Réserve Naturelle
PINAIL

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

Recherche de mares d'accueil pour de nouvelles populations d'*Austropotamobius pallipes* sur la RNN du Pinail

Rapport d'études 2019

agence de l'eau Loire-Bretagne

Vienne Aval
Contrat Territorial

association de gestion de la réserve du Pinail
gerepi

Association GEREPI

Moulin de Chitré, 86 210 Vouneuil-sur-Vienne

contact@reserve-pinail.org ; 05.49.02.33.47 ; http://www.reserve-pinail.org/

Photo page de garde :

Écrevisse à pieds blancs © Y. Sellier

Financeurs :

DREAL Nouvelle-Aquitaine, Agence de l'Eau Loire Bretagne (dans le cadre du Contrat Territorial Vienne Aval).

Coordinateur de l'étude :

Yann Sellier
Email : yann.sellier@reserve-pinail.org
ResearchGate : https://www.researchgate.net/profile/Yann_Sellier

Participants (prospecteurs) :

Justine Léauté, Yann Sellier, Valentine Dupont, Thomas Farineau, Pauline Garcia, Sandra Cerclet

Rédaction, mise en page :

Justine Léauté, Valentine Dupont, Sandra Cerclet
ResearchGate : https://www.researchgate.net/profile/Justine_Leaute
ResearchGate : https://www.researchgate.net/profile/Valentine_Dupont2
ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Cerclet_Sandra

Relecture :

Kévin Lelarge, conseil scientifique de la réserve.

Photos :

Sauf exception notée sur l'image : Justine Léauté

Citation :

Léauté J., Dupont V., Cerclet S. et Sellier Y., 2018. Recherche de mares d'accueil pour de nouvelles populations d'*Austropotamobius pallipes* sur la RNN du Pinail. Édité par GEREPI. Vouneuil-sur-Vienne, France. 39 p.

Recherche de mares d'accueil pour de nouvelles populations d'*Austropotamobius pallipes* sur la RNN du Pinail

Résumé

La réserve du Pinail est le seul site au monde à accueillir des populations d'écrevisse à pieds blancs dans des mares de petite taille. Elles y sont protégées des espèces d'écrevisses invasives qui menacent leur pérennité ailleurs en Europe. Cependant, sur la réserve, elles sont menacées à moyen terme par les impacts du réchauffement climatique et des changements globaux (augmentation du CO_2 atmosphérique) qui vont entraîner leur disparition dans deux mares (Beaune et al., 2018). Dans ce contexte, il est essentiel de rechercher de nouvelles mares d'accueil permettant à cette espèce de se maintenir et de prospérer sur la réserve du Pinail. Pour cela, les conditions biotiques et abiotiques des mares contenant des écrevisses (connexion avec la nappe phréatique, morphologie, conditions physico-chimiques, composantes biotiques) ont été étudiées afin de mettre en place un système de cotation permettant d'évaluer les potentialités d'accueil des mares pour les écrevisses. Les recherches ont été essentiellement concentrées sur les mares du secteur des écrevisses (E) et du secteur des meules (M). Sur les 38 mares étudiées, d'après la cotation, trois sont potentiellement favorables aux écrevisses : E115, E150 et V126. Dans les années à venir, des mares d'autres secteurs (B, G, T...) pourront être également évaluées d'après cette cotation afin d'identifier de nouvelles mares d'accueil.

Mots clés

***Austropotamobius pallipes*, changements globaux, gestion adaptative, mares, réserve naturelle du Pinail**

Table des matières

Introduction 1
I. Contexte 2
1.1. L'écrevisse à pieds blancs 2
1.2. L'écrevisse sur la réserve du Pinail 3
1.3. Objectifs de l'étude 4
II. Matériel et méthode 5
2.1. Matériel 6
2.2. Méthode 8
2.2.1. Mares prospectées 8
2.2.2. Paramètres mesurés 10
III. Résultats 14
3.1. Caractéristiques des mares à écrevisses actuelles 14
3.2. Mise en place d'une cotation 20
3.3. Application de la cotation aux mares potentielles d'accueil 23
IV. Discussion 29
4.1. Méthodologie 29
4.2. Mares à écrevisses 29
4.3. Mares potentielles d'accueil prospectées 30
Conclusion 32
Bibliographie 33

Table des illustrations et des tableaux

Figure 1 : Boîtier sonde Hanna HI 9828 6
Figure 2 : Tête de sonde pour relevés physico-chimiques 6
Figure 3 : Seau muni d'un plomb pour les relevés physico-chimiques 7
Figure 4 : Grappin à characées 7
Figure 5 : Plomb à envasement 7
Figure 6 : Disque de Secchi 7
Figure 7 : Localisation des mares prospectées 9
Figure 8 : Exemple d'altitude des mares (LIDAR 2017, GEREPI) 10
Figure 9 : Variation de la température de E122 selon la profondeur (Sellier et Préau, 2016). 12
Figure 10 : Turdibité des mares à écrevisses (en cm) 16
Figure 11 : Température des mares à écrevisses (en °C) 17
Figure 13 : Concentration en oxygène dissout des mares à écrevisses (en mg/L). 17
Figure 14 : Conductivité des mares à écrevisses (en µS/cm) 18
Figure 15 : Valeurs de pH des mares à écrevisses 19
Figure 16 : Turbidité des mares d'accueil potentielles 25
Figure 17 : Température des mares d'accueil potentielles 26
Figure 18 : Concentration en oxygène dissout des mares d'accueil potentielles 26
Figure 19 : Conductivité des mares d'accueil potentielles 27
Figure 20 : pH des mares d'accueil potentielles 27

Tableau 1 : Critères de choix d'une mare d'accueil pour l'écrevisse à pieds blancs 5
Tableau 2 : Résultats des relevés physico-chimiques des mares à écrevisses 14
Tableau 3 : Système d'attribution des points pour la cotation de chaque paramètre des mares 20
Tableau 4 : Cotation et interprétation des critères appliqués aux mares à écrevisses 21
Tableau 5 : Caractéristiques des mares prospectées 23

Introduction

L'écrevisse à pieds blancs, *Austropotamobius pallipes,* est une des quatre espèces à enjeu majeur de la réserve naturelle du Pinail (Lelarge et al., 2017-a). Ce site est géré depuis 1988 par l'association GEREPI qui est chargée d'élaborer et de mettre en œuvre le plan de gestion. Ses objectifs consistent en la gestion et l'entretien de la réserve, la sensibilisation et l'accueil du public, la mise en œuvre de suivis scientifiques et la mission de surveillance et de police.

Dans le cadre du suivi scientifique, de nouvelles actions ont été planifiées pour 10 ans (Lelarge et al., 2017-b). L'une d'elles consiste en la recherche de nouvelles mares d'accueil pour l'écrevisse à pieds blancs. Elle est en effet fragilisée dans son milieu d'origine (les eaux courantes fraîches de rivières, ruisseaux...) par plusieurs espèces allochtones d'écrevisses, par des maladies spécifiques et par la pollution qui ont fait drastiquement diminuer ses populations ces dernières années. Elle est aussi menacée par les changements climatiques avec l'augmentation du CO_2 atmosphérique et l'acidification des eaux (Beaune et al., 2018). Sur la réserve du Pinail, des espèces allochtones à potentiel invasif telle que la perche-Soleil (*Lepomis gibbosus*) constituent également une menace pour leur pérennité.

Cette espèce a des exigences écologiques spécifiques, et son habitat doit correspondre à des valeurs données de certains paramètres physico-chimiques pour qu'elle puisse y prospérer (Souty-Grosset et al., 2006). Dans la perspective de la perte de 2 populations d'ici 2060 sur la réserve naturelle, GEREPI a mis en place une stratégie d'augmentation du nombre de populations. Les mares du Pinail représentant un habitat secondaire à son habitat d'origine (les eaux courantes fraîches des rivières et ruisseaux), certains critères ont été sélectionnés pour le choix des futures mares d'accueil de ces nouvelles populations. Ces critères seront affinés dans le cadre de cette étude.

I. Contexte

1.1. L'écrevisse à pieds blancs

L'écrevisse à pieds blancs est un crustacé de la famille des *Astacidae* principalement présent en Europe de l'Ouest (INPN, 2018). Elle est inféodée aux cours d'eau frais et riches en calcium sur fonds graveleux. Essentiellement nocturne, elle utilise des caches dans la journée (pierriers, systèmes racinaires...). Elle est opportuniste et se nourrit principalement de la végétation, pour les plus vieux individus, et de petite faune (jeunes alevins, têtards de grenouilles, larves, vers, mollusques, autres invertébrés, amphibiens) pour les jeunes individus. Le cannibalisme n'est pas rare surtout pour les populations importantes. La reproduction s'effectue pendant l'automne, et les juvéniles verront le jour de mai à juillet. Sa longévité est de 8 à 10 ans (INPN, 2018, Souty-Grosset et al., 2006).

Elle est inscrite à l'annexe III de la Convention de Berne, ainsi que dans l'arrêté du 21 juillet 1983 relatif à la protection des écrevisses autochtones. Elle est classée en danger d'extinction (EN) dans la liste rouge mondiale de l'UICN (Füreder et al., 2010) et Vulnérable (VU) dans la liste rouge de France (UICN, 2014). Elle est également inscrite aux Annexes II et IV de la Directive habitat (Directive 92/43/CEE).

