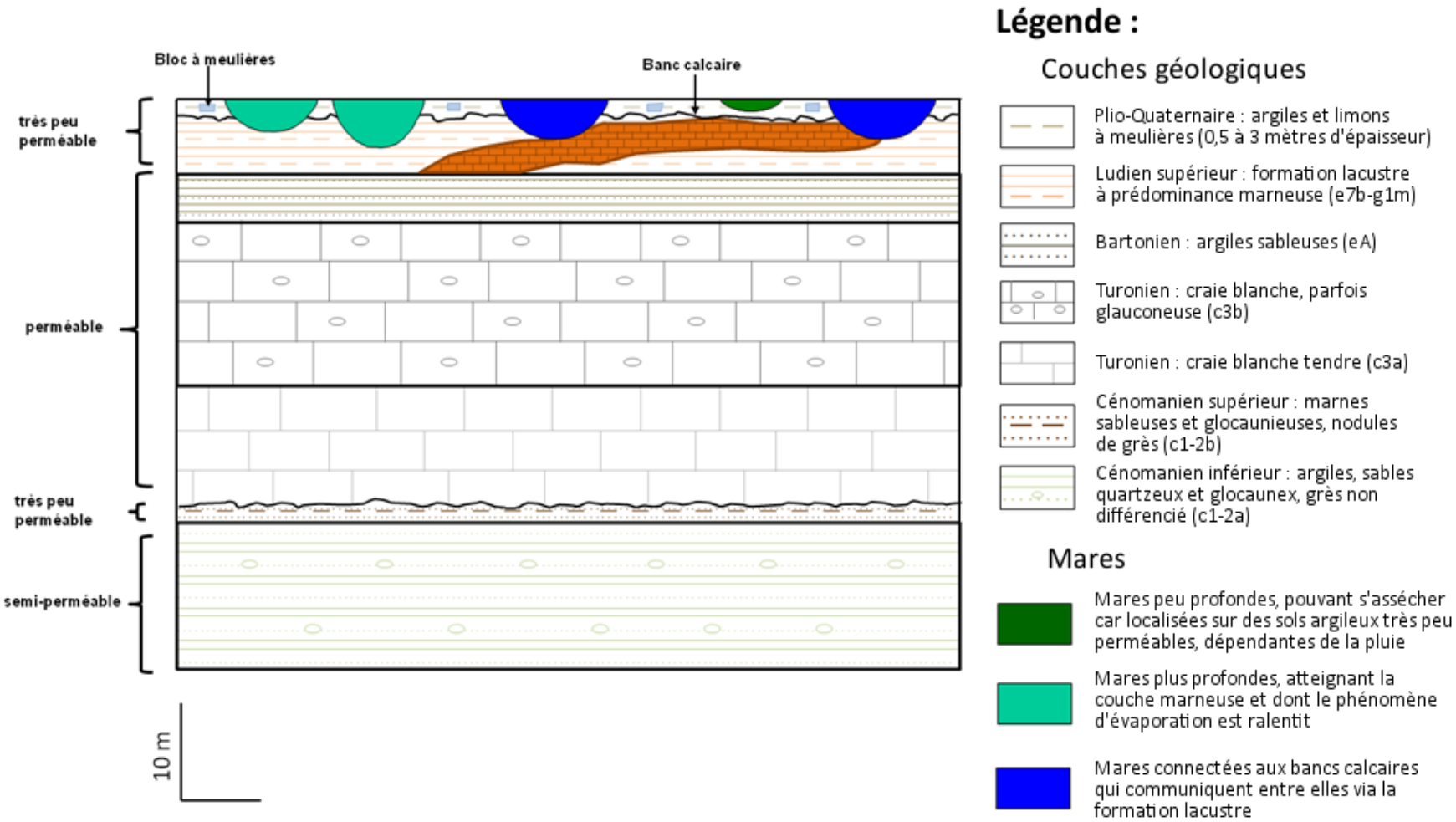



*Figure 3 : Coupe schématique du fonctionnement hydrologique de la Réserve du Pinail (Coutouis and Forestier 2014a)*

### *2.2.3. Hydrologie*

La Réserve naturelle du Pinail étant située sur un plateau à 135 mètres d'altitude, les précipitations sont l'unique source d'**alimentation** en eau. La nappe phréatique originaire de ces précipitations peut alimenter les mares qui y sont connectées mais n'est pas une source stricte (Coutouis and Forestier 2014b).

Cette eau peut avoir différentes destinées, elle peut :

- Être stockée pour une durée variable dans les mares,
- Retourner dans l'atmosphère par le phénomène d'évapotranspiration (évaporation du sol et transpiration de la végétation) qui est non négligeable, car facilité par l'absence d'obstacles majeurs à l'ensoleillement et les fortes rafales de vent,
- Être stockée dans la réserve en eau du sol sous différentes formes (eau liée, eau de rétention capillaire, eau gravitaire),
- Ruisseler, lorsque la réserve en eau est saturée, soit vers les bassins versants et les cours d'eau attenants à la réserve (80 %), soit vers les autres mares (20 %),
- S'infiltrer à travers le sol pour rejoindre la nappe phréatique lorsque la réserve du sol est saturée, mais ce phénomène est très lent et donc négligeable (Coutouis and Forestier 2014a, Anton et al. 2004).

Une classification des mares, étroitement liée à la géologie (Figure 3), peut être établie selon leurs connexions les unes avec les autres et selon leur interférence avec la nappe. Quatre grands groupes de mares en ressortent :

- Mares isolées des autres sur un sol très peu perméable avec une eau qui interfère peu avec la nappe phréatique,
- Mares isolées, mais dont l'eau est en relation avec la nappe phréatique, soit sur sous-sol marneux avec du calcium dissous soit avec une nappe affleurante,
- Mares connectées en réseau dont l'eau communique en hiver sans relation avec la nappe,
- Mares connectées en réseau dont l'eau communique en hiver et en relation avec la nappe (GEREPI 2000).

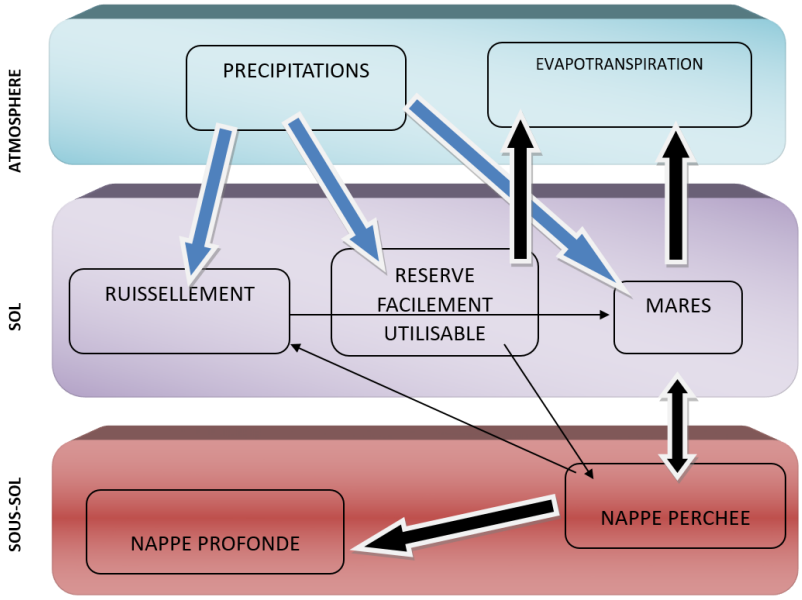
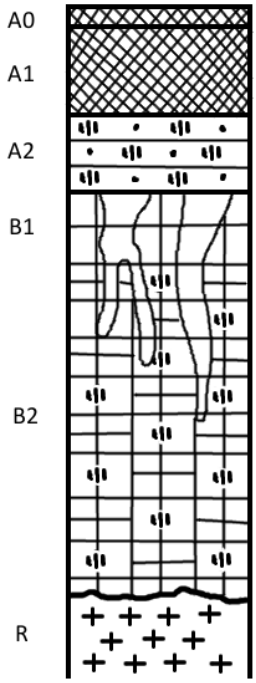



*Figure 4 : Cycle de l'eau sur la RNN du Pinail (Dubech and Sellier 2010)*

### *2.2.4. Pédologie*

L'extraction de pierres meulières et d'argiles a profondément remanié la topographie, mais également les horizons pédologiques. Le sol podzolique lessivé est présenté comme le sol typique du Pinail (Figure 5), mais il faut également mentionner les infinies variations de faciès qui l'accompagnent dans la réserve (Anton et al. 2004).




**A0 (+3 à 0 cm), pH = 4,8 :** noir fibreux, couche mince d'humus brut en mélange avec des débris d'Ericacées en fermentation. C'est probablement un Moder qui évolue vers un Mor.

**A1 (0 à 15 cm), pH = 5 :** brun noirâtre, structure faiblement agrégée avec grains de quartzs libres et de composés humiques acides.

**A2 (15 à 25 cm) :** grisâtre avec du fer réduit par la nappe temporaire perchée en hiver (tâches rouilles) et des concrétions noires d'oxyde de fer et de manganèse. Cet horizon est délimité par une couche d'argile compacte qui bloque les espèces compagnes de la bruyère à balais et de l'ajonc nain (hydromorphie de surface).

**B1 (25 à 35 cm) :** ocre avec des trainées blanches verticales (fentes de dessication estivale à l'emplacement d'anciens réseaux racinaires de bruyères ou d'ajoncs).

**B2 (35 à 80 cm) :** blanc à taches rouilles, très argileux et très compact. L'enracinement de l'ajonc nain est stoppé à 60 cm et celui de la bruyère à balais à 80 cm.

**R (à 80 cm) :** Affleurement de la dalle à meulière.

*Figure 5 : Description visuelle du profil typique du sol glossique (Beauclaire 1990, Anton et al. 2004).*

### *2.2.5. La vie dans les mares*

Comme cela est inscrit dans le Code de l'Environnement, les zones humides sont définies par des critères pédologiques et botaniques. Sur la RNN du Pinail, ces deux critères se retrouvent avec la présence d'un sol de type gley ou pseudo-gley et par un cortège d'espèces végétales (Tableau 1) dans lequel sont incluses des bryophytes (Tableau 2) et des algues (Tableau 3).

De nombreuses espèces animales de la réserve ont un mode de vie dépendant des milieux aquatiques pour tout ou partie de leur cycle de vie. Pour des raisons de manque de connaissance de l'écologie de l'intégralité des 2462 espèces recensées, cette liste n'est pas exhaustive (Dubech and Sellier 2010) (Tableau 4, Tableau 5).

*Tableau 1 : Liste non exhaustive des espèces végétales présentes dans les mares de la RNN du Pinail*

| |
|---|
| *Alisma lanceolatum* With. |
| *Alisma plantago-aquatica* L. |
| *Baldellia ranunculoides* (Ramade) Parl. *subsp. ranunculoides* |
| *Baldellia ranunculoides* (Ramade) Parl. *subsp. repens* (Lam.) A. & D.Love |
| *Calamagrostis epigejos* (Ramade) Roth |
| *Callitriche brutia* Petagna |
| *Cardamine parviflora* L. |
| *Carex elata* All. *subsp. elata* |
| *Carum verticillatum* (Ramade) W.D.J.Koch |
| *Cladium mariscus* (Ramade) Pohl |
| *Deschampsia setacea* (Huds.) Hack. |
| *Drosera rotundifolia* L. |
| *Eleocharis multicaulis* (Sm.) Desv. |
| *Eleocharis palustris* (Ramade) Roem. & Schult. |
| *Eleogiton fluitans* (Ramade) Link |
| *Galium debile* Desv. |
| *Galium palustre* L. |
| *Glyceria fluitans* (Ramade) R.Br. |
| *Gratiola officinalis* L. |
| *Helosciadium inundatum* (Ramade) W.D.J.Koch |
| *Hydrocotyle vulgaris* L. |
| *Hypericum elodes* L. |
| *Iris pseudacorus* L. |
| *Juncus acutiflorus* Ehrh. ex Hoffm. |
| *Juncus articulatus* L. *subsp. articulatus* |
| *Juncus bufonius* L. *subsp. bufonius var. bufonius* |
| *Juncus bufonius* L. *subsp. minutulus (Krecz. & Gontsch.) Soó* |
| *Juncus bulbosus* L. *subsp. Bulbosus* |
| *Juncus conglomeratus* L. |
| *Juncus effusus* L. |
| *Juncus inflexus* L. |
| *Juncus tenageia* Ehrh. ex L. f. |
| *Lemna minor* L. |
| *Lysimachia vulgaris* L. *subsp. vulgaris* |
| *Lythrum salicaria* L. |
| *Menyanthes trifoliata* L. |
| *Myriophyllum alterniflorum* DC. |
| *Myriophyllum spicatum* L. |
| *Nymphaea alba L. subsp. occidentalis* (Ostenf.) Hyl. |
| *Phalaris arundinacea* L. *subsp. arundinacea* |
| *Phragmites australis* (Cav.) Steud. *subsp. australis* |
| *Pilularia globulifera* L. |
| *Polygonum amphibium* L. *subsp. aquaticum* Ehrh. |

| |
|---|
| *Polygonum persicaria* L. |
| *Potamogeton natans* L. |
| *Potamogeton pectinatus* L. |
| *Potamogeton polygonifolius* Pourr. |
| *Pulicaria dysenterica* (Ramade) Bernh. |
| *Ranunculus aquatilis* L. |
| *Ranunculus flammula* L. *subsp. flammula* |
| *Ranunculus ololeucos* J.Lloyd |
| *Ranunculus tripartitus* DC. |
| *Rhynchospora alba* (Ramade) Vahl |
| *Salix acuminata* Mill. |
| *Salix caprea* L. |
| *Salix repens* L. *subsp. repens* |
| *Schoenoplectus lacustris* (Ramade) Palla |
| *Typha angustifolia* L. |
| *Typha latifolia* L. |
| *Utricularia australis* R.Br. |
| *Utricularia bremii* Heer ex Köll., 1839 |
| *Utricularia minor* L. |

*Tableau 2 : Liste non exhaustive des espèces de bryophytes présentes dans les mares de la RNN du Pinail*

| |
|---|
| *Campylium stellatum* (Hedw.) Lange & C.E.O.Jensen |
| *Cephalozia connivens* (Dicks.) Lindb. |
| *Cephaloziella divaricata* (Sm.) SchiIIn. |
| *Cephaloziella elachista* (J.B.Jack ex Gottsche et Rabenh.) |
| *Cephaloziella spinigera* (Lindb.) Warnst. |
| *Kurzia pauciflora* (Dicks.) Grolle |
| *Sphagnum auriculatum* Schimp. |
| *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. |
| *Sphagnum molle* Sull. |
| *Sphagnum palustre* L. |
| *Sphagnum rubellum* |
| *Sphagnum subnitens* Russow & Warnst. |

*Tableau 3 : Liste non exhaustive des espèces d'algues présentes dans les mares de la RNN du Pinail*

| |
|---|
| *Ankistrodesmus* Corda, 1838 |
| *Anabaena* Bory de Saint-Vincent ex Bornet & Flahault, 1886 |
| *Anabaenopsis* (Woloszyńska) Miller 1923 |
| *Bambusina* Kützing ex Kützing, 1849 |
| *Batrachospermum* Roth, 1797 |
| *Bulbochaete* C.Agardh, 1817 |
| *Chaetophora* F. Schrank, 1783 |
| *Chaetosphaeridium* Klebahn, 1892 |

| |
|---|
| *Chara aspera* C.L.Willdenow, 1809 |
| *Chara delicatula* Ag. |
| *Chara fragifera* Durieu |
| *Chara globularis* J.L.Thuiller, 1799 |
| *Chara hispida* L. |
| *Chara major f. major* R. d. w. |
| *Chara vulgaris f. subhispida* Mig. |
| *Closterium* Nitzsch ex Ralfs, 1848 |
| *Cosmarium quadratum* Ralfs |
| *Cylindrocystis brebissonii* (Ralfs) De Bary, 1858 |
| *Desmidiaceae* |
| *Desmidium* C.Agardh ex Ralfs, 1848 |
| *Diatomaceae* |
| *Difflugia* Lamarck, 1816 (Mar.) |
| *Dinophyceae* |
| *Euastrum verrucosum* Ehrenberg ex Ralfs, 1848 |
| *Frustulia* Rabenhorst, 1853 |
| *Hapalosiphon* (Naeg. In Kuet.) Born and Flah, 1886 |
| *Hyalotheca dissiliens* (Sm.) Breb. |
| *Mougeotia sp.* |
| *Mougeotiopsis sp.* |
| *Netrium digitus* (Brébisson ex Ralfs) Itzigsohn & Rothe in Rabenhorst, 1856 |
| *Nitella confervacea* Hy |
| *Nitella gracilis* Ag. |
| *Nitella mucronata* (A. Braun) Miquel |
| *Nitella tenuissima* (Desvaux) Kützing |
| *Nitella translucens* (Persoon) C. Agardh |
| *Netrium digitus* (Brébisson ex Ralfs) Itzigsohn & Rothe in Rabenhorst, 1856 |
| *Nitzschia* Hassall, 1845 |
| *Nostocales sp.* |
| *Oedogonium* Link ex Hirn, 1900 |
| *Pleurotaenium sp.* |
| *Pseudostaurastrum* R.Chodat, 1921 |
| *Scytonema C.* Agardh ex Bornet & Flahault, 1887 |
| *Spirogyra sp.* |
| *Staurastrum tetracerum* Ralfs ex Ralfs, 1848 |
| *Staurodesmus extensus* (Borge) Teiling, 1948 |
| *Stigonema ocellatum* (Dillwyn) Thuret ex Bornet & Flahault |
| *Tabellaria sp.* |
| *Tetmemorus granalutus* Brébisson ex Ralfs, 1848 |
| *Tetrasporella sp.* |
| *Trachelomonas* Ehrenberg, 1835 (groupe) |
| *Zygnema sp.* |

*Tableau 4 : Liste non exhaustive des vertébrés de la RNN du Pinail dont le cycle de vie dépend des mares*

| | |
|---|---|
| **Amphibiens** | |
| *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) | Crapaud commun |
| *Bufo calamita* Laurenti, 1768 | Crapaud calamite |
| *Hyla arborea* (Linnaeus, 1758) | Rainette verte |
| *Pelodytes punctatus* (Daudin, 1802) | Pélodyte ponctué |
| *Rana dalmatina* Fitzinger, 1838 | Grenouille agile |
| *Rana kl. esculenta* Linnaeus, 1758 | Grenouille verte |
| *Rana lessonae* Camerano, 1882 | Grenouille de Lessona |
| *Rana ridibunda* Pallas, 1771 | Grenouille rieuse |
| *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) | Salamandre tachetée |
| *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768) | Triton crêté |
| *Triturus cristatus x T. marmoratus* | Triton de Blasius |
| *Lissotriton helveticus* (Razoumowsky, 1789)(*) | Triton palmé |
| *Triturus marmoratus* (Latreille, 1800) | Triton marbré |
| **Poissons** | |
| *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) | Anguille |
| *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) | Poisson rouge |
| *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) | Carassin commun (Le) |
| *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 | Carpe commune (La) |
| *Leucaspius delineatus* (Heckel, 1843) | Able de Heckel (L') |
| *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) | Gardon (Le) |
| *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) | Rotengle (Le) |
| *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) | Tanche (La) |
| *Esox lucius* Linnaeus, 1758 | Brochet (Le) |
| *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) | Perche-soleil (La) |
| *Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820) | Poisson-chat (Le) |
| **Reptiles** | |
| *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) | Cistude d'Europe |
| *Natrix maura* (Linnaeus, 1758) | Couleuvre vipérine |
| *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) | Couleuvre à collier |
| **Oiseaux (reproducteurs uniquement)** | |
| *Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758 | Canard colvert |
| *Gallinula chloropus* (Linnaeus, 1758) | Gallinule poule-d'eau |
| *Rallus aquaticus* Linnaeus, 1758 | Râle d'eau |
| *Acrocephalus scirpaceus* (Hermann, 1804) | Rousserolle effarvatte |
| *Cisticola juncidis* (Rafinesque, 1810) | Cisticole des joncs |
| *Emberiza schoeniclus* (Linnaeus, 1758) | Bruant des roseaux |
| **Mammifères** | |
| *Arvicola sapidus* Miller, 1908 | Campagnol amphibie |
| *Myocastor coypus* (Molina, 1782) | Ragondin |
| *Ondatra zibethicus* (Linnaeus, 1766) | Rat musqué |

*Tableau 5 : Liste non exhaustive des invertébrés de la RNN du Pinail dont le cycle de vie dépend des mares*

| | |
|---|---|
| **Odonates** | |
| *Aeshna affinis* Vander Linden, 1820 | Aeschne affine |
| *Aeshna cyanea* (Müller, 1764) | Aeschne bleue |
| *Aeshna isoceles* (Müller, 1767) | Aeschne isocèle |
| *Aeshna mixta* Latreille, 1805 | Aeschne mixte |
| *Anax imperator* Leach, 1815 | Anax empereur |
| *Brachytron pratense* (Müller, 1764) | Aeschne printanière |
| *Coenagrion puella* (Linnaeus, 1758) | Agrion jouvencelle |
| *Coenagrion pulchellum* (Vander Linden, 1825) | Agrion gracieux |
| *Coenagrion scitulum* (Rambur, 1842) | Agrion mignon (L') |
| *Ceriagrion tenellum* (de Villers, 1789) | Agrion délicat |
| *Cordulia aenea* (Linnaeus, 1758) | Cordulie bronzée |
| *Crocothemis erythraea* (Brullé, 1832) | Libellule écarlate |
| *Enallagma cyathigerum* (Charpentier, 1840) | Agrion porte-coupe |
| *Erythromma viridulum* (Charpentier, 1840) | Agrion vert |
| *Gomphus pulchellus* Selys, 1840 | Gomphe gentil |
| *Ischnura elegans* (Vander Linden, 1820) | Agrion élégant |
| *Ischnura pumilio* (Charpentier, 1825) | Agrion nain (L') |
| *Lestes barbarus* (Fabricius, 1798) | Leste sauvage |
| *Lestes dryas* Kirby, 1890 | Leste dryade (Le) |
| *Lestes sponsa* (Hansemann, 1823) | Leste fiancé |
| *Lestes virens vestalis* Rambur, 1842 | Leste verdoyant |
| *Lestes viridis* (Vander Linden, 1825) | Leste vert |
| *Leucorrhinia caudalis* (Charpentier, 1840) | Leucorrhine à large queue |
| *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier, 1825) | Leucorrhine à gros thorax |
| *Libellula depressa* Linnaeus, 1758 | Libellule déprimée |
| *Libellula quadrimaculata* Linnaeus, 1758 | Libellule à quatre taches |
| *Orthetrum albistylum* (Selys, 1848) | Orthétrum à stylets blancs |
| *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758) | Orthétrum réticulé |
| *Pyrrhosoma nymphula* (Sulzer, 1776) | Petite nymphe au corps de feu |
| *Somatochlora flavomaculata* (Vander Linden, 1825) | Cordulie à taches jaunes |
| *Somatochlora metallica* (Vander Linden, 1825) | Cordulie métallique |
| *Sympecma fusca* (Vander Linden, 1820) | Leste brun |
| *Sympetrum fonscolombii* (Selys, 1840) | Sympétrum de Fonscolombe |
| *Sympetrum meridionale* (Selys, 1841) | Sympétrum méridional |
| *Sympetrum sanguineum* (Müller, 1764) | Sympétrum sanguin |
| *Sympetrum striolatum* (Charpentier, 1840) | Sympétrum strié |
| **Coléoptères** | |
| *Dytiscus circumcinctus* Ahrens, 1811 | |
| *Dytiscus dimidiatus* Bergsträsser, 1778 | |
| *Dytiscus marginalis* Linnaeus, 1758 | Dytique bordé |
| *Dytiscus semisulcatus* O.F. Müller, 1776 | |
| **Malacostracés** | |
| *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) | Ecrevisse à pieds blancs |
| **Hémiptères** | |
| *Notonecta glauca glauca* Linnaeus, 1758 | Notonecte glauque |
| *Notonecta obliqua* Thunberg, 1787 | |

| | |
|---|---|
| **Araignées** | |
| *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1758) | Argyronete aquatique |
| *Dolomedes fimbriatus* (Clerck, 1758) | |
| *Dolomedes plantarius* (Clerck, 1758) | |
| **Crustacées cladocères** | |
| *Acroperus harpae* (Baird, 1834) | |
| *Biapertura affinis* (Leydig, 1860) | |
| *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776) | |
| *Daphnia obtusa* (Kurtz, 1874) | |
| *Eurycercus lamellatus* (O.F. Müller, 1776) | |
| *Lathonura rectirostris* (O.F. Müller, 1785) | |
| *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862) | |
| *Simocephalus exspinosus* (De Geer, 1778) | |
| *Simocephalus serrulatus* (Koch, 1841) | |
| *Simocephalus vetulus* (O.F. Müller, 1776) | |

## 2.3. La variabilité des mares

Toutes les caractéristiques abordées jusqu'à présent permettent de définir une mare et de distinguer les mares des autres écosystèmes dulçaquicoles lentiques. Mais il faut aussi noter que toutes les mares sont différentes les unes des autres et que ces mêmes caractères qui permettent de définir cet écosystème sont source de variabilité entre chaque entité. Ces critères sont :

- La surface (comprise entre 1 et 5000 m²),
- La profondeur (maximum 3 m),
- La morphologie générale (pente),
- Le contexte géologique et pédologique favorisant la retenue d'eau,
- La topographie qui modifie l'alimentation par les flux hydriques (bassin versant),
- La communication avec d'autres mares (notamment via les bancs calcaires),
- La connexion avec la nappe phréatique,
- La physico-chimie,
- La biodiversité.

Au fil du temps, les mares ont évolué différemment, créant ainsi la mosaïque de milieux qui fait, entre autres, la richesse de cette zone d'étude. Les facteurs et caractéristiques ayant influencé cette évolution sont multiples (GEREPI 2000) :

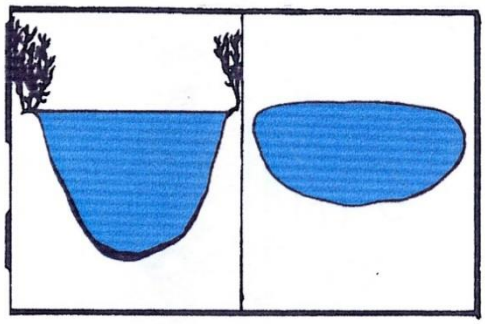
- Date de creusement de la fosse,
- Profondeur lors de la création,
- Altitude du fond (géologie),
- Qualité de l'eau,
- Colonisation par la biodiversité,
- Atterrissement naturel,
- Activités humaines (introduction d'espèces, curage, gestion de la brande…).

## 2.4. Typologie des mares

### *2.4.1. Limites engendrées par la précédente typologie des mares*

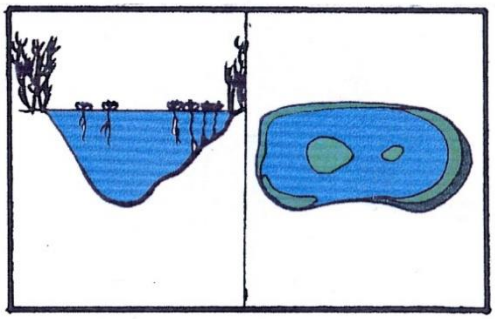
Dans de nombreux rapports d'études ou rapports de stages, une typologie des mares de la réserve du Pinail est présentée (Figure 6). Cependant aucun document n'indique l'année ou l'auteur de cette première typologie, même si certains rapports en font une description détaillée. Un document daté de 1998 portant sur la cartographie des habitats de la réserve cite cette typologie en spécifiant qu'elle a été élaborée après une étude de 300 mares (Henry 1998). Un document daté de 1990 semble avoir été initiateur de la typologie des mares. Bien qu'il ne décrive aucune typologie en soi, de nombreuses mares y sont décrites selon des critères physico-chimiques, morphologiques et des descriptions d'habitats présents (Sénéchal 1990). Cette typologie pose certains problèmes d'interprétation et d'utilisation. Par exemple, elle ne prend pas en compte les tourbières ou les entités composées de végétation de prairie humide entremêlée de végétation de ceinture de mare qui font partie intégrante des mares de la zone d'étude. La description du type A est telle qu'il n'existe aucune mare de ce type sur la zone d'étude. En effet les mares ayant une profondeur supérieure à 1,5 m sont rares mais chacune d'entre-elles possède une ceinture de végétation aquatique. Les mares dites "à écrevisses", typiques de ce type A, possèdent pratiquement toutes une végétation de ceinture à *Cladium mariscus*. De plus, les critères utilisés pour décrire les types de mares ne sont pas tous les mêmes d'un type à l'autre, ce qui crée des recoupements et des difficultés d'attribution.

# Fiche descriptive de la typologie des mares



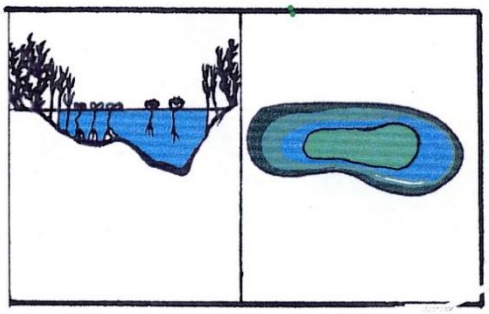
**Type A:**

Mares trés profondes (P 1,50 m)
Les abords sont trés abruptes, ceci exclue l'implantation de la végétation des ceintures de mares.
Les hydrophytes sont absentes du fait de la profondeur.
Ce type de mare correspond au premier stade d'évolution.



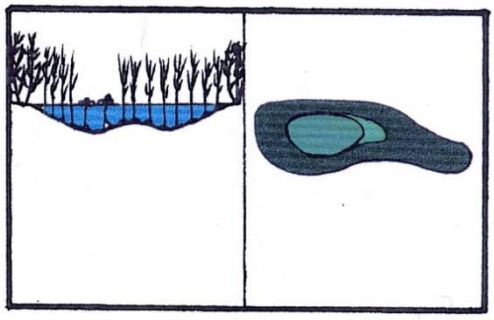
**Type B:**

Mares assez profondes, aux abords moins abruptes.
Présence d'une végétation hydrophyle bien développée, mais ne recouvrant pas toute la surface de la mare.
La présence des espéces végétales des ceintu de mare n'est pas obligatoire.



**Type C:**

Mares possédant des profondeurs moyennes à faibles ( 1 m). Les bords de mare sont trés évasés l'évolution de la végétation au centre de la mare, la population d'hydrphytesdevient minoritaire, la zone d'eau libre diminue.
Ce type de mares a une dynamique élevée et est susceptible d'évoluer en mare à hélophytes dominants.



**Type D:**

Mares trés peu profondes ( 50 cm) et aux bords peu marqués.
Colonisation de la mare par les hélophytes qui dominent les hydrogéophytes.
Les zones d'eau libre sont absentes.
C'est le type de mare le plus évolué et tendant à un assèchement du milieu.

*Figure 6 : Typologie des mares utilisée avant 2017*

### *2.4.2. Élaboration d'une nouvelle typologie*

Une nouvelle typologie des mares basée sur la morphologie, le type et la densité de la végétation ainsi que le stade d'évolution (succession des habitats, comblement) a donc été mise en place. Une clé de détermination a été créée afin de pouvoir identifier chaque type de façon méthodique (Figure 7) :

Les caractéristiques du type A ont été assouplies afin de prendre en compte les mares possédant une végétation de ceinture ou une végétation de coeur de mare, tant que celle-ci ne dépasse pas 20 % de la surface. Les types B et C ont été redéfinis selon la profondeur de la mare, qui a été mesurée à l'aide d'un dispositif constitué d'une canne à pêche équipée d'un plomb et de flotteurs placés à 50, 100 et 150 cm du plomb. Ce dispositif léger et compact permet de mesurer avec fiabilité la profondeur d'une mare. De nombreuses mares de faible surface, peu profondes et très temporaires, le plus souvent ombragées par une végétation limitrophe dense, ne présentent pas de végétation aquatique caractéristique. Elles sont pourtant immergées plusieurs mois dans l'année et font donc partie des mares de la réserve. Le type E a été rajouté à la précédente cartographie pour prendre en compte ces mares particulières, dont la plupart étaient déjà recensées par la précédente cartographie. Des schémas de recouvrement minimal et maximal de la végétation ainsi que de profondeur minimale et maximale de chaque type de mare ont été réalisés afin d'apporter une approche visuelle de cette clé de détermination (Annexe 1).

Plusieurs critères sont nécessaires à l'interprétation de la typologie des mares :

- **La profondeur et la surface de la mare sont mesurées à la sortie de l'hiver** (année moyenne en terme de pluviométrie...) **correspondant au niveau haut des mares sans débordement et à la limite entre la végétation terrestre** (*Erica tetralix, Erica scoparia, Molinia caerulea*) **et aquatique**.
- La végétation et sa surface de recouvrement s'interprête au printemps.