Cette espèce est sujette à plusieurs menaces comme la dégradation de ses habitats et de la qualité des eaux (Smith et al., 1996). Elle a naturellement plusieurs prédateurs (loutres, rats, oiseaux, poissons...), mais la principale menace est liée à l'introduction de quatre espèces d'écrevisses allochtones qui prennent la niche écologique de l'espèce. Ces espèces sont : l'écrevisse signal (*Pacifastacus leniusculus*), l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), l'écrevisse à pattes grêles (*Astacus leptodactylus*) et l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) (Changeux, 2003). De plus, trois de ces espèces sont porteuses saines de la peste de l'écrevisse (*Aphanomyces astaci*), ce qui accélère la régression des populations d'écrevisse à pieds blancs (Souty-Grosset et al., 2006). D'autres maladies touchent cette écrevisse comme la porcelaine, ou théléaniose, qui se transmet par nécrophagie, et la maladie de la rouille.

La dynamique actuelle des populations d'écrevisses à pieds blancs est à l'origine de sa prise en compte dans différentes politiques de protection de la biodiversité. Les populations d'écrevisses à pieds blancs ont régressé drastiquement en seulement quelques dizaines d'années en France. En Poitou-Charentes, le nombre de populations est passé de 178 en 1978 à seulement 38 au début des années 2000 (Changeux, 2003, Souty-Grosset et al., 2006, Vigneux et al., 1993). Elles se cantonnent désormais aux têtes de bassin et dans les milieux forestiers exempts de perturbations (Souty-Grosset et al., 2006). Cette espèce pourrait à terme quasi disparaître en France si les dynamiques de population continuent dans ce sens (Préau et al. 2019). Cependant, il existe un site en France où ces populations sont soumises à des menaces moins fortes : la réserve naturelle du Pinail.

1.2. L'écrevisse sur la réserve du Pinail

La réserve naturelle nationale du Pinail présente un faciès unique au monde avec ses 6 000 mares inclues dans un paysage de lande. Elles résultent de l'intense activité d'extraction de pierres meulières qui a façonné le paysage pendant plus de 1 000 ans. Chacune de ces mares diffère par sa taille, forme, composition géologique et biologique, historique et forme donc un microécosystème unique (UICN, 2014 et Dupont et Sellier, 2017). C'est dans ce contexte que des écrevisses à pieds blancs ont été recensées pour la première fois sur la réserve en 1991 par le gestionnaire de la réserve (Bailly, 2000, Béguier et al., 2016).

En 2014, 10 mares étaient connues pour accueillir ou pour avoir accueilli des écrevisses. Actuellement, 9 mares de la réserve accueillent des écrevisses. Les populations de ces mares sont de petite taille et isolées, et une partie des mares ont vu leur population s'éteindre complètement, soit suite à l'invasion par des perches-Soleil, comme les mares E134, E124 et E125, soit pour d'autres raisons non connues, comme dans E85. Au contraire, d'autres mares comme E29 et E12 ont pu accueillir une population grâce au programme de conservation et de transfert des écrevisses (Sellier et al., 2017, Sellier et al., 2018-a). Et une réintroduction a été réalisée dans E124 après l'éradication des perches-Soleil. Ce nombre limité de mares colonisées est lié aux exigences très fortes des écrevisses en termes de milieu, de physico-chimie de l'eau et de profil de mare. Il ne faut pas oublier non plus que ces mares sont déjà un milieu secondaire pour cette espèce, elles ne se trouvent donc pas dans leur optimum écologique. Cependant, malgré ces contraintes fortes, les mares de la réserve du Pinail constituent une chance importante pour la survie de cette espèce, car, jusqu'ici, aucune écrevisse exotique n'y a été signalée. L'absence de cours d'eau pour alimenter les mares empêche de manière très efficace leur arrivée qui condamnerait les populations d'écrevisse à pieds blancs. La réserve du Pinail constitue donc un des derniers bastions de résistance face aux espèces exotiques envahissantes pour l'écrevisse à pieds blancs, et représente la seule population au monde vivant dans des mares de petites surface.

Cependant, une autre menace pèse sur les écrevisses de la réserve : les changements globaux, dont le réchauffement climatique. Non seulement les précipitations vont changer de fréquence et de répartition, menaçant d'assec (ou de modification importante du niveau d'eau) (Sellier et al. ; 2018) les mares habituellement à faible marnage, ou de réchauffement l'eau (entrainant par la même une baisse d'oxygène dissout), mais il va également poser un problème d'ordre physiologique aux écrevisses. En effet, ces dernières ont besoin d'une eau à forte teneur en calcium pour renouveler leur exosquelette lors des mues (Haddaway et al., 2013). Sur la Réserve du Pinail, seules les mares reliées à la nappe phréatique (couche géologique calcaire), ont des eaux suffisamment basiques pour leur permettre de réaliser cette étape de leur cycle de vie. Les changements globaux, au-delà des aspects climatiques, se caractérisent par une augmentation du CO_2 atmosphérique, ce qui augurera son augmentation dans l'eau et entrainera l'acidification des mares (Beaune et al., 2018). Avec l'acidification de l'eau, le taux de calcium biodisponible baissera et les écrevisses ne pourront plus régénérer leur carapace lors de la mue. Les projections permettent d'estimer la disparition de deux populations d'ici 2060 (Beaune et al., 2018). L'ensemble des éléments précités ont donc motivé la mise en place d'une gestion adaptative dédiée au sein du nouveau plan de gestion de la réserve visant une recherche de nouvelles mares d'accueil en vue de maintenir le peuplement de la réserve et en augmenter le nombre de populations (Lelarge et al., 2017-b).

1.3. Objectifs de l'étude

Cette étude a deux objectifs pour lesquels les relevés ont été effectués :

(i) Confirmer et préciser les facteurs biotiques et abiotiques compatibles avec la présence des écrevisses

(ii) Cribler des mares potentielles d'accueil avec les critères de sélection établis ;

(iii) Trouver plusieurs mares permettant l'accueil de nouvelles populations d'écrevisses à pieds blancs. Les mares recherchées doivent donc être de qualité équivalente ou supérieure aux mares contenant déjà des écrevisses.

II. Matériel et méthode

Les précédentes études menées sur la réserve ont permis de lister plusieurs critères déterminant les mares potentielles à écrevisses. Ceux-ci ont été repris dans cette étude et sont détaillés dans le Tableau 1 (d'après Béguier et al., 2016).

Tableau 1 : Critères de choix d'une mare d'accueil pour l'écrevisse à pieds blancs

Catégorie	Critères nécessaires/favorables à la présence de l'écrevisse à pieds blancs	Justification du critère
Profil physique de la mare	- Surface > 35 m²	Viabilité de la population
	- Profondeur > 1,5 m	Liaison avec la nappe phréatique + température de la mare + marnage (pas d'assec)
	- Profil de mare en forme de U	En lien avec la profondeur et la thermie
	- Substrat hétérogène avec caches (pierriers en bordures ou racines de *Cladium mariscus*)	Caches = milieu de vie
	- Bords abrupts empêchant l'enracinement d'hydrophytes et de végétations amphibies	Caches + nourriture
Présence de Poissons	- Absence de perches-Soleil dans la mare (et autres mares adjacentes : connexion potentielle)	Prédation létale
	- Éviter les brochets dans la mare (et mares adjacentes : connexion potentielle)	Prédation
	- Éviter les carpes	Compétition nourriture, prédation, remise en suspension d'argile, turbidité de l'eau…
	- Absence de connectivité avec les mares périphériques OU mares connectées sans perches-Soleil ni connexion autre	Prédation létale
Végétation	- Présence de *Cladium mariscus*	Témoin de la présence de calcium et magnésium
	- Présence de *Chara sp.*	Signe de qualité de l'eau
	- Végétation en faible densité au centre des mares	Mare profonde = connexion à la nappe phréatique donc eaux basiques
	- pas ou peu de *Nymphea alba*	La végétation enracinée au centre montre une faible profondeur
Physico-chimie	- pH > 7 (marge d'erreur de 0,2 par rapport à 6,8 pour anticiper le réchauffement climatique)	Eaux basiques plus concentrées en calcium
	- Turbidité faible	Signal indirect de présence/absence de poissons fouisseurs + fonctionnalité du milieu
	- $[O^2]$ > 4 mg/L	Viabilité + végétation
	- Conductivité > 200 µs/cm	Reflet sur le site de présence de calcium, magnésium (connexion avec la nappe)

Plusieurs de ces variables sont directement ou indirectement corrélées entre elles. Certaines mares accueillant des écrevisses ne remplissent pas toutes ces critères qui représentent une mare » artefact » la plus optimale possible. Les écrevisses semblent donc être flexibles sur certaines conditions (pour rappel : les mares du Pinail correspondent déjà à un habitat secondaire). Le relevé de ces données sur les mares contenant des écrevisses permettra aussi d'affiner la connaissance de

l'impact de chaque paramètre sur leur survie. Malgré le souhait d'avoir une vision la plus objective possible, le faible nombre de mare contenant des écrevisses ne permettra pas de traiter statistiquement les résultats, et l'approche restera empirique.

2.1. Matériel

Le matériel nécessaire pour effectuer les relevés est le suivant :

- Sonde multiparamètres Hanna instrument - HI 9828 (boitier + sonde) (Figure 1, Figure 2) ;
- Canne à pêche+ seau de 0,5 L (Figure 3) ;
- Eau distillée (pipette de rinçage) ;
- Jumelles (pour repérer les perches) ;
- Grapin avec plomb (characées) (Figure 4) ;
- Boites de récolte characées ;
- Plomb de sondage de texture du fond (envasement) (Figure 5) ;
- Disque de Secchi de 20 cm (turbidité) (Figure 6).