**Les mares intermédiaires entre deux types pourront bénéficier de deux lettres correspondant aux deux types caractérisés et présents sur l'entité observée**. La première lettre correspondra au type dominant de la mare (présent à plus de 50 %). La lettre suivante exprime l'autre type présent. Si trois types sont présents dans la mare le principe reste le même : les types sont classés par ordre décroissant (le premier devant couvrir plus de 30 % de la surface).

## Clé de détermination des types de mare de la RNN du Pinail - 2017

**1** – Mare de profondeur supérieure à 100 cm ..... **2**
**1** – Mare de profondeur inférieure à 100 cm ..... **3**

**2** – Mare dont la profondeur est supérieure à 150 cm, dont les pentes sont abruptes et dont la végétation du cœur de mare[1] ne dépasse pas 20 % ..... **Type A**
**2** – Mare ne présentant pas cet assemblage de critères ..... **Type B**

**3** – Mare entièrement constituée d'une végétation aquatique caractéristique (*Eleocharis multicaulis, Sphagnum sp., Ranunculus ololeucos, Cladium mariscus, Phragmites australis, Typha sp., Potamogaton natans, Potamogeton polygonifolius...*) ..... **Type C**
**3** – Mare non entièrement constituée de végétation aquatique caractéristique (mare très temporaire ou en cours de transition) ..... **4**

**4** – Végétation aquatique caractéristique des mares entremêlée à de la végétation de prairie et/ou de lande humide et/ou de tourbière ..... **5**
**4** – Végétation aquatique caractéristique des mares absente ou limitée à quelques pieds, mare immergée de façon très temporaire ..... **Type E**

**5** – Végétation aquatique caractéristique des mares entremêlée à de la végétation de prairie (*Molinia caerulea*) ..... **Type D1**
**5** – Végétation aquatique caractéristique des mares entremêlée à de la végétation de lande humide (*Erica tetralix, Erica scoparia...*) ..... **Type D2**
**5** – Végétation aquatique caractéristique des mares entremêlée à de la végétation de tourbière (*Sphagnum sp., Drosera rotundifolia, Menyanthes trifoliata...*) ..... **Type D3**

[1] Le cœur de mare correspond à la partie de la mare distincte de la ceinture végétale

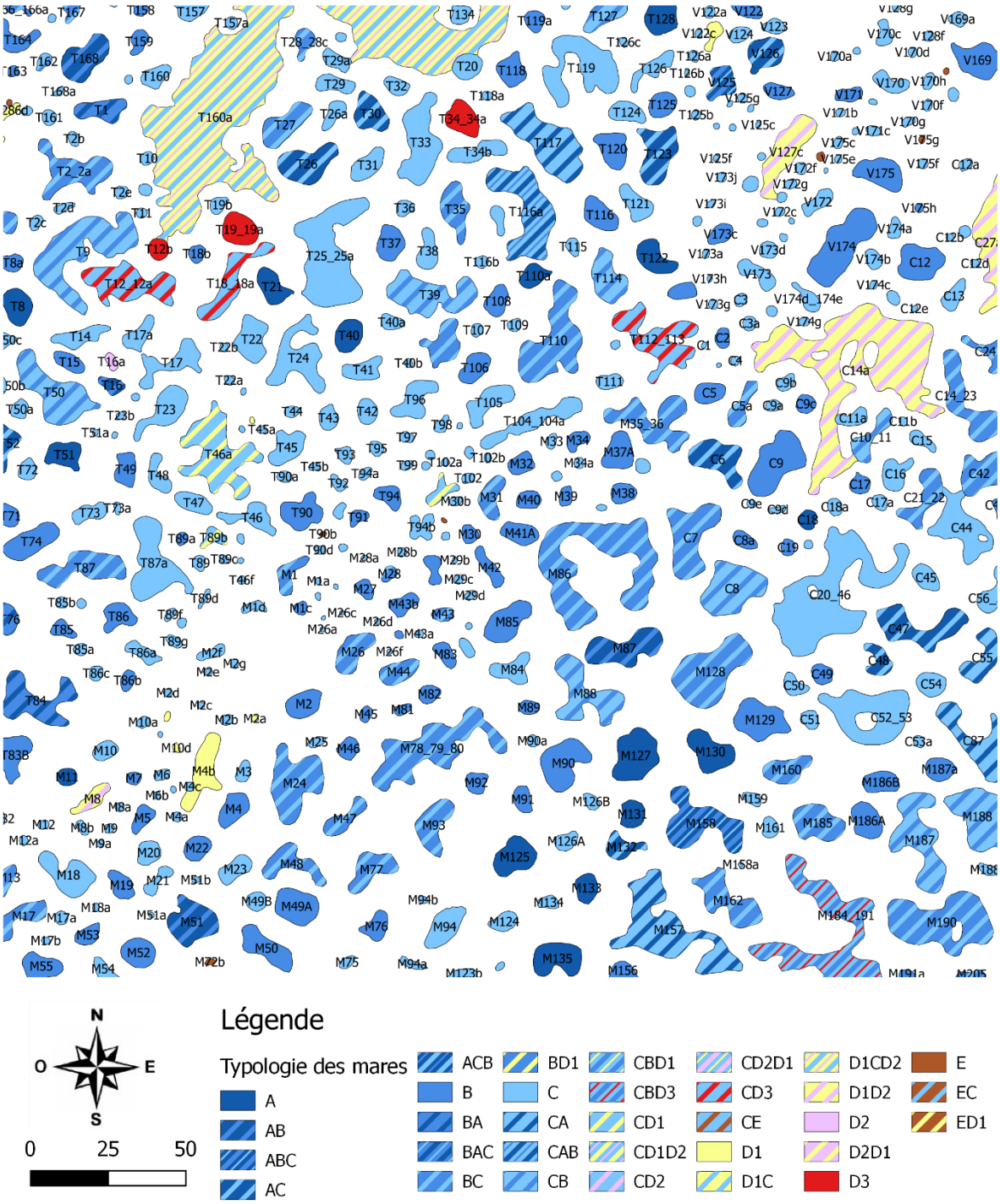



*Figure 7 : Exemple de typologie des mares sur les secteurs C, M et T de la RNN du Pinail*

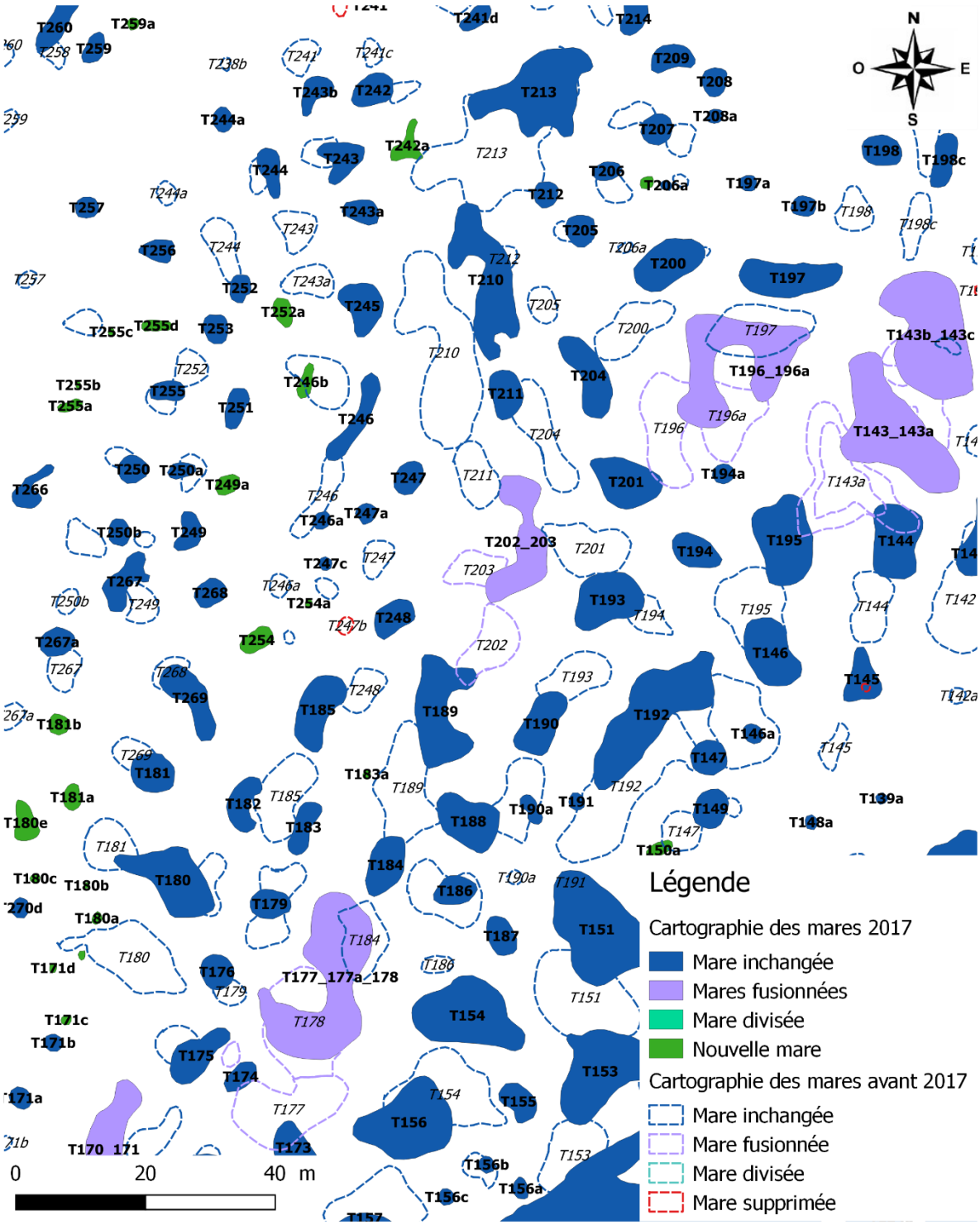



*Figure 8 : Décalage de localisation des mares entre la précédente cartographie et la cartographie des mares de 2017*

# III. Méthodologie de cartographie des mares

## 3.1. Construction de la table attributaire

L'ancienne couche shapefile contenait les informations suivantes : Numéro de la mare ; Secteur ; Sous-secteur ; Surface. Mais également des informations sur le faciès, sur la végétation aquatique caractéristique de la mare (code Corine Biotope) et sur la présence de Triton crêté. Il a été choisi dans la nouvelle table attributaire de ne pas conserver les données sur l'habitat car la plupart des mares abritent plusieurs habitats différents. Attribuer tous les habitats à chaque mare représente un travail titanesque qui ne pourrait être réalisé dans le temps imparti, notamment pour les habitats temporaires comme les tapis de renoncules aquatiques. Concernant les informations sur le Triton crêté, cette couche shapefile n'a pas vocation à être une base de données et les informations renseignées n'indiquaient pas de date ou d'observateur et fournissent donc peu d'indications. Ces informations ont toutefois été conservées.

La nouvelle table attributaire a été complétée avec les informations suivantes :

- SECTEUR,
- SS_SECTEUR (sous secteur),
- STATUT_MAR : continu (déjà existante) ; nouveau (première numérisation),
- CODE_MARE : code de la mare,
- STATUT_COD : inchange (code inchangé) ; change2017 (code modifié en 2017) ; new2017 (nouveau code),
- DATE_NUM : date de numérisation (AAAA-MM-JJ),
- DATE_TERRA : date de vérification sur le terrain (AAAA-MM-JJ),
- TYPOLOGIE : A/B/C/D1/D2/D3/E ou combinaison de plusieurs lettres (ex : AB),
- GRAND_TYPE : type majoritaire sur la mare,
- INFO_VEGET : présence d'un habitat aquatique particulier (ex : roselière),
- PERMANENCE : temporaire/permanente,
- COMMENTAIR : indications supplémentaires sur la mare ou le code,
- ANCIENCODE : à renseigner si modifié,
- CONNEXION : codes des mares connectées, si la mare se déverse dans une autre : indiquer "Vers A1",
- GESTION : brulis/fauche/non gere/paturage,
- PERCHE : (présence de perches) : oui/non/doute (en cas d'information),
- INFOPERCHE : source et année des données de présence ou d'absence de perche,
- SUIVIODONA : suivi odonates sur la mare (oui/NA),
- SUIVITRITO : suivi triton sur la mare (oui/NA),
- AIREARCGIS : en mètres carrés (calculée sous ARCGIS).

La majorité des attributs ont été renseignés à la création de la mare lors de la première phase de numérisation et ont été éventuellement modifiés au cours de la phase de terrain. Les attributs suivants ont été renseignés uniquement lors de la phase de terrain : DATE_TERRA, FACIES, PERMANENCE, CONNEXION. L'attribut de surface a été calculé après la phase de terrain sous Arcgis.

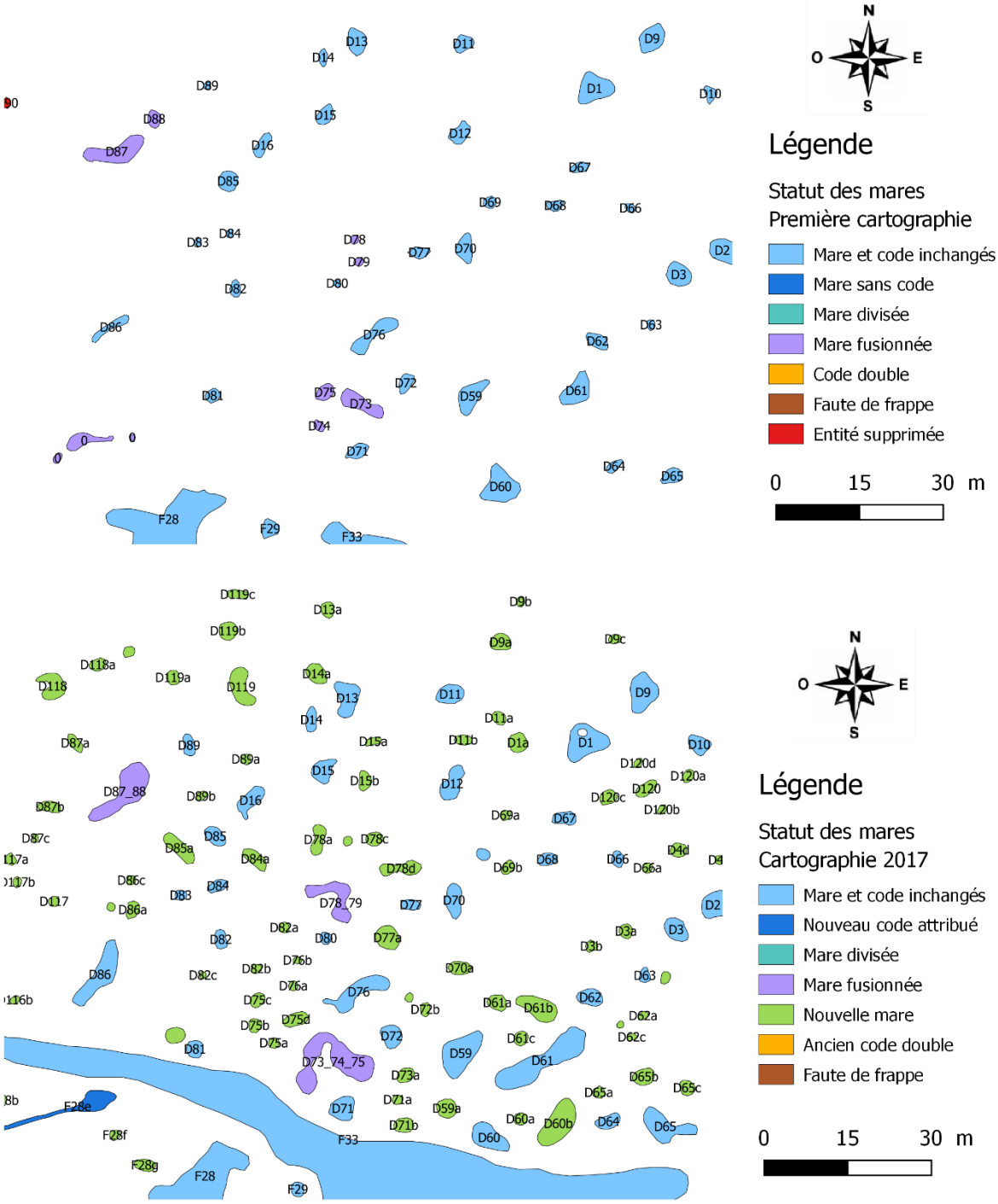



*Figure 9 : Comparaison avant/après actualisation de la cartographie dans le secteur D de la RNN du Pinail*

## 3.2. Numérisation sous SIG

L'actualisation de la cartographie des mares a tout d'abord consisté en une phase de re-numérisation sous SIG à partir de l'ancienne carte des mares qui a nécessité 15 jours de travail. Cette étape a pour but de replacer chaque mare à son emplacement réel afin de faciliter par la suite le travail de terrain. Baser cette étape sur l'ancienne cartographie a permis d'assurer une continuité et de n'engendrer aucune perte d'information (codification des mares, connaissances acquises). Les mares ont été numérisées à l'aide du logiciel QGIS 2.14.9 par photo-interprétation à une échelle de 1:150 à partir de photos aériennes de l'IGN d'une précision de 20 cm. Le périmètre des mares lors de leur numérisation est basé sur leur marnage à la période de l'année à laquelle ont été prises ces photographies aériennes. Ce périmètre a été ajusté lors de la phase de vérification sur le terrain.

Dans certains secteurs le décalage entre l'ancienne et la nouvelle cartographie peut atteindre 30 mètres (Figure 8). Les mares les plus grandes ou ayant une forme particulière sont simples à retrouver et fournissent un bon point de repère pour resituer les mares adjacentes de moindre taille. Il est toutefois probable que, dans certains secteurs, il y ait eu des confusions lors de l'attribution des codes avec une mare voisine morphologiquement proche. Cependant, ce type d'erreur ne perturbe en rien l'utilisation de cette cartographie.

Il est possible, lors de cette phase, que certaines mares soient difficiles à localiser en raison de leur petite taille, de leur niveau d'eau lors de la photo aérienne ou de la présence d'une végétation dense. Il a été décidé de numériser chaque élément du paysage pouvant s'apparenter à une mare afin de ne pas commettre d'oubli, quitte à devoir supprimer certaines entités lors de la phase de vérification sur le terrain.

Les codes des mares ont toujours été attribués par le passé selon une méthode précise. Les codes des mares référentes, les plus profondes ou les plus grandes, sont composés de la lettre du secteur dans lequel elles se trouvent, suivi par un chiffre (ex : C131). Les codes des mares les plus petites ou les plus temporaires correspondent à celui d'une mare référente suivi d'une lettre minuscule (ex : C131a). Dans le cas où une mare a été référencée par un code lors de la précédente cartographie, elle conserve le code qui lui a été attribué (sauf en cas d'erreur d'attribution du code, voir 4.1). Dans le cas inverse où une mare est référencée pour la première fois au cours de ce travail, un nouveau code lui est attribué selon la même méthodologie que celle utilisée précédemment.

## 3.3. Vérification sur le terrain

Au cours de cette phase une tablette numérique de terrain équipée du logiciel QGIS 2.14.9 et d'un récepteur GPS a été utilisée. Elle a pour but de vérifier la localisation et le contour des mares mais également de repérer de nouvelles mares n'ayant pas été détectées lors de la numérisation. Les critères de faciès, de permanence, ainsi que les connexions avec d'autres mares ont été renseignés lors de cette phase.

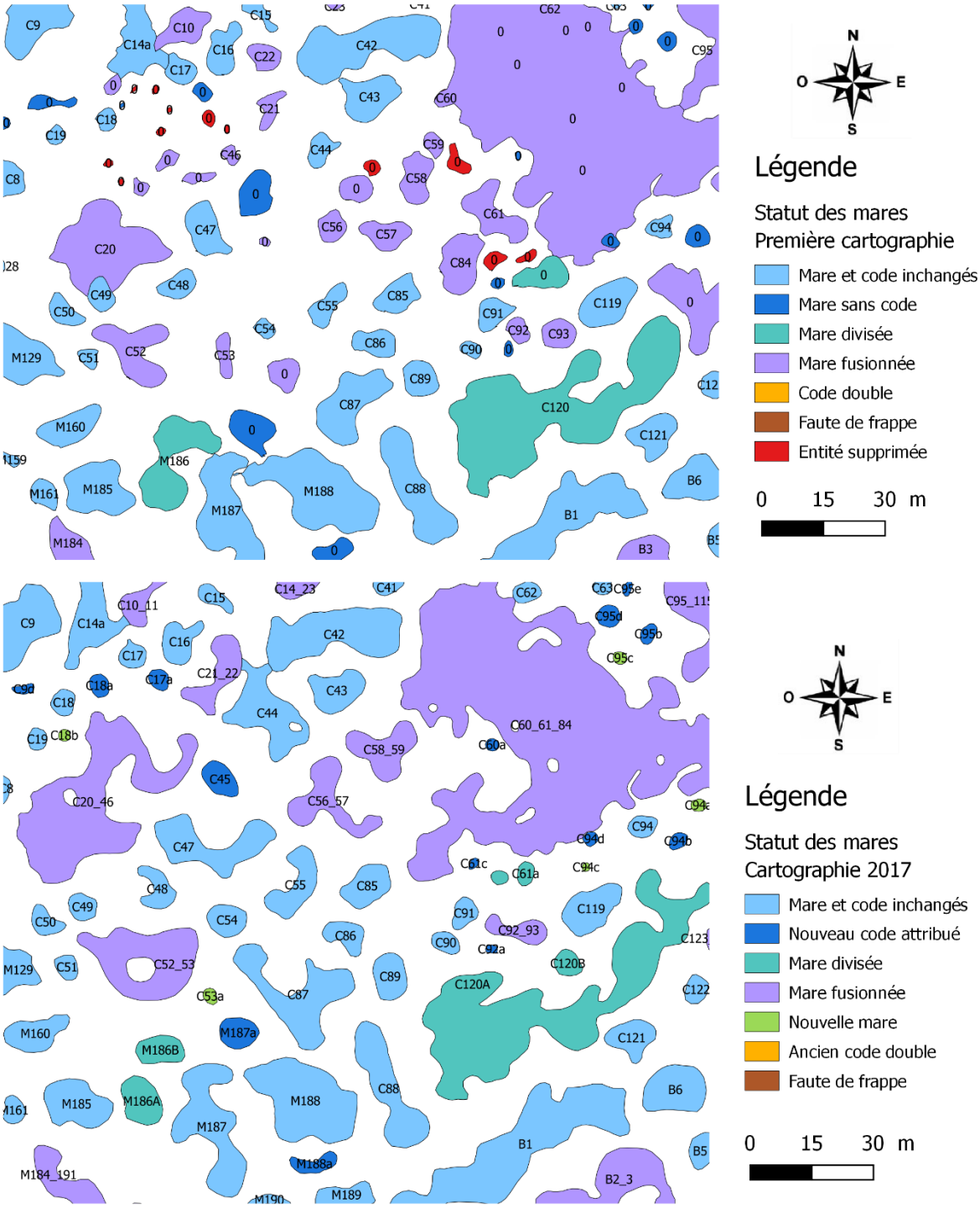



*Figure 10 : Comparaison avant/après actualisation de la cartographie dans le secteur C de la RNN du Pinail*

Il a fallu au total 58 jours de terrain entre le 20 février et le 10 octobre 2017 pour vérifier une à une chacune des mares. Un seul passage a été réalisé et il est certain que la détection de l'entièreté des mares de la zone d'étude n'a pas été exhaustive. D'autres mares sont probablement présentes dans les zones les moins accessibles, dans les secteurs où les mares sont les plus petites et les moins visibles et dans les secteurs où, à priori, il y a peu de mares puisqu'ils n'ont pas été prospectés avec la même intensité que dans les secteurs avec une forte densité de mares.

# IV. Résultats et discussion

## 4.1. Problèmes rencontrés et modifications apportées

Auparavant, 5264 mares étaient référencées sur la zone d'étude (Figure 15). Après l'actualisation de la cartographie, ce chiffre est de **5889 mares** (Tableau 6, Figure 16). La numérisation et la vérification sur le terrain ont permis de révéler et de corriger plusieurs types d'erreurs de l'ancienne cartographie des mares. Pour chaque type de problème rencontré, les solutions mises en œuvre essaient de préserver le plus possible les anciens codes afin de limiter la confusion liée à leur modification.

Au total, 421 mares n'ont pas été retrouvées sur le terrain et ont donc été supprimées. De même, 1219 nouvelles mares ont été ajoutées (Figure 9, Figure 17, Tableau 6). Un nouveau code leur a été attribué ainsi que pour les 1203 mares sans code de l'ancienne cartographie n'ayant pas été modifiées (de nombreuses mares sans code ont été supprimées, fusionnées ou divisées).

En listant l'entièreté des codes, il est apparu que 134 codes n'avaient jamais été attribués. Par exemple, B40 et B42 existent alors que B41 n'est attribué à aucune mare. Tous ces codes ont été attribués à des mares n'ayant jamais eu de code auparavant ou à de nouvelles mares. Il ne reste donc plus d'erreur de ce type dans la nouvelle cartographie. Il est arrivé dans 15 cas que le code d'une mare ait été mal attribué par le passé. Par exemple la mare F267 se trouvait dans le secteur de la Reu (R) et a donc été renommée R27b. Il est apparu que dans le secteur Prébois (P) les six mares possédant un code commençaient par la lettre R. Leur code a donc été supprimé et un nouveau commençant par la lettre P leur a été attribué.

L'un des problèmes rencontré dans 36 cas est l'attribution d'un même code à plusieurs mares. Il a été décidé de ne pas conserver les anciens codes et que toutes les mares concernées devaient en changer, sauf dans le cas où l'une des deux entités s'est avérée ne pas exister. Ceci afin d'éviter toute confusion entre un code erroné attribué dans l'ancienne cartographie et un nouveau code, sans erreur associée, attribué dans la nouvelle cartographie.

- Dans le cas où le code double concerne une mare de référence, il a été décidé de la renommer en conservant le début du code et en y ajoutant une lettre majuscule afin de les distinguer des mares temporaires. Ainsi les deux mares F5 sont devenues F5A et F5B. Pour éviter toute confusion supplémentaire, il n'est pas permis d'appeler une mare F5A si F5a existe déjà. Par exemple les deux mares L3 sont devenues L3C et L3D car L3a et L3b existent déjà.
- Dans le cas où le problème concerne une mare adjacente à une mare de référence (ex : E140c), il a été décidé de changer la dernière lettre du code. Ainsi les deux mares E140c sont devenues E140d et E140e.

Dans certains cas, plusieurs mares distinctes se sont révélées être une seule et même mare sans discontinuité hydrologique. Il a donc été décidé de fusionner ces mares afin d'obtenir une seule mare cohérente au niveau de sa morphologie (Figure 18). Plusieurs cas de figure ont été rencontrés :

- Dans le cas où les mares possédaient chacune un code, le code attribué est une fusion entre les anciens codes. Par exemple, D78 et D79 sont devenues la mare D78_79.
- Dans le cas où une seule mare possédait un code, celui-ci n'est pas modifié, il est tout de même indiqué dans l'attribut COMMENTAIR que cette mare est issue d'une fusion.
- Lorsqu'aucune mare fusionnée ne possédait de code, un nouveau code lui est attribué et il est renseigné dans l'attribut COMMENTAIR que cette mare est issue d'une fusion.

À l'inverse, quelques mares ont été divisées par rapport à l'ancienne cartographie. C'est le cas de Q18 qui a été renommée en Q18A et Q18B, qui sont séparées par une butte de terre suffisamment haute empêchant toute connexion. Les codes ont été attribués avec la même logique de modification des codes que pour ceux qui ont été attribués à plusieurs mares (Figure 10, Figure 18, Tableau 6). Il est également arrivé que certaines mares sans code soient divisées, dans ce cas deux ou plusieurs nouveaux codes ont été attribués sans complication. Il est arrivé dans deux cas que des mares de grande superficie aient été à la fois fusionnées et divisées.

Lorsque les mares sont nettement distinctes l'une de l'autre du point de vue de leur morphologie et qu'elles ne communiquent que lorsque le niveau d'eau est suffisamment haut et par un passage relativement restreint (n'excédant pas un ou deux mètres de largeur), elles ne sont pas fusionnées mais il est indiqué dans l'attribut "CONNEXION" qu'elles communiquent entre elles. Ce critère a été renseigné pour 862 mares qui communiquent au moins avec une autre mare. La phase de terrain s'est déroulée en partie au cours de l'été et au début de l'automne lorsque les niveaux sont les plus bas et la connexion entre deux mares n'a été renseignée à cette période que lorsqu'elle semblait évidente, même avec des niveaux d'eau bas. Ce critère n'est donc pas exhaustif, il fourni tout de même des informations importantes sur la dispersion des espèces aquatiques mais doit toujours être considéré et utilisé avec précaution.

Dans certains cas, il arrive que plusieurs problèmes se cumulent pour la même mare. Ainsi, une mare ayant un code double peut être fusionnée avec une autre mare. Dans ce type de cas un nouveau code est attribué à la mare avant sa fusion. Par exemple : les deux mares L3 sont devenues L3a_3C (L3 fusionnée à L3a) et L3D. Dans le Tableau 6 si une mare ayant un code double a été fusionnée elle apparaît dans les deux lignes correspondant aux deux modifications apportées à la mare. Pour cette raison, il n'est pas possible de retrouver le chiffre de 5889 mares en partant des 5264 mares initiales et en suivant les modifications de code.

*Tableau 6 : Sytnhèse des modifications apportées à la cartographie des mares*

| | |
|---|---|
| Nombre d'entités dans l'ancienne couche | 5320 |
| Entités n'étant pas des mares | 44 |
| Duplicatas | 12 |
| **Nombre de mares avant 2017** | **5264** |
| Mare et code inchangés | 3167 |
| Mare sans code | 1572 |
| Mare sans code inchangée | 1203 |
| Mare supprimée | 421 |
| Nouvelle mare | 1219 |
| Ensemble des mares fusionnées | 373 |
| Mares issues de fusions | 162 |
| Ensemble des mares divisées | 31 |
| Mares issues de divisions | 68 |
| Faute de frappe | 15 |
| Code double | 72 |
| **Nombre de mares en 2017** | **5889** |

Le Tableau 6 apporte une approche synthétique sur toutes les modifications qui ont pu être apportées à la cartographie des mares. Afin de calculer ces chiffres, un attribut EVOL_CODE a été créé sur une copie de l'ancienne cartographie des mares qui s'intitule HTM_synthese et qui est stockée sur le réseau de GEREPI à l'emplacement : \\GEREPI\Home\SIG - Cartographie\Ressources VECTEUR\8 - RNN Pinail\Connaissance Suivi Recherche\Habitats. Dans cet attribut toutes les modifications apportées à la mare ont été annotées (mare supprimée, fusionnée, divisée, etc.), ce qui offre une traçabilité pour chaque mare. Le terme 'Duplicata' a été attribué lorsque deux entités identiques existaient pour la même mare. La couche Habitat_taille_mare_Touze_2013, sur laquelle étaient numérisées les mares, contient également l'emplacement des arbres et des fosses à sanglier. Ces entités n'ont pas été conservées dans la nouvelle cartographie qui ne contient plus que des mares.

Toutes les modifications liées aux problèmes listés ci-dessus ont été renseignées dans un tableur Excel qui se nomme "Codes mares" et qui est stocké sur le serveur de GEREPI à l'emplacement suivante : \\GEREPI\Home\CS Connaissance suivis — PR Recherche\Habitats\Cartographie des mares RNN Pinail 2017. Ainsi il existe une trace de tous les changements apportés aux codes de l'ancienne cartographie. Dans ce document Excel, tous les codes (anciens ou nouveaux) sont renseignés par secteur. En face de chaque code, le type de problème rencontré est inscrit :

- **Nouveau** : code attribué en 2017 pour la première fois
- **Supprimé (cause)** : code supprimé
- **Ancien doublon** : ancien code attribué à deux ou plusieurs mares
- **Ancien "code"** (ex : Ancien E140c) : nouveau code qui remplace un ancien code attribué à plusieurs mares (E140c)
- **Code fusion** (ex : D78_79) : code attribué à plusieurs mares qui ont fusionné
- **Fusionné** : ancien code d'une mare qui a été fusionnée
- **Code division** (ex : M186A) : code attribué à une partie d'une mare divisée
- **Divisée** (ex : M186) : ancien code d'une mare qui a été divisée
- **Faute de frappe** : Erreur manifeste d'attribution du code
- Faute corrigée : Erreur corrigée

## 4.2. Analyse des données

### *4.2.1. Superficie et répartition selon les secteurs*

La surface totale des 5889 mares inventoriées au cours de ce travail sur la réserve naturelle du Pinail et la bande des Quatre-vents est de 25,49 hectares, ce qui correspond à environ 16 % de la superficie de la zone d'étude. La superficie moyenne d'une mare est de 43 m² et le nombre moyen de mares par hectare est de 37. La mare la plus grande est F33 avec une superficie de 9233,37 m², elle est majoritairement composée d'une végétation de prairie à Molinie couplée à une végétation de bordure de mare (faciès D1). Cette surface est plus importante que celle définie auparavant mais est toutefois acceptée puisqu'elle correspond à une mare en transition avec un habitat terrestre. La mare la plus grande non composée de ce type de végétation est la mare C60_61_84 (anciennement appelée la "cladiaie") qui a une superficie de 2853,93 m². La mare la plus petite est F16l et mesure 0,45 m². Il est difficile de numériser avec fiabilité des entités de cette taille à une échelle de 1:150 car elles sont peu visibles sur la photographie aérienne de l'IGN. Cette valeur de surface est à relativiser pour les 323 mares ayant une superficie inférieure à 2 m². Sur ces 5889 mares, 1403 sont permanentes et 4486 sont temporaires (Figure 19). Le critère de permanence est cependant à utiliser avec précaution car il est difficile à évaluer sur le terrain lorsque les niveaux d'eau sont hauts. De plus, l'année 2017 a été extrêmement sèche et de nombreuses mares habituellement permanentes ont pu s'assécher.