Figure 1 : Boîtier sonde Hanna HI 9828

Figure 2 : Tête de sonde pour relevés physico-chimiques

Figure 3 : Seau muni d'un plomb pour les relevés physico-chimiques

Figure 4 : Grappin à characées

Figure 5 : Plomb à envasement

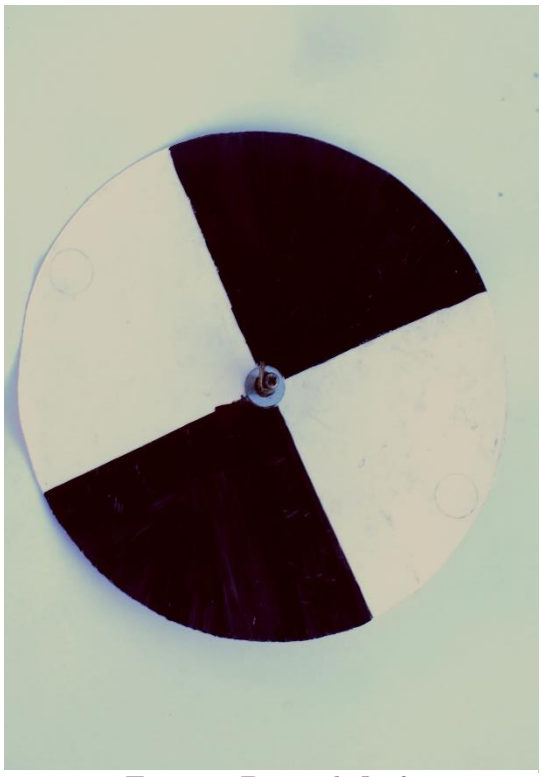

Figure 6 : Disque de Secchi

2.2. Méthode

2.2.1. Mares prospectées

En premier lieu, les mares potentielles d'accueil ont été recherchées à partir des données cartographiques. Au sein des mares de type A (les plus profondes et les plus encaissées), celles ayant le plus de chance d'être reliées à la nappe phréatique d'après l'analyse des données LIDAR ont été sélectionnées (Sellier at al. 2018-a). Parmi elles, celles où la présence de perches-Soleil était certaine ont été évincées. Au final, les relevés ont été réalisés dans 47 mares correspondant aux mares accueillant actuellement des écrevisses (en **gras** dans la liste) ou aux mares potentielles d'accueil (Figure 7).

Les 47 mares étudiées sont :

- E104	- E140	- E69	- M136
- E111	- E146	- E70	- M182
- E115	- E150	- E71	- M199
- E116	- E152	- E85	- M87
- E12	- E17	- E86	- T128
- E121	- E18	- E88	- T130
- E122	**- E29**	- E97	**- T195**
- E123	- E38	- M125	- V126
- E124	- E42	- M127	
- E132	- E43	- M131	
- E135	- E46	- M132	
- E136	- E63	- M133	
- E14	- E64	- M135	

Elles ont été visitées le matin, entre 7 h et 13 h. Le passage sur les mares est effectué si possible dans un délai court afin que les conditions abiotiques (notamment météorologiques) et biotiques ne diffèrent pas trop entre les différents relevés. La date et l'heure de relevé sont notées, ainsi que les conditions climatiques générales (température extérieure, ensoleillement, précipitations, vent).

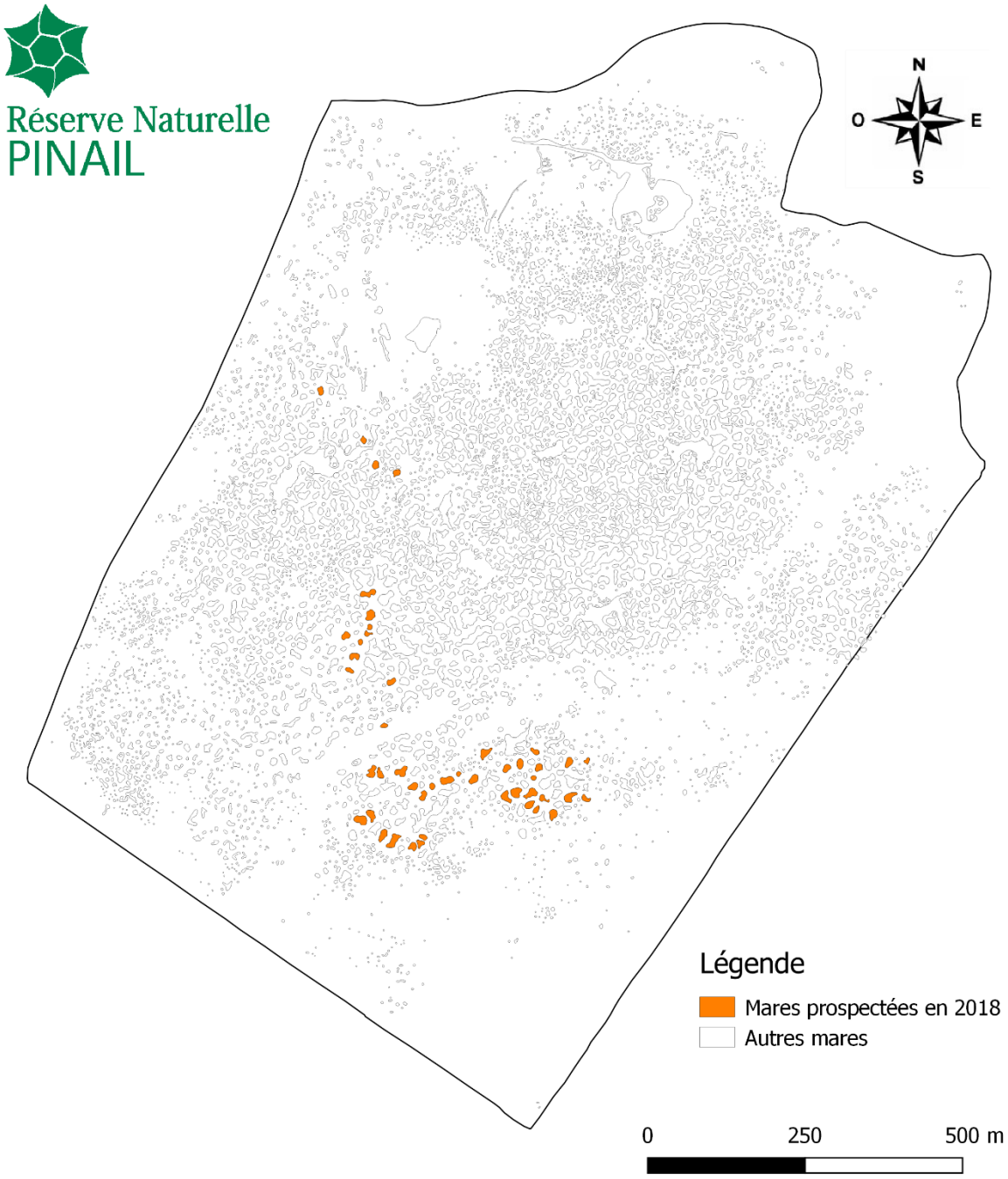

Figure 7 : Localisation des mares prospectées

2.2.2. *Paramètres mesurés*

● **Connexion avec la nappe phréatique** : Plusieurs critères morphologiques permettent d'évaluer la potentialité de connexion de la mare avec la nappe phréatique :

- **Profondeur** : Sur la réserve, plus la profondeur des mares augmente, plus la probabilité de connexion avec la nappe est forte. Une mare profonde est également plus stable thermiquement et est moins sujette à l'assèchement. Elle est donc plus favorable à la survie des écrevisses. Celle valeur est relevée à l'aide d'une canne à pêche équipée d'une ligne graduée tous les 50 cm et est mesurée à partir des données LIDAR.
- **Proportion d'eau profonde** : La profondeur d'une mare n'est jamais uniforme sur l'ensemble de sa surface et varie selon la pente et l'intensité de l'extraction de la pierre meulière. Les mares profondes sur une part importante de leur surface sont plus favorables aux écrevisses, car la connexion à la nappe phréatique sera ainsi plus importante. Ce critère est calculé sous SIG à partir des données LIDAR.
- **Marnage** : Plus le marnage est important, plus la température est susceptible d'augmenter en fin de saison et moins la mare est susceptible d'être en connexion avec la nappe. Les mesures sont à réaliser sur le terrain au début du printemps et à la fin de l'été, lorsque les niveaux d'eau sont respectivement au plus haut et au plus bas.
- **Altitude du fond** : Ce critère est complémentaire à la profondeur et permet d'augmenter la probabilité de connexion de la mare avec la nappe. Plus une mare a une altitude du fond basse, plus elle est susceptible d'atteindre ou de traverser les bancs calcaires lacustres présents dans la matrice marneuse (couche du Ludien supérieur : formation lacustre à prédominance marneuse (e7b-g1M)), et donc d'être en lien avec la nappe phréatique. Cette valeur est obtenue à partir des données cartographiques numériques LIDAR (Figure 8).