La Figure 11 permet d'avoir une approche synthétique du nombre de mares et de leur superficie sur les 15 secteurs. Plusieurs différences sont nettement visibles.

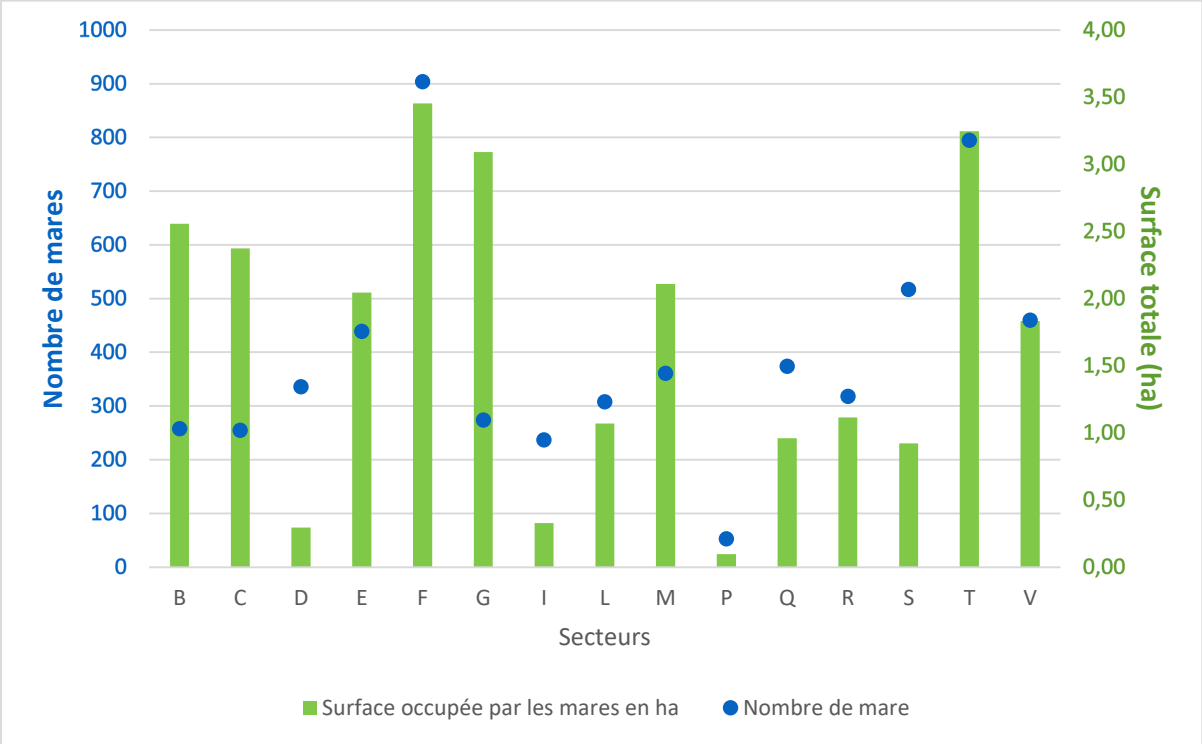



*Figure 11 : Nombre de mares et surface totale par secteur*

D'une part les secteurs F et T ont une densité en mares deux à trois fois plus importante que dans les autres secteurs (904 et 795 mares respectivement). Ces chiffres sont dus à la présence de nombreuses mares temporaires de faible superficie et n'ont pas de lien direct avec la surface du

secteur. Le Tableau 7 permet d'aller plus loin dans cette analyse en mettant en avant certains secteurs particuliers.

- Le secteur C est le plus petit secteur avec une surface de 5,83 ha mais c'est également celui où les mares ont le pourcentage de recouvrement le plus élevé (40,73 %).
- Le secteur D est celui où les mares ont la superficie la plus faible avec une moyenne de 8,80 m² par mare. C'est également un des secteurs ne contenant aucune mare permanente.
- Le secteur F est celui qui possède le plus de mares avec un total de 904 mares sur une surface totale de 3,45 ha sur le secteur.
- Les mares du secteur G sont celles dont la surface moyenne est la plus grande avec 112,85 m².
- Le secteur I est bien particulier puisqu'il est à la fois le plus grand (23,82 ha) et celui où les mares sont le moins représentatives de la surface du secteur (1,37 %).
- Le secteur M est celui qui contient la plus forte proportion de mares permanentes (55,96 %). Il est possible que ce chiffre soit dû au fait que ce secteur a été prospecté en septembre à la période favorable d'interprétation de ce critère, contrairement à de nombreux autres secteurs.
- Le secteur P est celui contenant le moins de mares (53) et celui où leur surface totale est la plus faible (0,10 ha). C'est également un des secteurs ne contenant aucune mare permanente.

*Tableau 7 : Répartition des mares dans les secteurs de la RNN du Pinail*

| Secteur | B | C | D | E | F | G | I | L | M | P | Q | R | S | T | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Surface secteur (ha) | 8,28 | 5,83 | 9,75 | 10,84 | 12,17 | 7,85 | 23,82 | 8,92 | 9,72 | 6,63 | 12,07 | 6,48 | 12,64 | 16,98 | 7,46 |
| Nombre de mare | 258 | 255 | 336 | 439 | 904 | 274 | 237 | 308 | 361 | 53 | 374 | 318 | 517 | 795 | 460 |
| Surface totale des mares (ha) | 2,56 | 2,37 | 0,30 | 2,05 | 3,45 | 3,09 | 0,33 | 1,07 | 2,11 | 0,10 | 0,96 | 1,12 | 0,92 | 3,25 | 1,83 |
| Proportion de mares sur le secteur | 30,91 | 40,73 | 3,03 | 18,87 | 28,39 | 39,41 | 1,37 | 11,99 | 21,69 | 1,51 | 7,96 | 17,28 | 7,29 | 19,13 | 24,54 |
| Surface moyenne mares (m²) | 99,15 | 93,07 | 8,80 | 46,60 | 38,21 | 112,85 | 13,82 | 34,73 | 58,44 | 18,87 | 25,68 | 35,22 | 17,82 | 40,84 | 39,81 |
| Proportion de mares permanentes | 35,27 | 38,43 | 0 | 34,62 | 12,61 | 43,80 | 16,46 | 38,96 | 55,96 | 0 | 2,41 | 23,58 | 21,47 | 46,86 | 30,00 |

### *4.2.2. Répartition des types de mare*

Les types (A, B, C, D1, D2, D3 et E) ont été attribués à chaque mare selon la méthodologie décrite en 2.4. De nombreuses mares correspondent à deux voire trois types selon leur morphologie (Figure 7). Afin d'analyser plus simplement la typologie des mares, seul le type dominant a été conservé, les trois types D ont été rassemblés, (Figure 12, Figure 20).

Plus de la moitié des mares (3235) correspondent à un type C avec une profondeur inférieure à 1 mètre et une végétation caractéristique des mares (Eleocharis sp, *Phragmites australis*, Potamogeton sp. etc.). Les types A et D sont les moins fréquents avec respectivement 273 mares de type A et 206 mares de type D1, D2 ou D3 (Tableau 8). La surface moyenne de ces types sont les plus élevées avec 132,21 m² pour les mares de type A et 146,57 m² pour les mares de type D. Ceci est tout à fait logique puisque ces types correspondent aux limites extrêmes en terme de profondeur ou de permanence, les mares de type A étant les plus profondes et les types D correspondant à des habitats transitoires entre des habitats aquatiques et terrestres. À l'inverse les mares de type E sont les mares avec la surface moyenne la plus faible, 5,59 m² pour 1261 mares. Ce type, caractérisé par une absence ou une faible présence de végétation aquatique, correspond aux mares les plus temporaires qui sont pour la plupart encerclées de végétation haute et donc très ombragées, ce qui limite l'implantation de la végétation aquatique.

*Tableau 8 : Surface totale, moyenne et nombre de mare par principaux types*

| | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Surface (ha) | 3,61 | 7,38 | 10,78 | 3,02 | 0,71 |
| Nombre de mares | 273 | 914 | 3235 | 206 | 1261 |
| **Surface moyenne (m²)** | 132,21 | 80,72 | 33,34 | 146,57 | 5,59 |

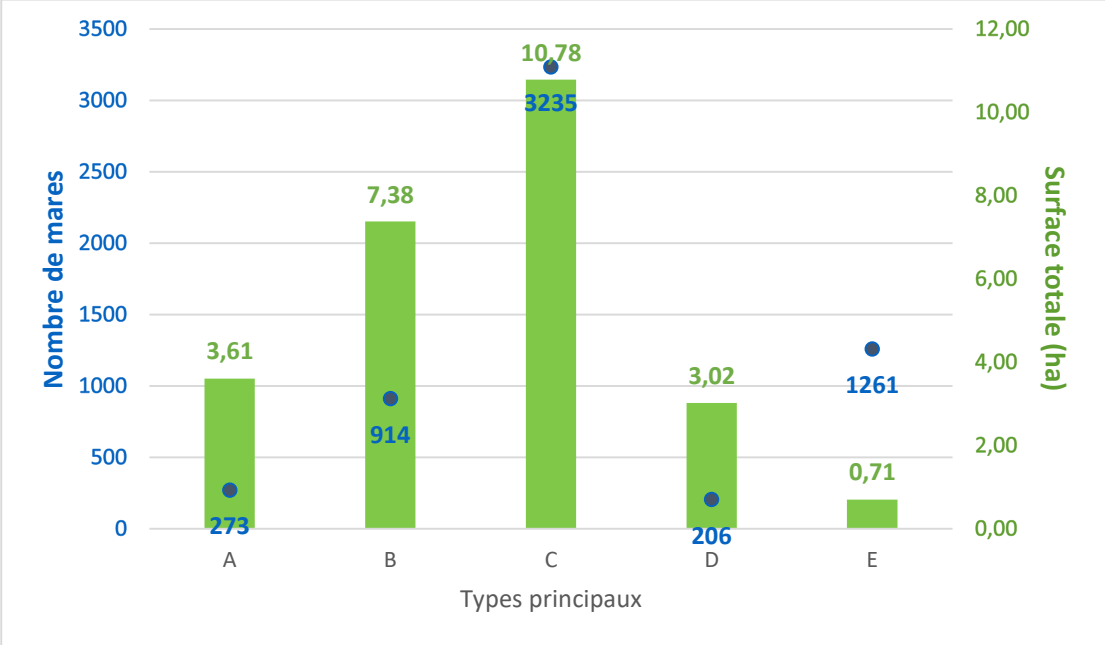



*Figure 12 : Nombre de mares et surface totale correspondante par principaux types de mares*

De même que pour le nombre ou la surface des mares, il existe des différences entre secteurs dans la répartition des typologies de mares sur la réserve et plusieurs secteurs se distinguent des autres par ce biais (Figure 13). Par exemple, il n'existe aucune mare de type A ou B dans le secteur D, le secteur Q est relativement similaire au secteur D puisqu'il ne comporte qu'un faible nombre de mares de type B et aucune de type A. Ce dernier type est extrêmement rare dans les secteurs F, I, R, S, T et V mais est beaucoup plus représenté dans les secteurs E et G. Aucune mare de type D n'est présente dans le secteur R, elles sont plus fréquentes dans les secteurs F et Q. Les mares de type C sont quant à elles dominantes dans tous les secteurs sans exception et toujours dans des proportions similaires.

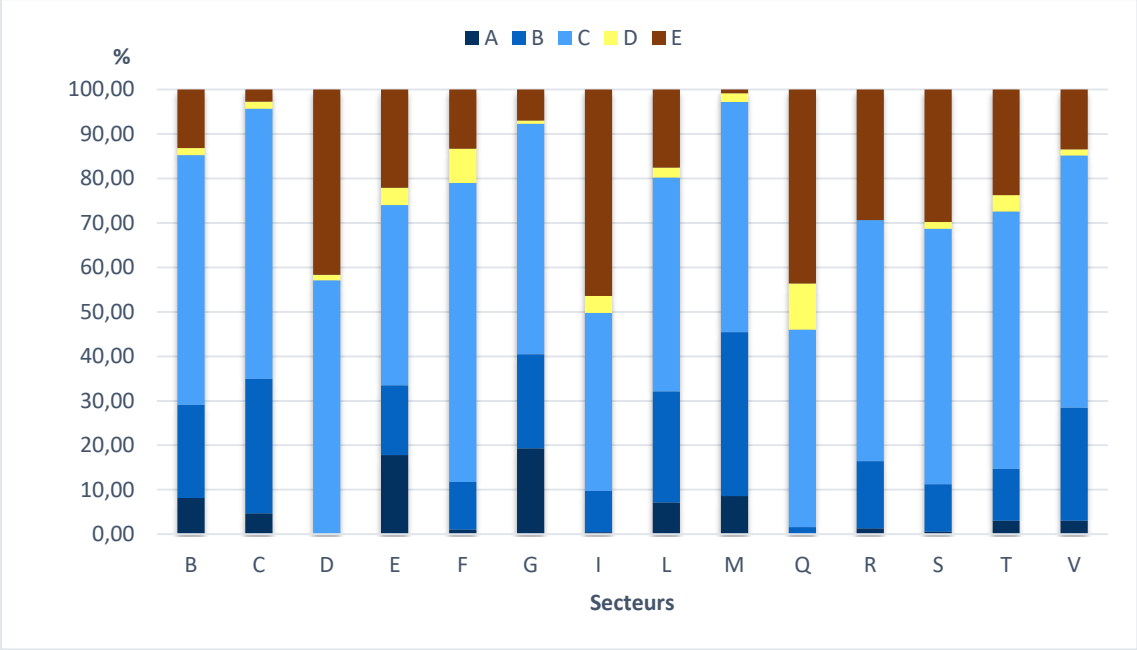



*Figure 13 : Répartition des mares par secteur selon leur nombre*

### *4.2.3. Répartition des mares entre les modes de gestion*

Sur la zone d'étude, quatre modes de gestion différents sont mis en oeuvre dans le cadre du plan de gestion : le brûlis dirigé (99,01 ha), le pâturage (9,86 ha), la fauche (25,60 ha) et la non intervention (24,90 ha) (Figure 21). 58 % des mares (3430) sont localisées dans la zone brûlée, 19 % (1135) en zone de fauche et 11 % (667 et 657) en zone de non intervention et de pâturage. En moyenne les mares sont plus grandes dans la zone gérée par brûlis dirigé (52,21 m²) et sont plus petites dans la zone de non intervention (16,66 m²) et dans le pâturage (27,19 m²). Que ce soit dans le brûlis, la fauche ou le pâturage, les mares représentent environ 18 % de la surface de la zone alors qu'elles ne représentent que 4,46 % de la zone de non intervention (Tableau 9). Les zones gérées par brûlis dirigé, fauche et pâturage comportent à la fois des secteurs à forte densité de mares et des secteurs qui en sont dépourvus, c'est pour cela que la proportion de mares dans ces zones est équivalente. Au contraire, la zone de non intervention comporte peu de secteurs à forte densité de mares.

*Tableau 9 : Nombre et surface des mares selon le mode de gestion*

| | Brûlis | Fauche | Non intervention | Pâturage |
|---|---|---|---|---|
| Surface de la zone (ha) | 99,01 | 25,60 | 24,90 | 9,86 |
| Nombre de mares | 3430 | 1135 | 667 | 657 |
| Répartition des mares par zone (%) | 58,24 | 19,27 | 11,33 | 11,16 |
| Taille moyenne des mares (m²) | 52,21 | 41,34 | 16,66 | 27,19 |
| Proportion de mares dans la zone | 18,09 | 18,33 | 4,46 | 18,11 |

La répartition des grands types de mare n'est pas la même dans tous les modes de gestion (Figure 14). Les mares de type A sont plus abondantes dans les zones brûlées et sont totalement absentes du pâturage. Il en est de même pour les mares de type B qui sont plus abondantes dans les zones brûlées que dans les autres modes de gestion et sont très peu présentes dans le pâturage. La dominance de mares de types D dans le pâturage s'explique par la présence de la mare F33 dans cette zone. En effet elle représente à elle seule près de 10 % de la superficie totale de la zone (9233,37 m² sur 9,86 ha). Les mares de type E sont le plus représentées dans la zone de non intervention (16,05 %).

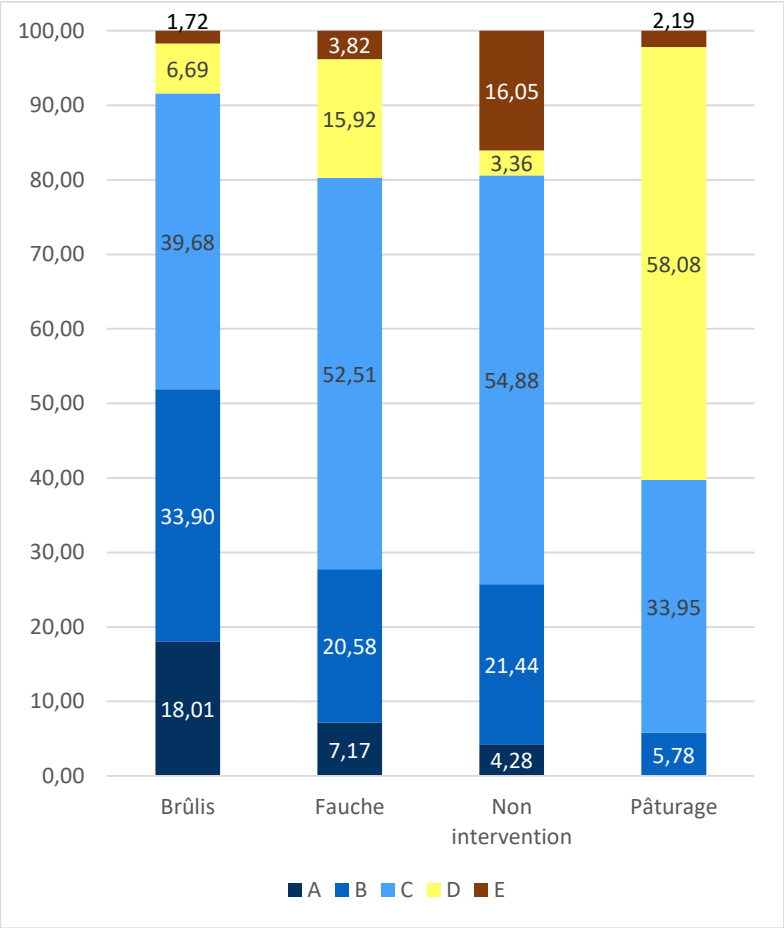



*Figure 14 : Répartition des grands types de mares dans les différents modes de gestion*

## 4.3. Cartographies à l'échelle de la zone d'étude

Les figures 15 à 20 permettent de localiser chaque particularité de l'actualisation de la cartographie des mares (nouvelles mares, fusions et divisions, mares temporaires et permanentes, grands types de mares) à l'échelle de la zone d'étude et d'obtenir une vision globale de l'ampleur du travail réalisé et des conséquences de celui-ci sur la perception des mares.

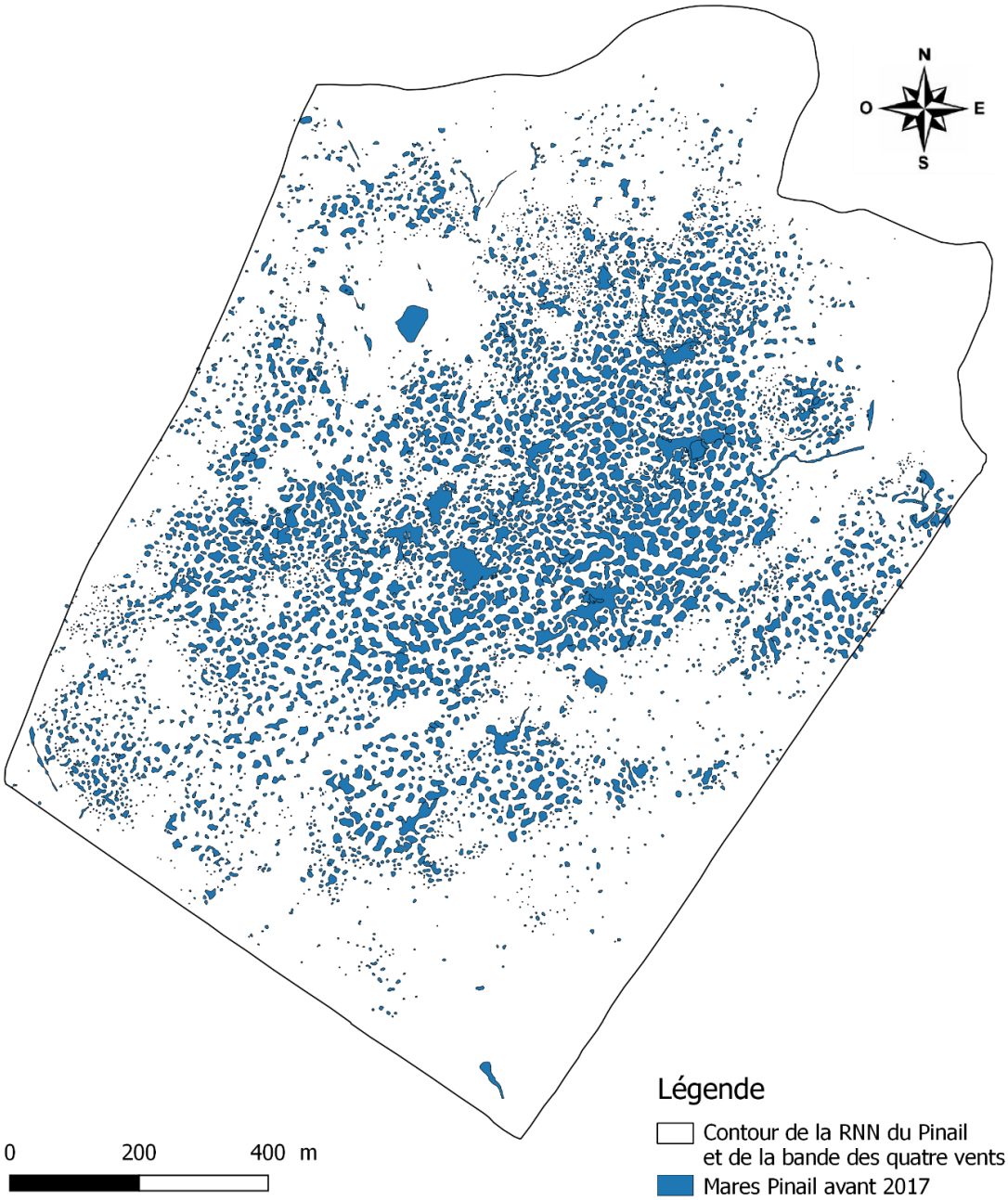



*Figure 15 : Précédente cartographie des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents*

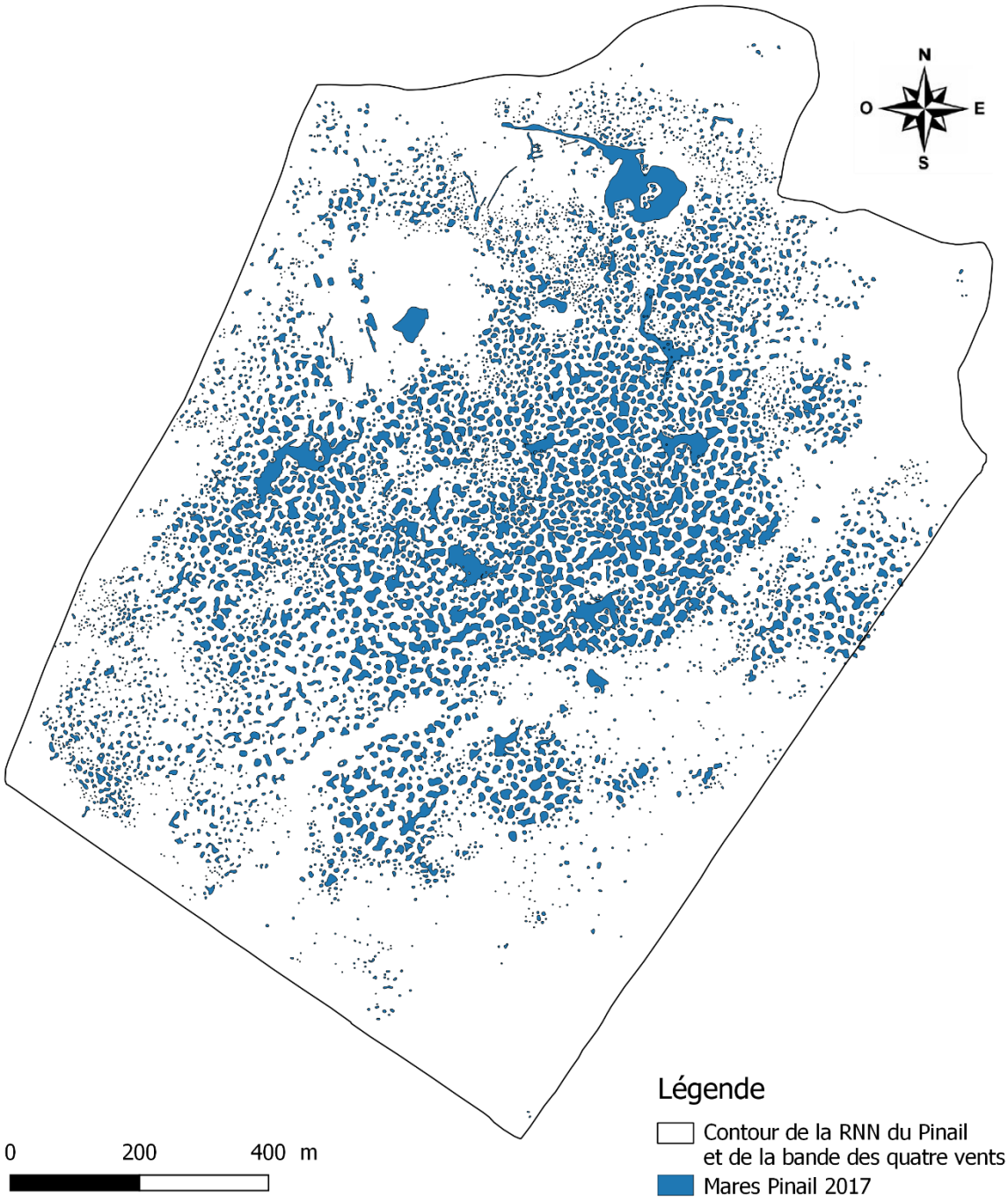



*Figure 16 : Cartographie actualisée en 2017 des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents*

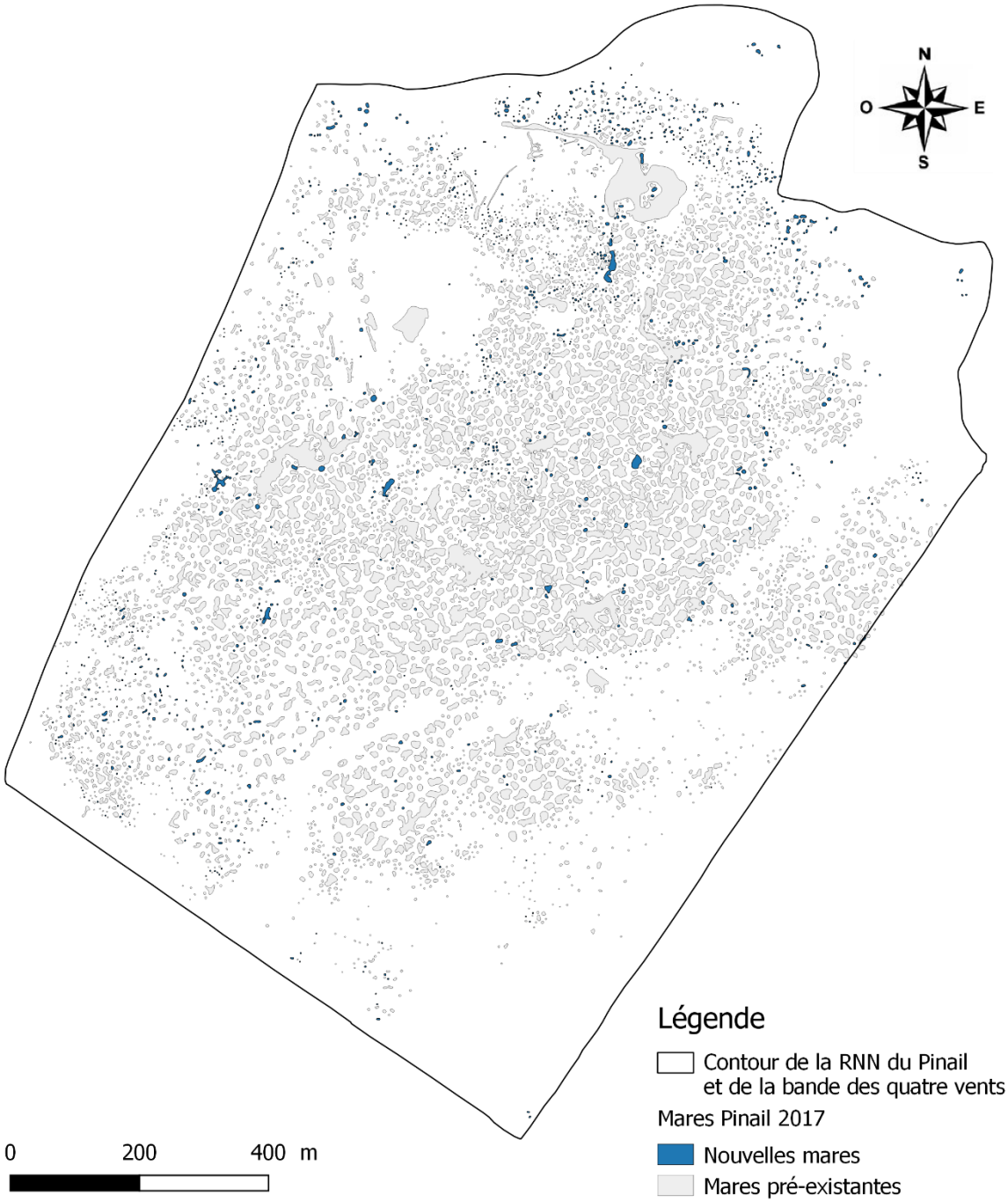



*Figure 17 : Localisation des nouvelles mares détectées au cours de l'actualisation de la cartographie des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents*