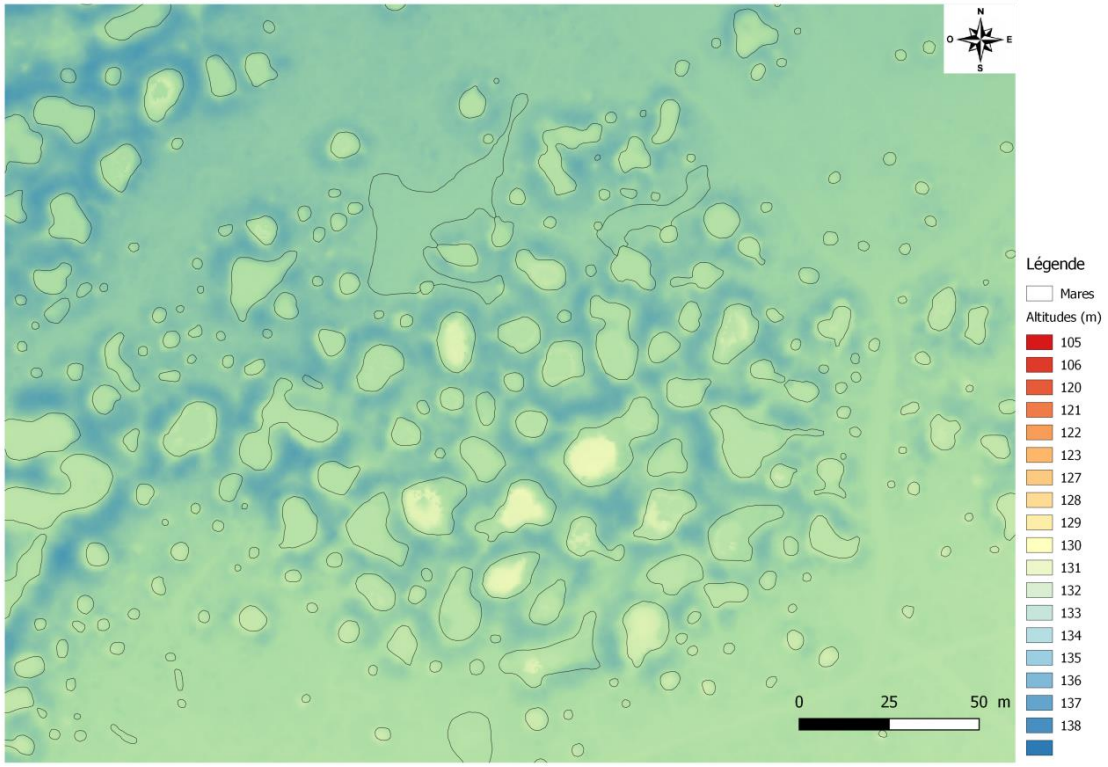

Figure 8 : Exemple d'altitude des mares (LIDAR 2017, GEREPI)

● **Conditions stationnelles** : Plusieurs caractéristiques abiotiques d'une mare vont conditionner le milieu et vont avoir une influence positive ou négative sur la capacité d'accueil d'une mare pour les écrevisses :

- **Surface** : La surface influe sur la taille maximale de la population par mare, avec une évolution du nombre de caches et de la disponibilité en ressources alimentaires. Cette valeur a été calculée au cours de l'actualisation de la cartographie des mares (Dupont et Sellier, 2017).
- **Encaissement de la mare** : Ce critère est lié à la morphologie de la mare (surface/volume) et permet de donner un avis sur l'inertie de la température et du marnage. Plus une mare est encaissée et profonde, plus elle sera propice aux écrevisses. L'encaissement est évalué numériquement avec les données LIDAR et est vérifié sur le terrain.
- **Connectivité** : Sur la réserve, la dispersion de nombreuses espèces (dont la perche-Soleil) s'effectue par la connexion de surface. Sont considérées comme connectées, les mares présentant une continuité au niveau de la végétation amphibie, celles dont une partie de la berge est à une altitude proche du niveau d'eau des mares et/ou celles reliées par un fossé plus ou moins marqué. La connectivité potentielle est également notée si un doute persiste. Ce critère est évalué sur le terrain et peut être vérifié au début du printemps, lorsque les niveaux d'eau sont les plus haut. Lorsqu'il y a connectivité, le nom de la ou des mare(s) connectée(s) est noté.
- **Pierriers** : Ces éléments correspondent à un abri potentiel pour les écrevisses pour les périodes d'inactivité, de fragilité (mue), ou comme zone plus fraîche. Ce critère est noté directement sur le terrain. La détection est facilitée en été avec la diminution du niveau de l'eau.
- **Envasement** : Les précédentes études ont montré que les écrevisses vivent dans des mares où le fond est dégagé et non ou peu envasé. La mesure est réalisée à l'aide d'un plomb lancé et raclé au fond de la mare (Figure 5). Si des à-coups sont ressentis, la mare est considérée comme caillouteuse et non envasée. Si aucun à-coup n'est ressenti et qu'il y a des remontées de bulle de méthane avec le plomb qui » s'envase », ou si des blocs de vase sont observés à la surface, elle est considérée comme envasée. Enfin, si le plomb ne donne pas d'à-coup (glisse), c'est que le fond est sableux ou graveleux. Le plomb doit, si possible, être lancé vers le milieu de la mare pour éviter d'être trompé par la végétation.
- **Turbidité** : La turbité est un indicateur de la fonctionnalité, de la physico-chimie et de la composition du peuplement faunistique des mares (Labat, 2017). La mesure s'effectue à l'aide d'un disque de Secchi (Figure 6) et correspond à la profondeur à partir de laquelle le disque n'est plus visible.

● **Conditions physico-chimiques :** Les paramètres physico-chimiques ont été relevés dans le cadre de l'Observatoire » biodiversité-eau-climat » pendant l'année 2019 sur trois sessions programmées tout au long de l'année à chaque fin de saison. Pour chaque mare, trois mesures de chaque paramètre ont été effectuées en trois points d'échantillonnage différents : bordure/intermédiaire/centre. L'eau est prélevée avec un seau de 0,5 L à l'aide d'une canne à pêche (Figure 3). Les mesures avec la sonde se font dans le seau avant que l'eau ne soit remise dans sa mare d'origine. Plusieurs paramètres sont relevés sur le terrain à l'aide de la sonde multiparamètres Hanna HI9828 (Figure 1, Figure 2) :

- **La température** : Cette valeur influe négativement sur la concentration en oxygène dissout. Lors des relevés, elle sert également à corriger le pH. Les précédentes études montrent que les maxima au fond des mares en été doivent être compris entre 16 et 20 °C (Sellier et Préau, 2016). Les valeurs de température varient selon la saison et l'heure de la journée.
- **La concentration en oxygène dissout** : Ce facteur connait de fortes variations dans l'année, ou la journée. Il est considéré que sa valeur seuil au fond doit être supérieure à 4 mg/L pour correspondre à l'optimum écologique des écrevisses.
- **La conductivité :** Cette donnée augmente avec la concentration en ions dans l'eau et est en lien avec la connexion à la nappe phréatique. Il est considéré que des valeurs supérieures à 200 µS/cm sont optimales pour l'écrevisse.
- **Le pH :** C'est le paramètre le plus important. **S'il est inférieur à 6,80, il est considéré comme létal pour les écrevisses sur la réserve** (impossibilité de trouver assez de calcaire pour la mue) (Beaune et al., 2018). Il a donc été fixé le fait de rechercher prioritairement des mares qui disposent d'un pH supérieur à 7.

➔ **Remarque** : La Figure 9 provient d'une étude réalisée en 2016 sur la mare E122 (Sellier et Préau, 2016), elle illustre la variabilité de la température à différentes profondeurs d'une mare. Sachant que la température a un impact sur pH et la concentration en oxygène dissout, la provenance de l'eau prélevée influence donc toutes les valeurs physico-chimiques mesurées.

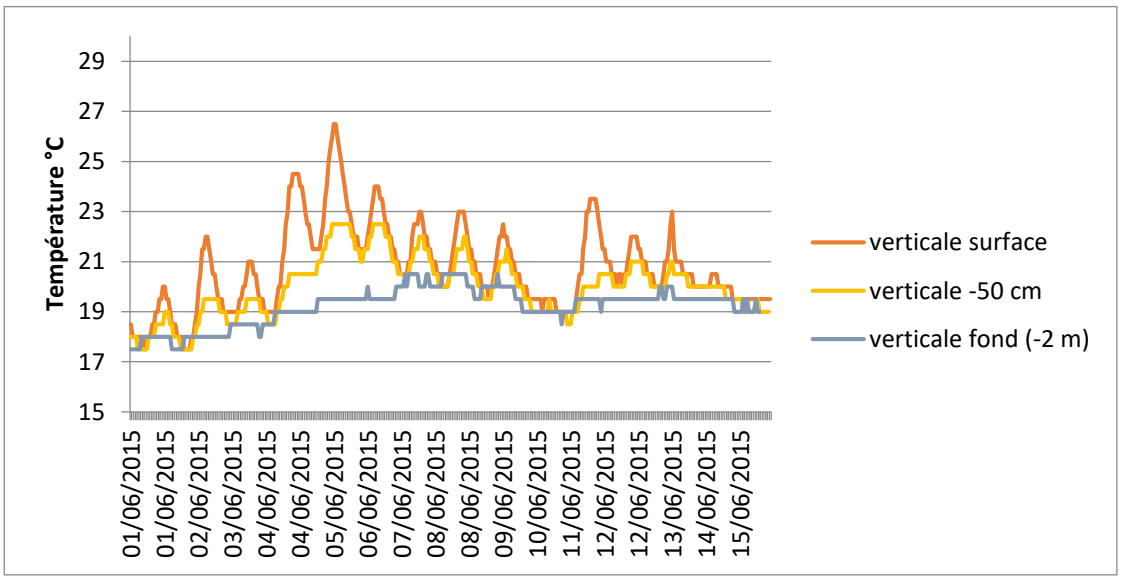

Figure 9 : Variation de la température de E122 selon la profondeur (Sellier et Préau, 2016).