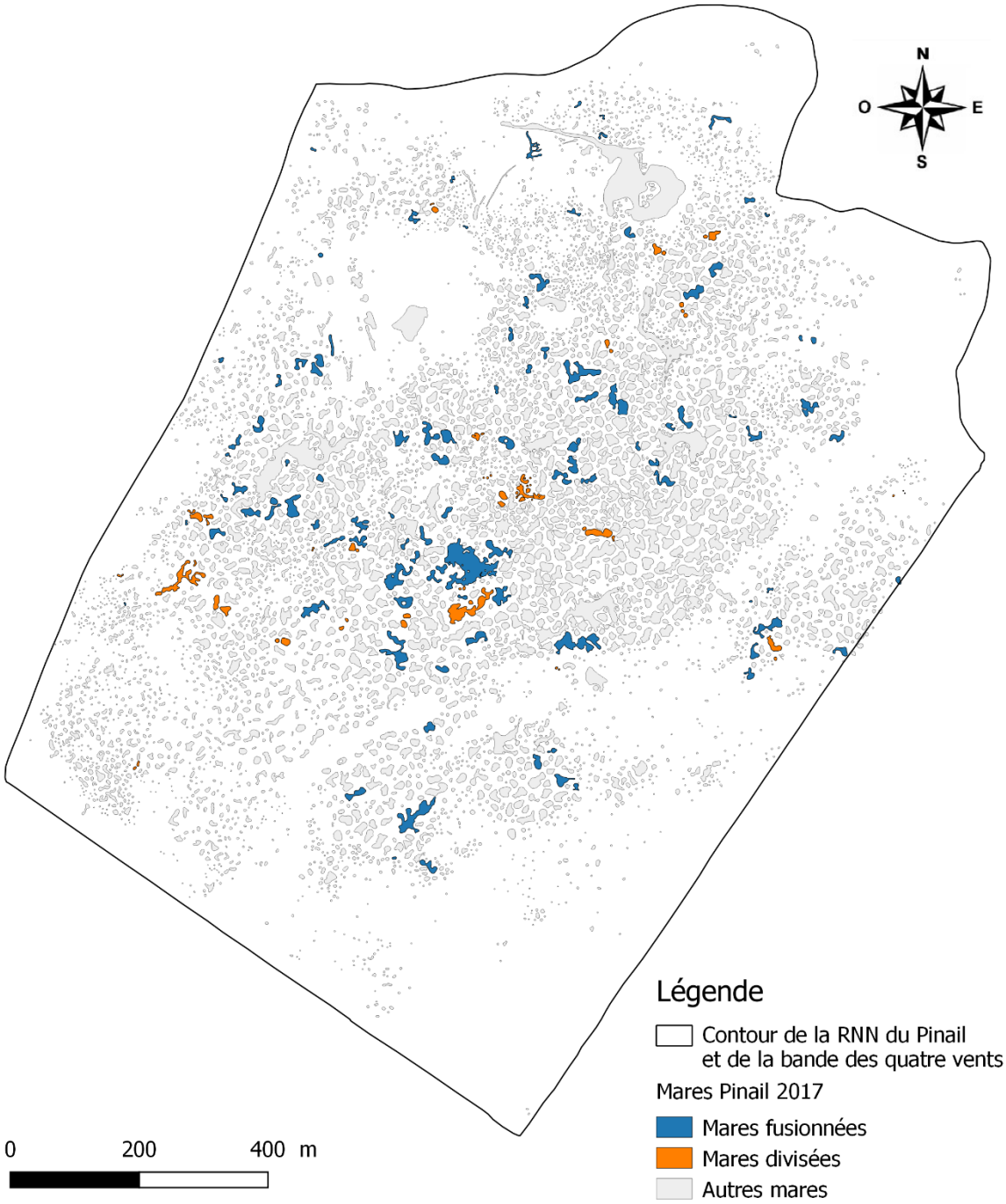



*Figure 18 : Localisation des mares fusionnées et divisée sur la RNN du Pinail et la bande des Quatre-vents*

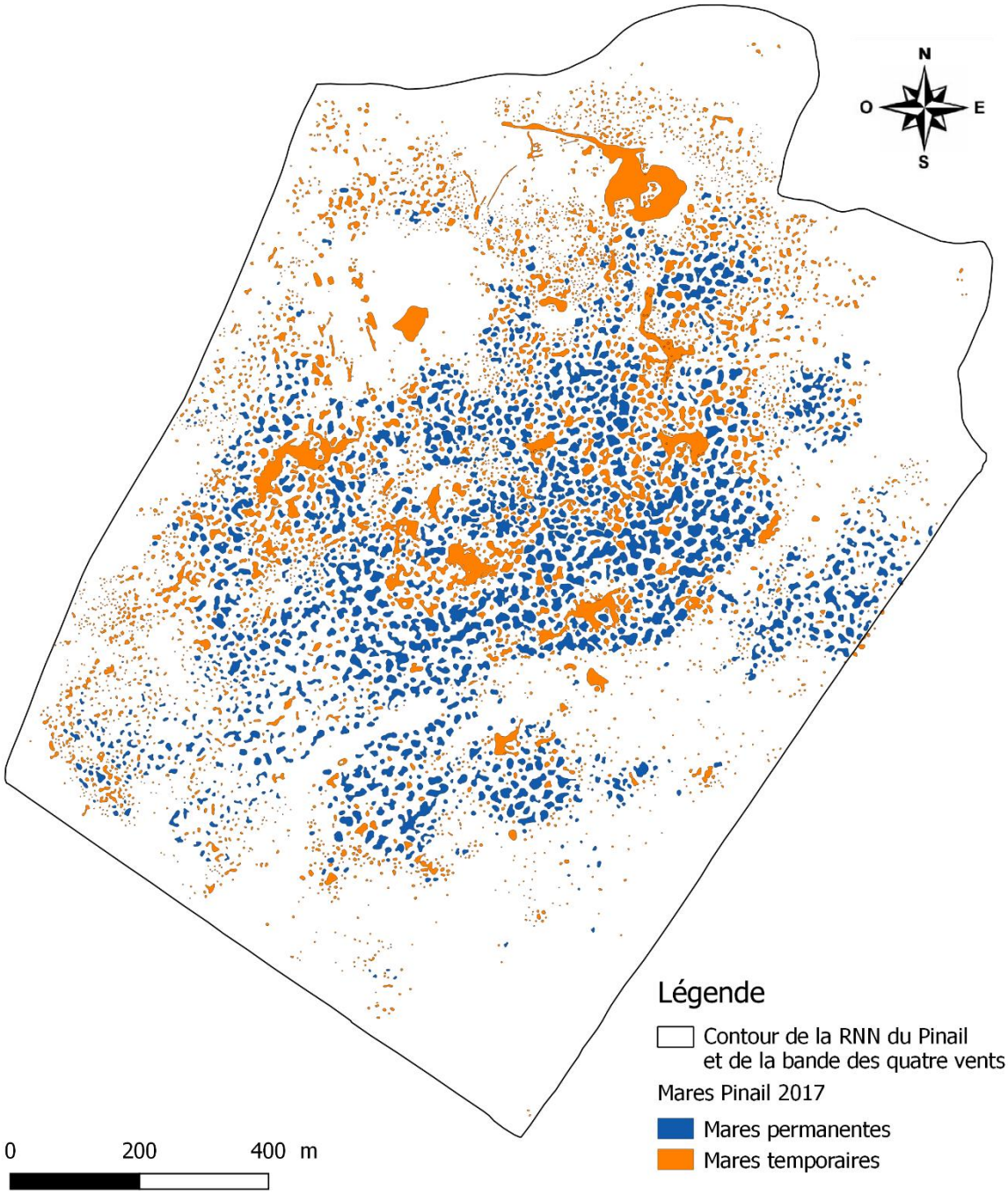



*Figure 19 : Répartition des mares permanentes et temporaires sur la RNN du Pinail et la bande des Quatre-vents*

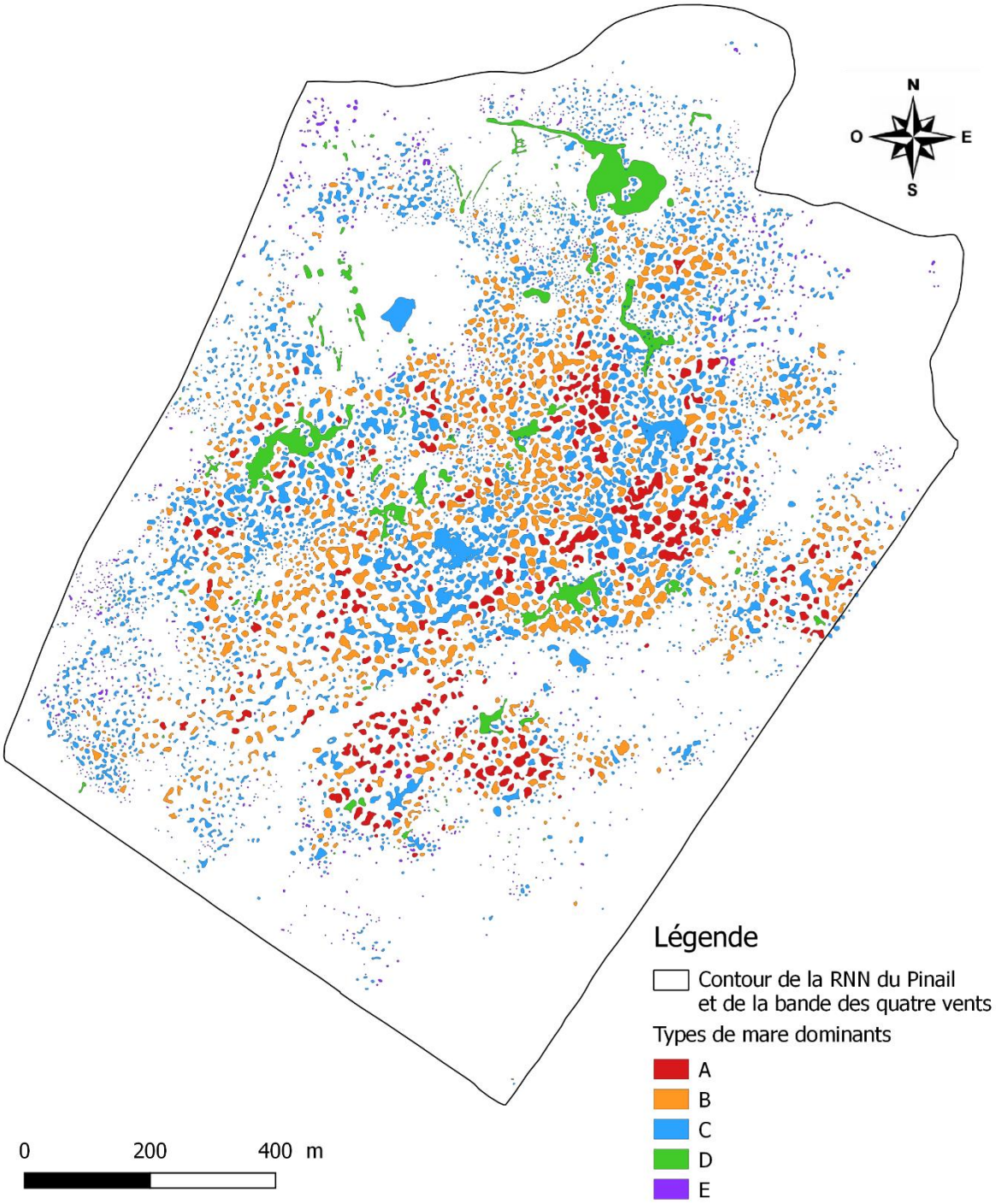



*Figure 20 : Répartition des types dominants des mares de la RNN du Pinail et de la bande des Quatre-vents*

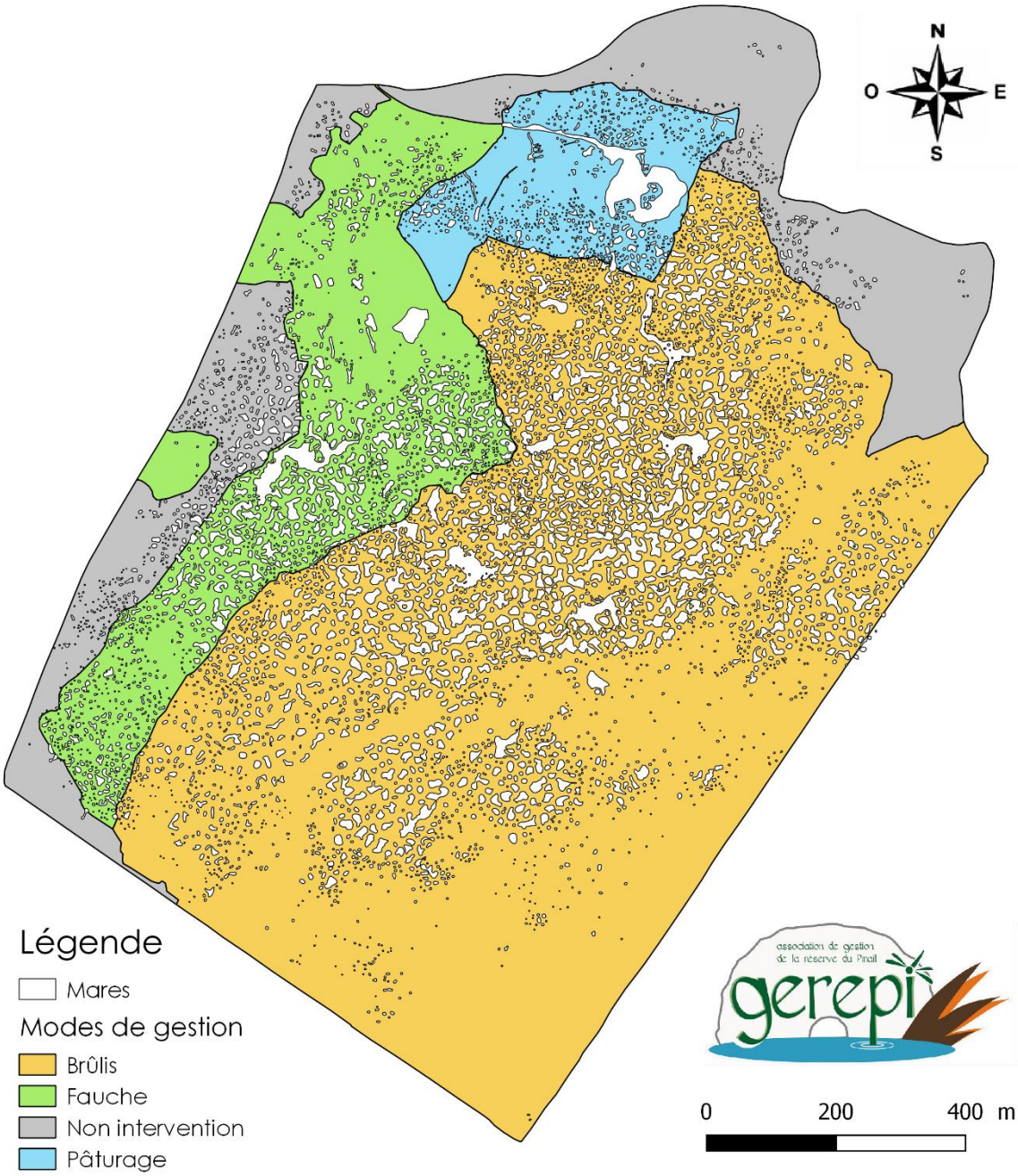



*Figure 21 : Localisation des mares de la RNN et de la bande des Quatre-vents selon le mode de gestion*

# V. Discussion générale

Certaines données fournies par cette étude sont à considérer et à utiliser avec précaution. Le travail réalisé est méthodique et le plus complet possible dans les conditions et les moyens impartis, cependant le nombre de mares n'est pas exhaustif et cette exhaustivité pourra difficilement être atteinte par prospection visuelle sur le terrain. De nouvelles mares peuvent être découvertes majoritairement dans les secteurs périphériques (T, Q, D, R, I) où les mares ont une faible surface et peuvent être camouflées dans une végétation dense qui rend leur détection et leur accessibilité plus difficiles. Les interventions de gestion, et notamment le brûlis dirigé, permettent de contourner ces biais, il est donc fortement recommandé de réaliser une prospection sur le terrain après chaque intervention de gestion afin de découvrir de nouvelles mares et d'enrichir la connaissance de la zone d'étude.

Des différences dans l'interprétation des types de mares peuvent être perceptibles entre le début de la plase de terrain (secteurs D, Q et T) lorsque la méthodologie de travail était mise en place et sa fin (secteurs M, S, I et L) qui a été réalisé en automne entre les mois de septembre et octobre durant lesquels le niveau des mares est au plus bas, ce qui n'est pas favorable à l'interprétation de la végétation aquatique et à la mesure de la profondeur des mares. De même, de telles différences peuvent être perceptibles sur le critère de permanence qui est interprétable au début de l'automne et qui a été difficile à évaluer dans les premiers mois de terrain lorsque le niveau des mares était haut. Le type C regroupant plus de la moitié des mares, il aurait pu être judicieux de le scinder en deux et de distinguer les mares plus pérennes composées par des communautés de *Potamogeton sp.* ou de *Nymphea alba*, des mares plus temporaires composées de tapis de *Ranunculus ololeucos*, *R. tripartitus*, d'*Isolepis fluitans* et d'*Eleocharis multicaulis*.

Ces imprécisions et possibles approximations d'interprétation sont cependant minimes face à l'amélioration considérable de la qualité de la cartographie des mares. Les cartes permettent de mettre en avant les importants changements apportés (Figure 8 et 9 et 13 à 18), que ce soit au niveau de la localisation des mares, du nombre de mares n'ayant jamais été référencées ou encore la délimitation même de leur contour. Tout ceci va modifier durablement la perception de la zone d'étude et permettra de continuer à étudier cet espace remarquable dans des conditions optimales.