● **Composantes biotiques** : La présence des écrevisses dans les mares est liée à la présence ou l'absence de certaines espèces ou communautés animales et végétales avec lesquelles elle va entrer en interaction ou qui sont bio-indicatrices d'un contexte favorable :

- **Présence de perche-Soleil** : **La présence de perche-Soleil est un facteur létal** pour les écrevisses. Une première recherche se fait à vue en se plaçant face au soleil. Si des perches sont observées, le reste des relevés est annulé. Si la mare est favorable pour les écrevisses, un inventaire de tous les poissons est à effectuer selon le protocole spécifique de la réserve (Sellier et al., 2018-b).
- **Présence de Cladium** : Le cladium ou marisque (*Cladium mariscus*) est présent dans les mares enrichies en calcium et magnésium, cette espèce est bioindicatrice d'un contexte favorable à l'écrevisse. La présence et l'abondance sont notées directement sur le terrain.
- **Présence de characées** : Les characées sont des bioindicateurs présents dans toutes les mares à écrevisses (Beaune et al., 2017). Elles sont recherchées avec la canne à pêche et un grappin muni d'un plomb (Figure 4). Au minimum trois relevés sont effectués en différents endroits de la mare. L'absence de ces espèces à un instant T n'est pour autant pas limitant, car les Characées connaissent des phénomènes déclipses assez réguliers.
- **Végétation de cœur de mare** : Cet élément a pour but d'indiquer la structure globale de la mare et la part de la mare très profonde (absence de végétation enracinée). La présence et le pourcentage de végétation sont notés sur le terrain.

⇨ **Remarque** : Les paramètres définissant les connexions avec la nappe phréatique, les conditions stationnelles et les composantes biotiques sont issus de revelés effectués en 2018. Les paramètres physico-chimiques, la turbidité et le marnage sont issus de revelés effectués en 2019.

III. Résultats

3.1. Caractéristiques des mares contenant des écrevisses

Les données collectées dans les neuf mares accueillant des écrevisses, selon le protocole précédemment présenté, sont synthétisées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Résultats des relevés physico-chimiques des mares à écrevisses

Mare	**E104**	**E12**	**E121**	**E122**	**E123**	**E124**	**E136**	**E29**	**T195**
Observateurs	JL, TF, SC	JL, SC	JL, PG, SC	JL, PG, SC	JL,SC	JL,SC	JL,SC	JL,SC	JL, TF,SC
Type	A	A	A	A	A	B	A	A	A
Profondeur terrain (m)	3,2	2,0	> 2,5	3,0	2,5	2,0	2,1	2,0	1,8
Profondeur SIG (m)	2,9	3,0	3,2	3,1	1,7	1,8	1,6	2,1	1,5
Proportion d'eau profonde	76,1	69,3	75,6	78,1	80,6	71,9	68,5	72,0	78,4
Marnage (cm)	100	70	80	90	100	100	70	90	70
Altitude du fond (m)	131,1	131,0	130,6	130,4	132,8	132,6	132,5	131,9	136,1
Surface (m²)	136,4	180,5	140,2	196,0	51,2	111,2	81,6	207,1	97,6
Encaissement	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Connectivité	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Mares connectées	Non	E14	E136	Non	Non	Non	E121 *E137 ?*	Non	Non
Présence de pierriers	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Envasement	Peu	Oui	Non	Peu	Oui	Non	Peu	Peu	Oui
Turbidité (cm)	>184	>183	>190	>210	>134	>187	>157	>150	>113
Température (°C)	16,71	16,76	16,77	16,75	15,86	16,32	14,94	16,55	15,27
[O_2] (mg/L)	10,69	9,95	9,22	9,97	7,37	9,42	5,27	8,68	10,91
[O_2] (%)	112,39	104,43	96,84	105,87	75,82	98,29	52,57	90,84	112,04
Conductivité (µS/cm)	122	167	302	277	228	196	293	122	125
pH	7,44	7,13	7,84	7,91	7,39	7,31	7,50	7,19	6,84
Présence de perches soleil	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Présence de Cladium	++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	++
Présence de characées	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Espèces de characées	C. fra N. ten N. tra	NA	C. del	C. del N. ten	C. del N. tra	C. asp C. del C. fra N. ten	C. del C. vul	NA	C. fra
Végétation en cœur de mare	Non	Non	Non	Non	90	75	75	65	Non

- **Connexion avec la nappe phréatique :**

  - **Profondeur** : La profondeur minimale mesurée sur le terrain est de 1,80 m pour T195, la profondeur maximale est proche de 3 m pour E104 et E122. La variation dans les valeurs mesurées sur le terrain et sous SIG s'explique par le marnage annuel, par la présence de végétation qui peut fausser les calculs, par la variabilité de la profondeur sur l'ensemble de la mare et par l'impossibilité de connaître le niveau d'eau sur les exploitations LIDAR. Les données restent toutefois relativement proches entre les deux méthodes de calcul.

  - **Proportion d'eau profonde** : La proportion en eau profonde la plus faible mesurée dans les mares à écrevisses est de 68,5 % et la plus forte est de 80,6 %. Des valeurs plus élevées sont difficiles à atteindre, car la berge, même abrupte, représente une part importante de la mare.

  - **Marnage** : Le marnage fluctue entre 70 et 100 cm sur ces mares. Toutes semblent subir l'évaporation de façon équivalente. Pour les mares E123 et E124, un marnage à 100 cm représente la moitié de sa profondeur. Sur ces mares, un marnage de 100 cm ne semble donc pas être fatal pour la survie de l'espèce.

  - **Altitude du fond** : L'altitude du fond doit être contextualisée à la profondeur et au secteur de la réserve où se trouvent les mares pour que les données aient une signification. La réserve est en pente descendante du Nord-Ouest au Sud-Est, les mares du secteur E ont une altitude plus basse que celles du secteur T. Pour le secteur E, les mares les plus profondes sont E121 et E122 avec respectivement 130,41 m et 130,62 m d'altitude et les mares les moins profondes sont E123, E124 et E136.

    ➔ **Ce critère reste toutefois difficile à globaliser et ne sera donc pas réutilisé dans la cotation des mares à écrevisses.**

- **Conditions stationnelles :**

  - **Surface** : Toutes les mares ont une surface supérieure à 35 m². La plus petite mesure 51,2 m² et la plus grande 207,1 m².

  - **Encaissement** : Toutes les mares sont encaissées.

  - **Connectivité** : Les mares E12, E121 et E136 ont des connexions certaines ou potentielles avec d'autres mares. L'absence de perche-Soleil a déjà été vérifiée dans ces mares connectées aux mares à écrevisses et ne présente donc aucun risque.

  - **Pierriers** : Toutes les mares comportent des pierriers en périphérie, excepté E136 dont l'importante végétation n'a pas permis leur détection. Dans les mares E12 et E29 leur présence est prouvée par de précédentes études (Béguier et al., 2016-a, Sellier et al., 2017).

  - **Envasement** : La plupart des mares sont envasées au moins en partie : trois sont envasées (E12, E123 et T195), quatre sont peu envasées (E104, E122, E136, E29) et deux ne sont pas envasées (E121 et E124).

  -

Tous les graphiques suivants ont une légende précisant des interprétations en lien avec la recherche d'une mare la plus favorable (mare artéfact) possible pour l'introduction d'écrevisses en lien avec les interprétations tirées de notre analyse (cf. partie suivante).

- **Turbidité** : La plupart des mares à écrevisses ont une turbidité faible (Figure 10). Elles sont toutes comprises au delà de 100 cm. La mare T195 présente une turbidité un peu plus importante (113 cm) que les autres.

Figure 10 : Turdibité des mares à écrevisses (en cm)

● **Conditions physico-chimiques :**

- **Température** : Toutes les températures moyennes relevées sont inférieures à 20 °C (Figure 11). La plus haute température n'excède pas 16,77 °C malgré une forte canicule pendant l'été 2019. Trois mares (E123, E136 et T195) se distinguent avec une température moyenne inférieure à 16 °C, dont E136, qui est la plus froide avec une moyenne de 14,94 °C.

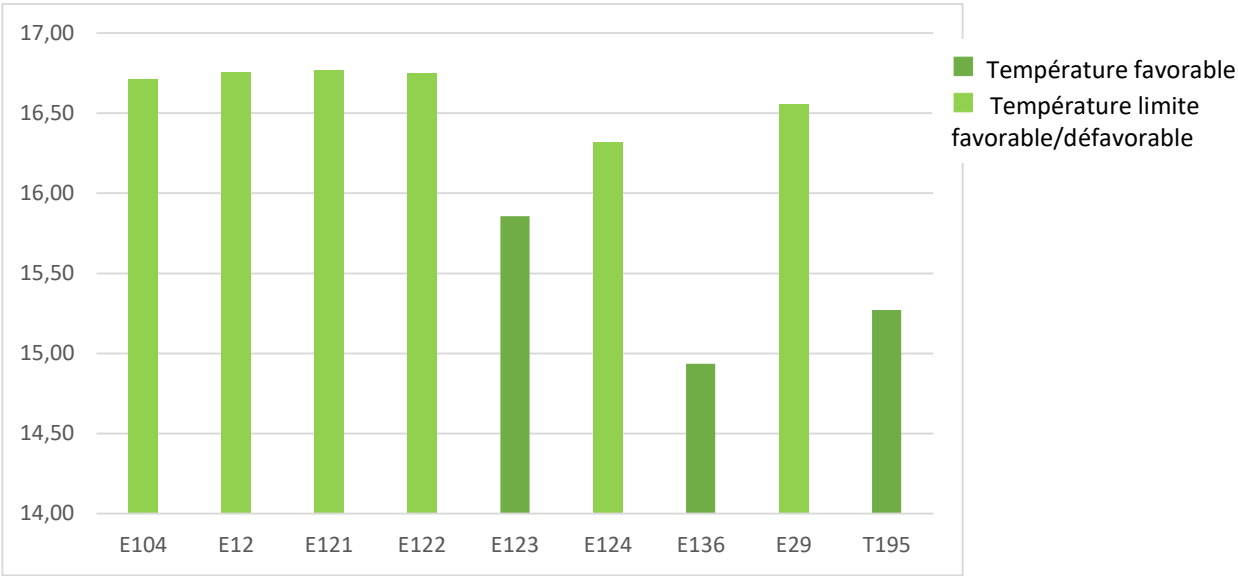

Figure 11 : Température des mares à écrevisses (en °C)

- **Concentration en Oxygène dissout (mg/L)** : Les concentrations en oxygène dissout sont comprises entre 5,27 mg/L et 10,91 mg/L (Figure 13). Elles sont toute supérieure à 4 mg/L, la limite considérée comme favorable à la survie de l'écrevisse.

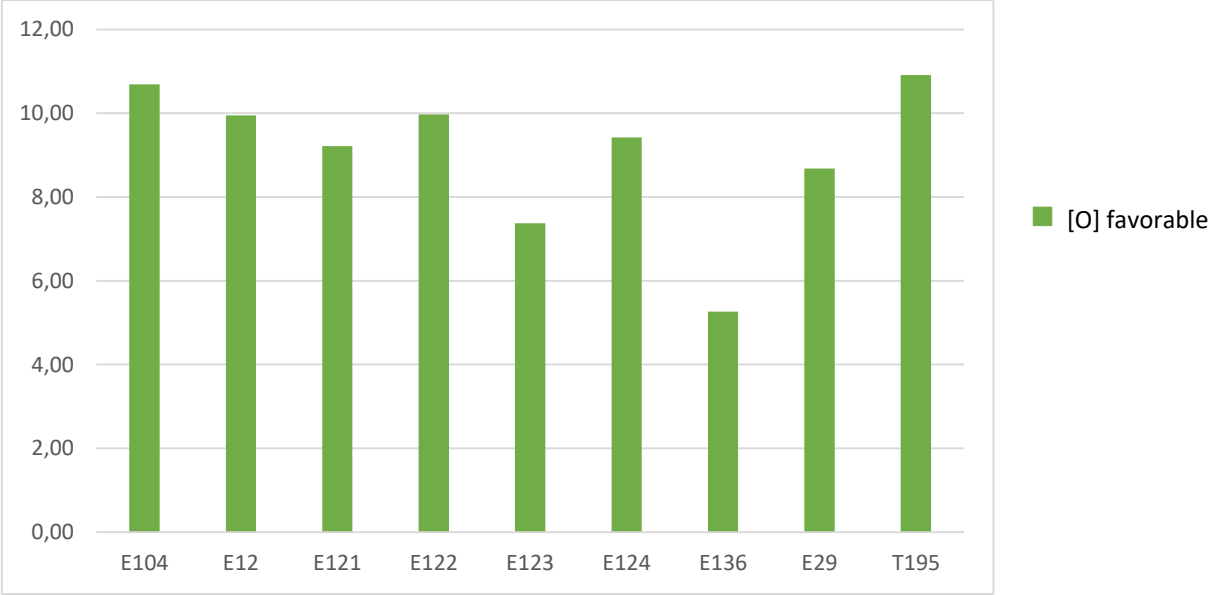

Figure 12 : Concentration en oxygène dissout des mares à écrevisses (en mg/L).

- **Conductivité** : Les valeurs moyennes sont comprises entre 122 et 302 µS/cm (Figure 14). Cinq mares E104, E12, E124, E29 et T195 ont des conductivités inférieures à 200 µS/cm, critère supposé défavorable à la survie de l'écrevisse. Seule la mare E121 atteint une

conductivité moyenne de 302 µS/cm, considérée comme favorable. **Il semble que les « exigences » concernant ce critère sont à assouplir à la lumière de ces éléments..**

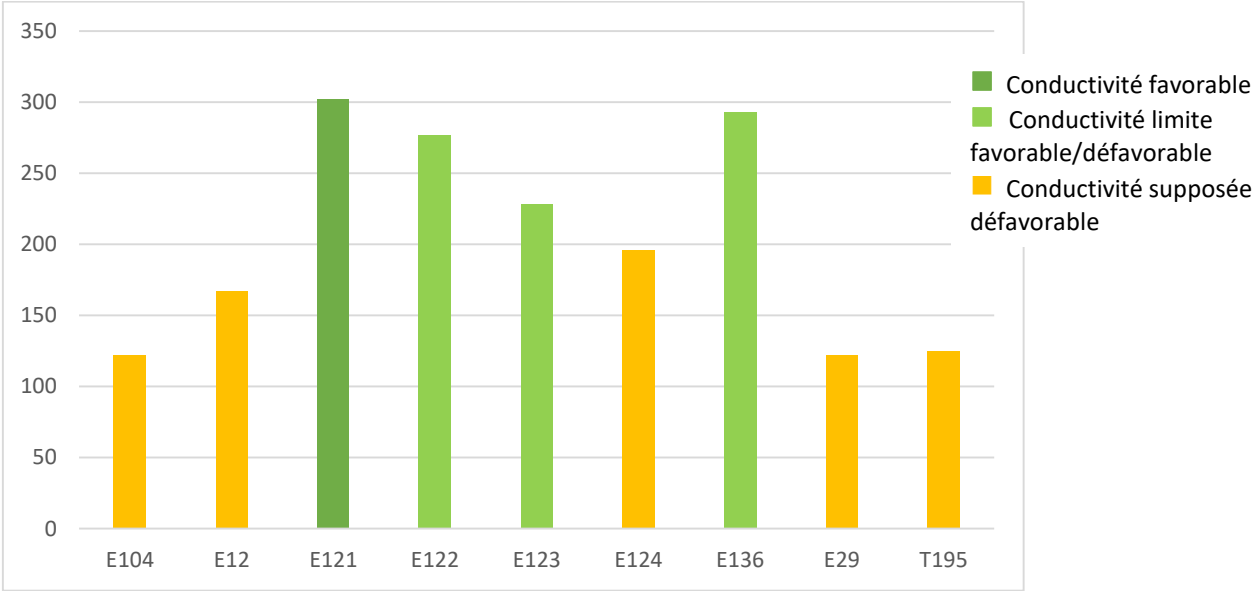

Figure 13 : Conductivité des mares à écrevisses (en µS/cm)

- **pH** : Les valeurs moyennes de pH sont comprises entre 6,84 et 7,91 (Figure 14). La mare T195 présente un pH de 6,84 proposé comme défavorable (Béguier et al., 2016-a) dans la recherche de nouvelle mare d'introduction. Des écrevisses ont été capturées dans cette mare lors du protocole Amphicapt en 2019, ce qui atteste leur présence. Ceci implique une inquiétude sur cette population qui sera la plus sensible à l'augmentation du CO2 atmosphérique dans les années à venir. Les mares E104, E12, E123, E124 et E29 ont des valeurs comprises entre 7,13 et 7,44, ce qui est viable, mais à la limite de l'optimum recherché visant à ne pas mettre en danger les populations d'écrevisses dans les années à venir dans les mares introduites. Les mares E121, E122 et E136 présentent les pH les plus favorables supérieure à 7,50.