# Conclusion

Le travail de cartographie entrepris a permis de resituer le contexte de la zone d'étude, d'apporter une définition complète de ce qu'est une mare, à la fois de manière générale et plus spécifiquement sur la RNN du Pinail et la bande des Quatre-vents. Cette définition a initié la mise en place d'une nouvelle typologie des mares nécessaire avant le travail de terrain. L'actualisation de la cartographie des mares a amélioré la connaissance de la zone d'étude, dont le nombre de mares connues qui est passé de 5264 à 5889 par la suppression de 421 mares, l'ajout de 1219 autres et près de 404 fusions ou divisions. Un important travail d'attribution de codes a permis de référencer chacune de ces 5889 mares selon une méthodologie précise. L'analyse des données résultant de la cartographie des mares a mis en avant des variations de leur répartition selon les secteurs et leur typologie.

Les apports de connaissance de la zone d'étude sont donc majeurs. Ce travail est d'une importance capitale pour la poursuite des projets de GEREPI et s'inscrit dans de nombreuses thématiques. D'une part le plan de gestion 2018-2027 est en cours de rédaction et se base sur la connaissance de la réserve, dont la cartographie, pour alimenter le diagnostic à partir duquel s'établit la stratégie de gestion à travers les objectifs à long terme et les objectifs opérationnels. D'autre part, plusieurs partenariats sont en cours avec des chercheurs du CNRS et d'autres organismes de recherche sur l'étude des mares de la réserve du Pinail (Sellier in. prep.). Depuis plusieurs années un protocole global d'étude des mares à l'échelle de la réserve du Pinail et de la bande des Quatre-vents est en cours de réflexion. Ce protocole vise à regrouper l'ensemble des données biotiques et abiotiques sur un lot représentatif des 5889 mares de la zone d'étude. Le choix des mares à étudier au cours de ce protocole va être fondé sur le travail présenté au cours de ce rapport. Les applications concrètes de cette cartographie concernent la conservation d'espèces emblématiques comme l'écrevisse à pieds blancs, la localisation de tous les dispositifs de suivi de la faune, de la flore, de la fonge ou des habitats sur lesquels se basent les connaissances du site et des plans de travail *in situ* (cartes, plans, schémas...). Ces programmes d'études sont financés par la DREAL Nouvelle-Aquitaine et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne via le contrat territorial Vienne Aval.

La Réserve naturelle nationale du Pinail et la bande des Quatre-vents forment un site remarquable, unique au monde, qui continue de surprendre et d'émerveiller naturalistes et scientifiques malgré les années d'inventaires et d'études qui y ont été réalisées. Dans les perspectives à venir, il sera désormais possible de réfléchir à la méthodologie à employer pour réaliser la cartographie des habitats aquatiques. Les démarches sont en cours pour qu'un passage LIDAR soit réalisé sur la zone d'étude. Ceci permettra d'obtenir des données topographiques et batimétriques qui viendront compléter ce travail de cartographie. L'actualisation de la cartographie des mares est donc une étape supplémentaire et cruciale à l'évolution constante des connaissances de ce site extraordinaire.

# Bibliographie


Anton, Thierry, Philippe Durepaire, Pascal Dubech, and Sandrine Pimpim. 2004. Plan de gestion 2004-2008 de la réserve naturelle du Pinail. GEREPI.

Beauclaire, Laurent. 1990. Etude biogéographique d'un géosystème des landes poitevines : la brande du Pinail (Vienne). In *Mémoire de maîtrise de géographie*: Université Paris XII.

Beguier, Guillaume, Yann Sellier, and David Beaune. 2016. Synthèse des études et translocation de population d'*Austrapotamobius pallipes*, RNN Pinail. Vouneuil-sur -Vienne: Réserve naturelle nationale du Pinail, GEREPI.

Belmont, Alain. 2006. *La Pierre à pain : Les carrières de meules de moulins en France, du Moyen Age à la révolution industrielle, Tome 1, La pierre et l'écrit*. Grenoble: PUG.

Coutouis, Adrien, and Suzanne Forestier. 2014a. Synthèse de 5 années d'études hydrologiques et hydrogéologiques sur la Réserve naturelle du Pinail. GEREPI.

Coutouis, Adrien, and Suzanne Forestier. 2014b. Synthèse de 7 années d'études hydrologiques et hydrogéologiques sur la Réserve naturelle du Pinail, Master thesis. Poitiers: University of Poitiers.

Dubech, Pascal, and Yann Sellier. 2010. Plan de gestion 2011-2015 de la réserve naturelle nationale du Pinail. edited by GEREPI. Vouneuil-sur-Vienne, France: RNN du Pinail.

Dupont, Valentine, and Yann Sellier. 2017. Cartographie des habitats terrestres de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. GEREPI.

RNF (Réserves Naturelles de France), 2017. "http://www.reserves-naturelles.org/." accessed 13/11/2017.

GEREPI. 2000. Etude des mares de la réserve naturelle du Pinail 1998-2000. GEREPI.

Henry, Camille. 1998. Cartographie des habitats de la Réserve naturelle du Pinail suivant la nomenclature CORINE BIOTOPES.

Lambrechts, Chantal, Line Karoubi, Bruno Durand, Patricia Maire, Hélène Houssemaine-Florent, Christine Ouvrard, Marie-Lise Coq, Françoise Delacroix, Philippe de La Cotardière, Michel Margotin, Anne Charrier, Michel Giraud, and Christelle Grisat. 2005. Le petit Larousse illustré. edited by Larousse.

Littré, Émile. 1872. Dictionnaire de la langue française.

Morère, Jean-Louis, and Raymond Pujol. 2003. Dictionnaire raisonné de biologie. edited by Éditions Frison-Roche.

Ramade, François. 1993. *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*: Ediscience international.

Sajaloli, Bertrand, and Christelle Dutilleul. 2001. Programme national de recherche sur les zones humides. 72.

Sellier, Yann. 2010. Rapport d'études 2010 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. Edité par GEREPI.

Sellier, Yann. 2011. Rapport d'études 2011 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. Edité par GEREPI.

Sellier, Yann. 2012. Rapport d'études 2012 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. Edité par GEREPI.

Sellier, Yann. 2013. Rapport d'études 2013 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. Edité par GEREPI.

Sellier, Yann. 2015. Rapport d'études 2015 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. Edité par GEREPI.

Sellier, Yann. in. prep. Les protocoles de suivi des mares de la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne: GEREPI.

Sellier, Yann, and Céline Muzzolini. 2014. Rapport d'études 2014 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail. Edité par GEREPI.

Sellier, Yann, and Clémentine Préau. 2016. Rapport d'études 2016 de la Réserve Naturelle Nationale du Pinail.: Édité par GEREPI.
Sénéchal, Vincent. 1990. Etude préliminaire à la typologie des mares du Pinail.

# Annexes

## Annexe N° 1 : Représentation schématique des types de mare

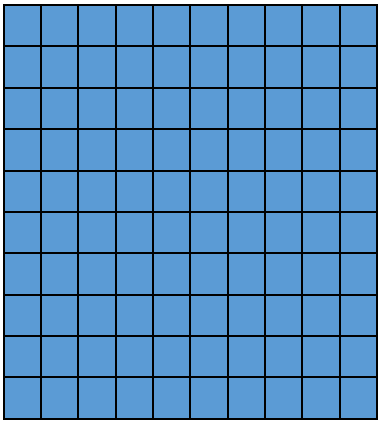
**Légende :**

- Eau libre sans végétation
- Végétation de ceinture de mare
- Végétation aquatique flottante ou enracinée
- Végétation non inféodée aux mares (prairie, lande ou tourbière)
- Sol

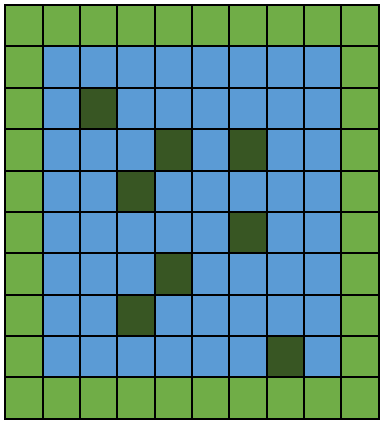
PS : Chaque carré représente une longueur de 25 cm de côté

### Mare de type A

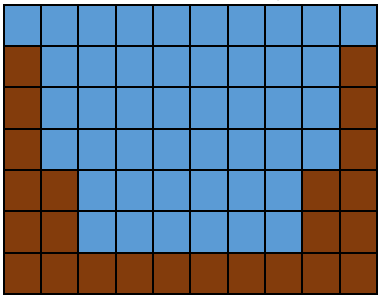
Surface de végétation min :
Bordure : 0 %
Cœur de mare : 0 %



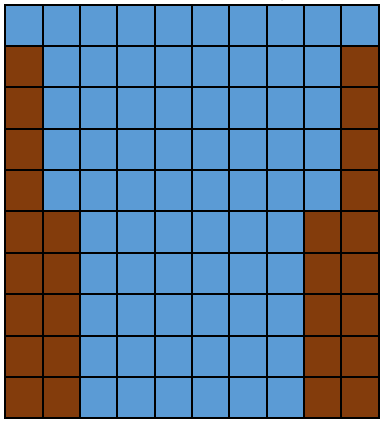
Surface de végétation max :
Bordure : 100 %
Cœur de mare : 10 %



Pente abrupte
Profondeur min : 1,5 m

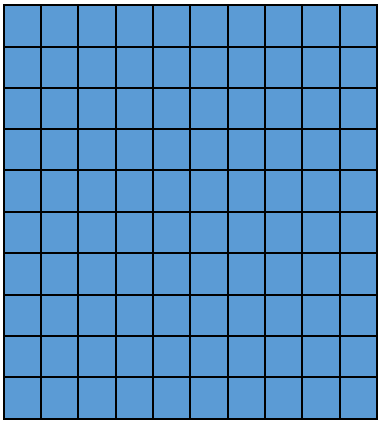


Pente abrupte
Profondeur max : 3,5 m

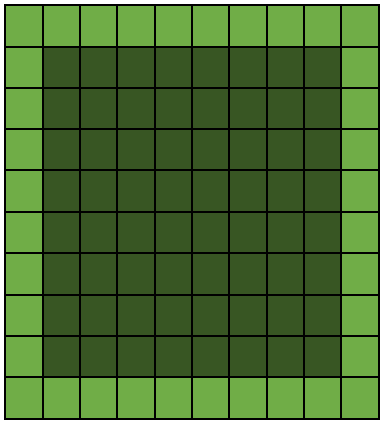


## Mare de type B

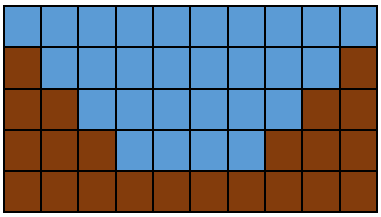
Surface de végétation min :
Bordure : 0 %
Cœur de mare : 0 %



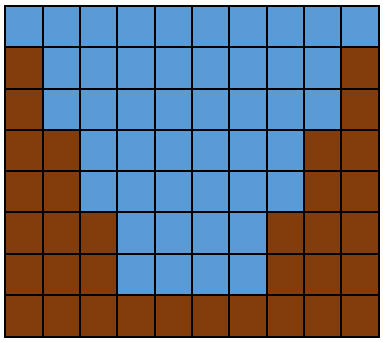
Surface de végétation max :
Bordure : 100 %
Cœur de mare : 100 %



Pente moyenne à douce
Profondeur min : 1 m

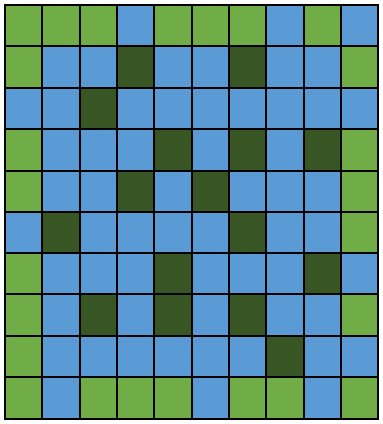


Pente moyenne à douce
Profondeur max : 3 m

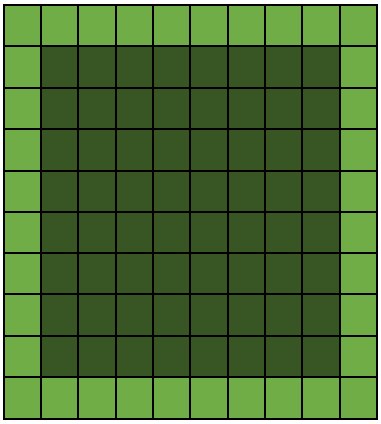


## Mare de type C

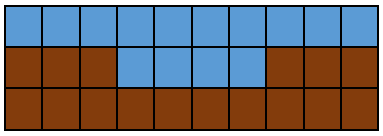
Surface de végétation min :
Bordure : 70 %
Cœur de mare : 25 %



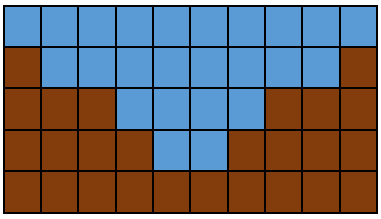
Surface de végétation min :
Bordure : 100 %
Cœur de mare : 100 %



Pente douce
Profondeur min : 50 cm

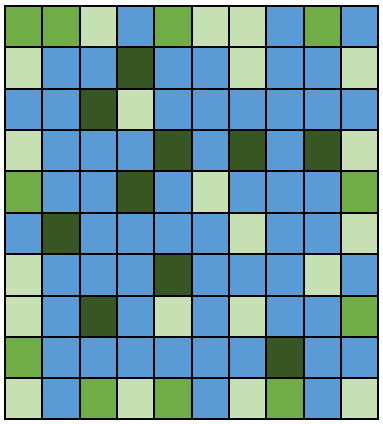


Pente moyenne à douce
Profondeur max : 1 m

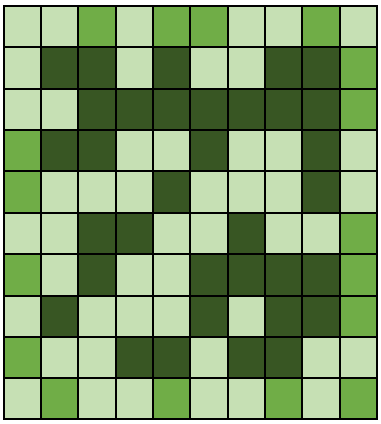


## Mare de type D (D1, D2 et D3 confondus)

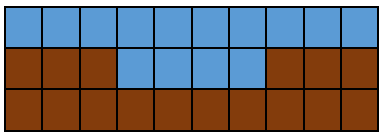
Surface de végétation min :
Bordure : 70 %
Cœur de mare : 25 %



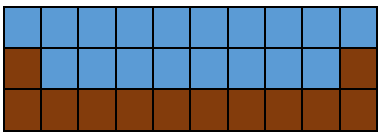
Surface de végétation min :
Bordure : 100 %
Cœur de mare : 100 %



Pente douce
Profondeur min : 20 cm

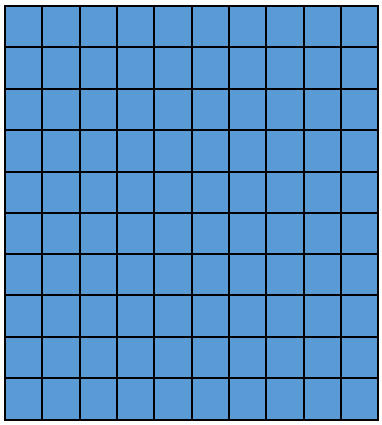


Pente moyenne
Profondeur max : 50 cm

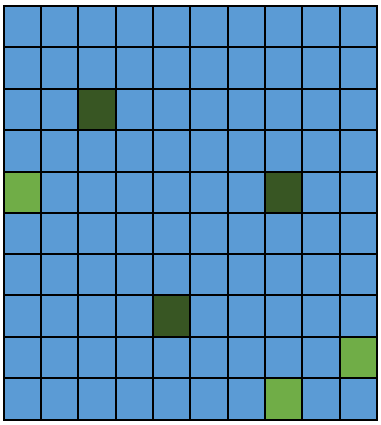


## Mare de type E

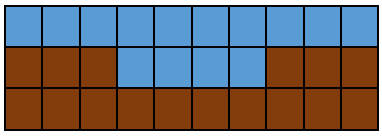
Surface de végétation min :
Bordure : 0 %
Cœur de mare : 0 %



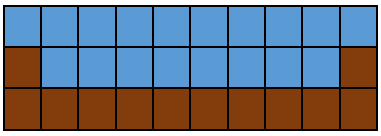
Surface de végétation min :
Bordure : 5 %
Cœur de mare : 5 %



Pente douce
Profondeur min : 20 cm



Pente moyenne
Profondeur max : 50 cm



GEREPI

Moulin de Chitré
86210 Vouneuil sur Vienne

Téléphone :
05 49 02 33 47
Mél : gerepi@free.fr

View publication stats