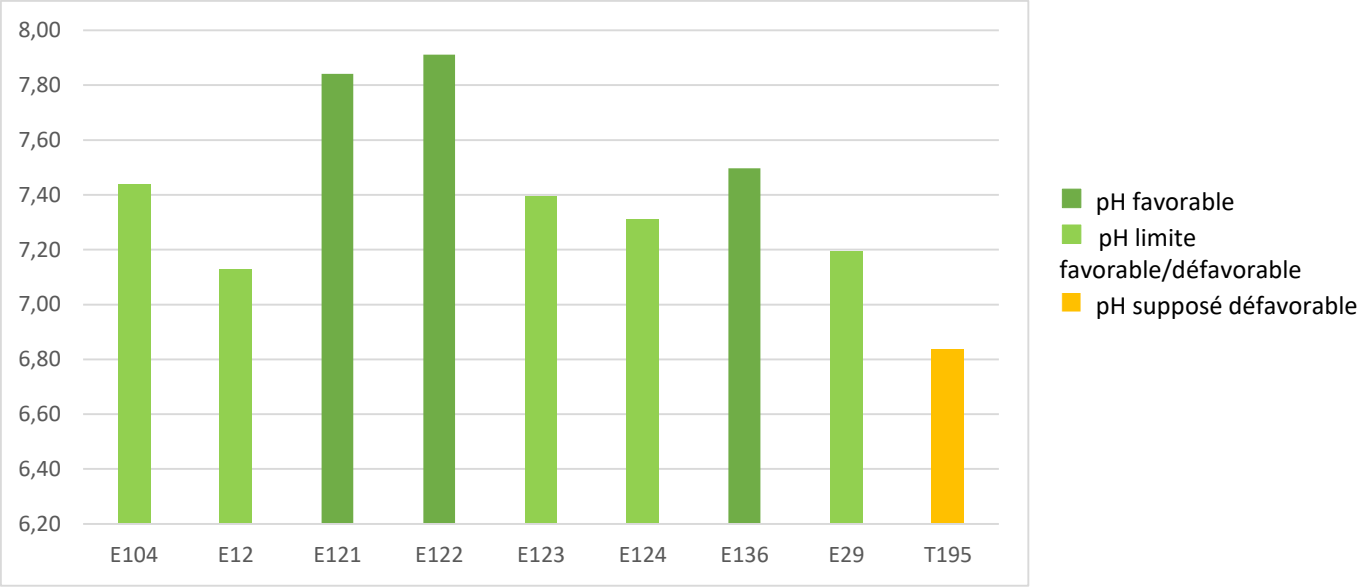

Figure 14 : Valeurs de pH des mares à écrevisses

- **Composantes biotiques :**

  - **Présence de perche-Soleil** : L'absence de perche-Soleil dans les mares à écrevisses a été démontrée au cours de précédentes études (Sellier et Préau, 2016).
  - **Présence de Cladium** : Toutes les mares à écrevisses sont colonisées par du Cladium. L'abondance de Cladium est plus faible dans E104, E124 et T195 que dans les autres mares où cette espèce est bien développée.
  - **Présence de characées** : Des characées ont été trouvées dans toutes les mares à écrevisse. Leur écologie pouvant les amener à disparaître pendant quelques années et à réapparaître suite à des perturbations abiotiques particulières, les données proviennent de précédentes études et de prélèvements complémentaires réalisés cette année (Beaune et al., 2017).
  - **Végétation de cœur de mare** : Les mares E123, E124, E136 et E29 sont colonisées en leur centre par des nénuphars (*Nymphaea alba*) ou du potamot nageant (*Potamogeton natans*). Ceci n'est pas considéré comme étant l'optimal pour les mares à écrevisses, puisque la profondeur de la mare doit être telle qu'aucune végétation à recouvrement de surface (potamot, nénuphar) ne peut se développer au centre. Ces mares accueillent tout de même des populations d'écrevisses. Un regard critique sera donc à exercer sur ce critère lors des sélections.

3.2. Mise en place d'une cotation

Suite à l'interprétation des données sur les populations existantes, un tableau de cotation (Tableau 3) a été conçu pour évaluer et **hiérarchiser le potentiel d'accueil de chacune des mares**. Ce système de cotation permet d'obtenir une **note empirique correspondant au potentiel d'accueil d'une mare pour les écrevisses**. Les critères établis pour la sélection des mares ont été validés par Frédéric Grandjean, président du conseil scientifique de GEREPI et spécialiste dans ce domaine. Les résultats mesurés mettent en avant la nécessité d'une méthodologie spécifique pour la mesure de la température, de la concentration en oxygène et de la conductivité. Concernant la turbidité, la bibliographie manque d'évaluation similaire ayant été réalisée auparavant, la notation a donc été établie à partir des observations. Le marnage n'a pas été mesuré cette année et sera à compléter au cours des études à venir, ce qui pourra amener à réévaluer sa cotation (préévaluation à partir de données piézométriques de la mare E122). **Le maximum de points pouvant être attribué à une mare est de 49**.

Tableau 3 : Système d'attribution des points pour la cotation de chaque paramètre des mares

	Coefficient	Valeur	Précision des données	Ressource
Type	C, D ou E B A	**Létal** 1 2		Dupont et Sellier, 2017
Profondeur (m)	1 à 1,5 1,5 à 2 2	1 2 3	Précision à 0,1 m	Terrain
Proportion d'eau profonde (%)	< 33 % 33 % à 66 % > 66 %	0 1 2	Précision à 0,1	SIG
Marnage (cm)	+ de 100 cm 60 à 100 cm < 60 cm	0 3 5	Précision à 0,5 cm	Terrain
Surface (m²)	< 50 m² 50 à 150 m² > 150 m²	0 1 3	Précision à 0,1 m²	SIG
Encaissement	Non Oui	0 1	/	Terrain
Connectivité	Oui Non	0 1	/	Terrain
Présence de pierriers	Absence Présence	0 1	/	Terrain
Envasement	Envasé Pas ou peu de vase	0 1	Évaluation avec le plomb	Terrain
Turbidité (cm)	< 100 cm 100 à 200 cm > 200 cm	0 1 2	Précision à 1 cm	Terrain
Température (°C)	> 20 °C 16 à 20 °C < 16 °C	0 1 2	Précision à 0,1 °C	Terrain
[O_2] (mg/L)	< 4 mg/L	0	Précision à 0,1 mg/L	Terrain

	> 4 mg/L	3		
Conductivité (µS/cm)	< 100 µS/cm 100 à 200 µS/cm 200 à 300 µS/cm > 300 µS/cm	0 1 2 3	Précision à 0,1 µS/cm	Terrain
pH	< 6,8 6,8 à 7,0 7,0 à 7,2 7,2 à 7,5 > 7,5	**Létal** 0 1 2 5	Précision à 0,1	Terrain
Présence de perches soleil	Présence Absence	**Létal** Viable	/	Terrain
Présence de Cladium	Absence 1 pied Faible Forte	0 0,5 1 2	Estimation subjective	Terrain
Présence de characées	Absence Présence	0 3	/	Terrain
Végétation en cœur de mare	> 30 % 30 % à 0 absence	0 1 3	/	Terrain

Cette cotation a ensuite été appliquée aux mares à écrevisses afin de savoir quelle note minimale doit être atteinte pour considérer qu'une mare peut être favorable pour cette espèce. Le score maximal est détenu par la mare E122 avec 36 points et le score minimal est de 21 points et est détenu par la mare E124. **Le score minimal devant être atteint par une mare pour être considéré comme favorable aux écrevisses est donc de 21 points en ayant un regard critique sur les critères classant ou déclassant la mare (facteur létal notamment).**

Tableau 4 : Cotation et interprétation des critères appliqués aux mares à écrevisses

Mare	**E104**	**E12**	**E121**	**E122**	**E123**	**E124**	**E136**	**E29**	**T195**
Date (2018)	26/07	08/08	25/07	25/07	08/08	08/08	23/07	08/08	24/07
Observateurs	JL, TF, SC	JL, SC	JL, PG, SC	JL, PG, SC	JL,SC	JL,SC	JL,SC	JL,SC	JL, TF,SC
Type	A	A	A	A	A	B	A	A	A
Points	2	2	2	2	2	1	2	2	2
Profondeur terrain (m)	3,2	2,0	> 2,5	3,0	2,5	2,0	2,1	2,0	1,8
Profondeur SIG (m)	2,9	3,0	3,2	3,1	1,7	1,8	1,6	2,1	1,5
Points	3	2	3	3	3	2	2	2	2
Proportion d'eau profonde	76,1	69,3	75,6	78,1	80,6	71,9	68,5	72,0	78,4
Points	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Marnage (cm)	100	70	80	90	100	100	70	90	70
Points	0	3	3	3	0	0	3	3	3
Surface (m²)	136,4	180,5	140,2	196,0	51,2	111,2	81,6	207,1	97,6

Points	3	3	3	3	1	3	1	3	1
Encaissement	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Points	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Connectivité	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Mares connectées	Non	E14	E136	Non	Non	Non	E121 *E137 ?*	Non	Non
Points	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Présence de pierriers	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Points	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Envasement	Peu	Oui	Non	Peu	Oui	Non	Peu	Peu	Oui
Points	1	0	1	1	0	1	1	1	0
Turbidité (cm)	>184	>183	>190	>210	>134	>187	>157	>150	>113
Points	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Température (°C)	16,71	16,76	16,77	16,75	15,86	16,32	14,94	16,55	15,27
Points	1	1	1	1	2	1	2	1	2
[O_2] (mg/L)	10,69	9,95	9,22	9,97	7,37	9,42	5,27	8,68	10,91
[O_2] (%)	112,39	104,43	96,84	105,87	75,82	98,29	52,57	90,84	112,04
Points	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conductivité (µS/cm)	122	167	302	277	228	196	293	122	125
Points	0	0	3	2	2	1	2	0	0
pH	7,44	7,13	7,84	7,91	7,39	7,31	7,50	7,19	6,84
Points	1	1	5	5	1	1	5	1	0
Présence de perches-Soleil	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Valeur	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable	Viable
Présence de Cladium	++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	Non
Points	1	2	2	2	2	1	2	2	0
Présence de characées	Oui*	Oui	Oui*	Oui*	Oui*	Oui*	Oui*	Oui	Oui*
Espèces de characées	C. fra N. ten N. tra	NA	C. del	C. del N. ten	C. del N. tra	C. asp C. del C. fra N. ten	C. del C. vul	NA	C. fra
Points	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Végétation en cœur de mare	Non	Non	Non	Non	90	75	75	65	Non
Points	3	3	3	3	0	0	0	0	3
TOTAL	**25**	**26**	**35**	**36**	**23**	**21**	**28**	**25**	**24**

*donnée provenant d'une étude antérieure

C. asp : *Chara aspera* ; C. del : *Chara delicatula* (= *virgata*) ; C. fra : *Chara fragifera*; N. ten :*Nitella tenuissima*; N. tra : *Nitella tranlucens*.

3.3. Application de la cotation aux mares potentielles d'accueil

Sur les 38 mares sélectionnées au cours de la première étape comme mares potentielles d'accueil, 17 ont été exclues, car leur pH était inférieur à 6,7 (E111, E132, E146, E17, E18, E42, E43, E64, E70, E71, E88, E97, M131, M132, M182, M199, T128). **Cette estimation a été effectuée en un point d'échantillonnage, avec un matériel dont un doute raisonnable peut être émis sur le calibrage lors des relevés en 2018 et présente ainsi de gros biais. Ces mares devront être réévaluées en suivant le protocole de suivis physico-chimique de l'Observatoire.** Deux autres mares ont été exclues à cause de la présence de perches-Soleil (E140, T130) et une a été exclue à cause de la disparition de sa population d'écrevisses pour des raisons non connues (E85). Il reste ainsi huit mares potentielles qui ne présentent pas de facteurs létaux aux écrevisses à pieds blancs sur ces premiers critères, et dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 5).

Tableau 5 : Caractéristiques des mares prospectées

Mare	**E115**	**E116**	**E135**	**E150**	**M125**	**M127**	**M133**	**V126**
Observateur	JL, PG,SC	JL, PG,SC	JL, PG,SC	YS, JL,SC	JL,SC	JL,SC	JL,SC	JL, TF,SC
Type	A	AB	A	A	A	A	A	A
Points	2	2	2	2	2	2	2	2
Profondeur terrain (m)	1,9	1,7	1,7	2,0	2,0	2,0	> 2	> 2
Profondeur SIG (m)	3,0	1,4	2,5	1,9	1,8	2,2	2,4	1,9
Points	3	2	2	2	2	2	2	2
Proportion d'eau profonde	53,1	84,0	57,7	33,6	67,4	38,7	86,5	69,5
Points	1	2	1	1	2	1	2	2
Marnage	100	90	90	90	70	50	50	100
Points	0	3	3	3	3	3	3	0
Surface (m²)	210,6	179,0	97,0	191,0	121,4	186,6	54,4	98,9
Points	3	3	3	3	3	3	3	3
Encaissement	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Points	1	1	1	1	1	1	1	1
Connectivité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
Mares connectées	E114 E116	E115	*E142 ?*	E141	M91	Non	Non	Non
Points	0	0	0	0	0	1	1	1
Présence de pierriers	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
Points	1	1	1	0	0	0	0	1
Envasement	Peu	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Points	1	0	0	0	0	0	0	0
Turbidité (cm)	>174	>98	>170	>103	202	219	200	166
Points	1	0	1	0	2	2	2	1
Température (°C)	17,10	16,27	16,22	16,02	16,86	17,63	16,71	16,17
Points	1	1	1	1	1	1	1	1

[O_2] (mg/L)	10,61	6,55	10,04	8,60	8,92	9,69	8,26	11,84
[O_2] (%)	114,13	68.08	105.09	88.03	91.71	102.11	84.49	123.04
Points	1	1	1	1	1	1	1	1
Conductivité (µS/cm)	233	210	178	306	138	146	170	127
Points	2	2	1	5	1	1	1	1
Ph	7,86	7,35	7,52	7,40	7,11	7,20	7,17	7,29
Points	5	1	5	1	1	1	1	1
Présence de perches soleil	Non	Non	NA	Non	NA	NA	NA	NA
Valeur	Viable	Viable		Viable				
Présence de Cladium	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	++
Points	2	2	2	2	1	1	2	1
Présence de characées			Oui	Oui		Oui		
Espèces de characées								
Points	0	0	3	3	0	3	0	0
Végétation en cœur de mare	30	70	75	75	Non	Non	Non	30
Points	1	0	0	0	3	3	3	1
TOTAL	**25**	**21**	**27**	**24**	**22**	**23**	**25**	**19**

● **Connexion avec la nappe phréatique :**

- **Profondeur** : Parmi les sept mares, E116 et E135 sont les moins profondes et mesurent environ 1,7 m de profondeur tandis que toutes les autres ont une profondeur avoisinant les deux mètres. Les mares du secteur M, E150 et V126 ont une profondeur supérieure ou égale à 2,0 m.

- **Profondeur en eau profonde** : Les mares E150 et M127 ont une proportion en eau profonde avoisinant les 35 % (33,6 et 38,7 %) contre 70 % en moyenne pour les mares à écrevisses. Les mares E115 et E135 quant à elles ont une proportion en eau profonde un peu plus importante avoisinant les 50 %. Les autres mares ont quant à elles des valeurs similaires aux mares à écrevisses.

- **Marnage** : Les marnages varient de 50 à 100 cm. La fluctuation reste semblable à celle observée pour les mares à écrevisses. Les mares M127 et M133 présentent le plus faible marnage à 50 cm.

● **Conditions stationelles :**

- **Surface** : Toutes les mares ont une surface suffisante pour accueillir des écrevisses. La plus petite est M133 avec une surface de 54,4 m² et la plus grande est E115 avec une surface de 210,6 m².

- **Encaissement** : Toutes les mares sont encaissées.

- **Connectivité** : Seules M127, M133 et V126 ne sont pas connectées à d'autres mares. Les mares E115 et E116 sont connectées à des mares ne contenant pas de perches. En 2012, une prospection dans la mare E150 a montré une absence de perches. Cependant, elle

semble connectée à la mare E141 qui en contient. La mare E135 est potentiellement connectée à la mare E142 qui contient des perches. Aucune information n'est disponible pour la mare M125. Des prospections sont à réaliser pour prouver la présence ou l'absence de perches dans ces mares.

- **Pierriers en périphérie** : Des pierriers ont été détectés dans E115, E116, E135 et V126. Ils peuvent toutefois être présents dans les autres mares, mais être camouflés par la végétation.
- **Envasement** : Toutes les mares sont envasées, sauf E115 qui est peu envasée.
- **Turbidité** : La mare E116 se distingue avec la plus forte turbidité d'une valeur de 98 cm, ce qui peut être considéré comme défavorable (Figure 16). Les mares M125, M127 et M133 sont peu turbides avec des valeurs supérieures à 200 cm. Les mares E115, E135, E150 et V126 ont des valeurs moyennes comprises entre 100 et 200 cm.

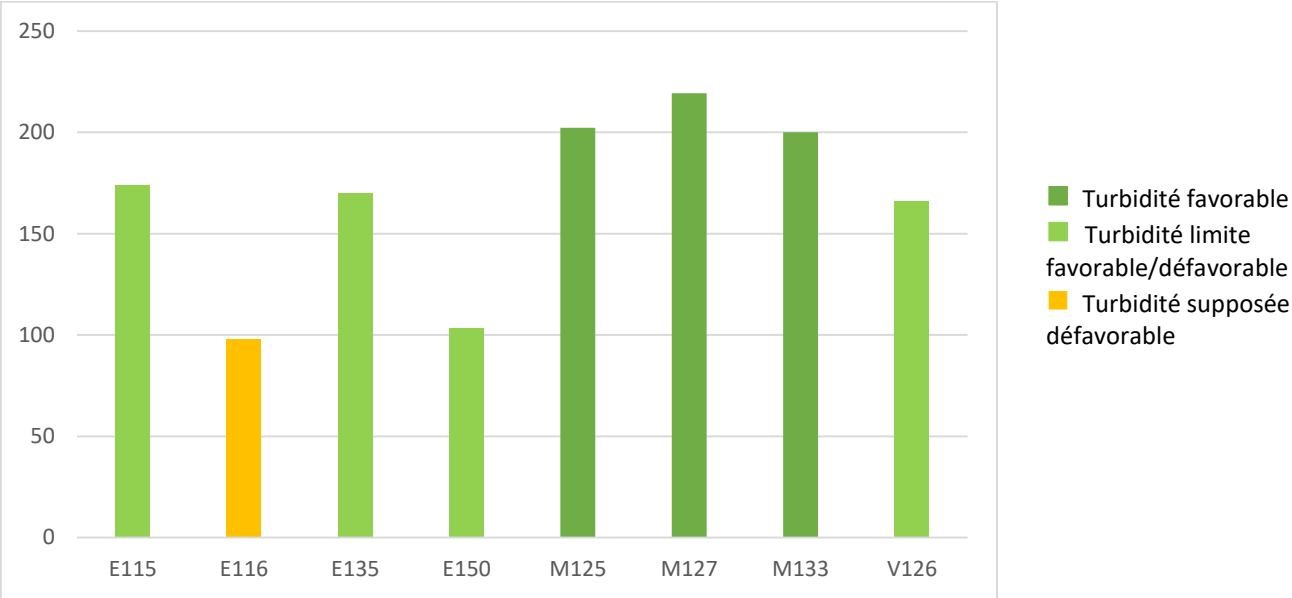

Figure 15 : Turbidité des mares d'accueil potentielles

● **Conditions physico-chimiques :**

- **Température** : Toutes les mares présentent une température moyenne inférieure à 20 °C (Figure 17). La mare M127 présente la température la plus haute avec 17,63 °C. Seulement une mare E150 possède une température moyenne particulièrement favorable à 16 °C.

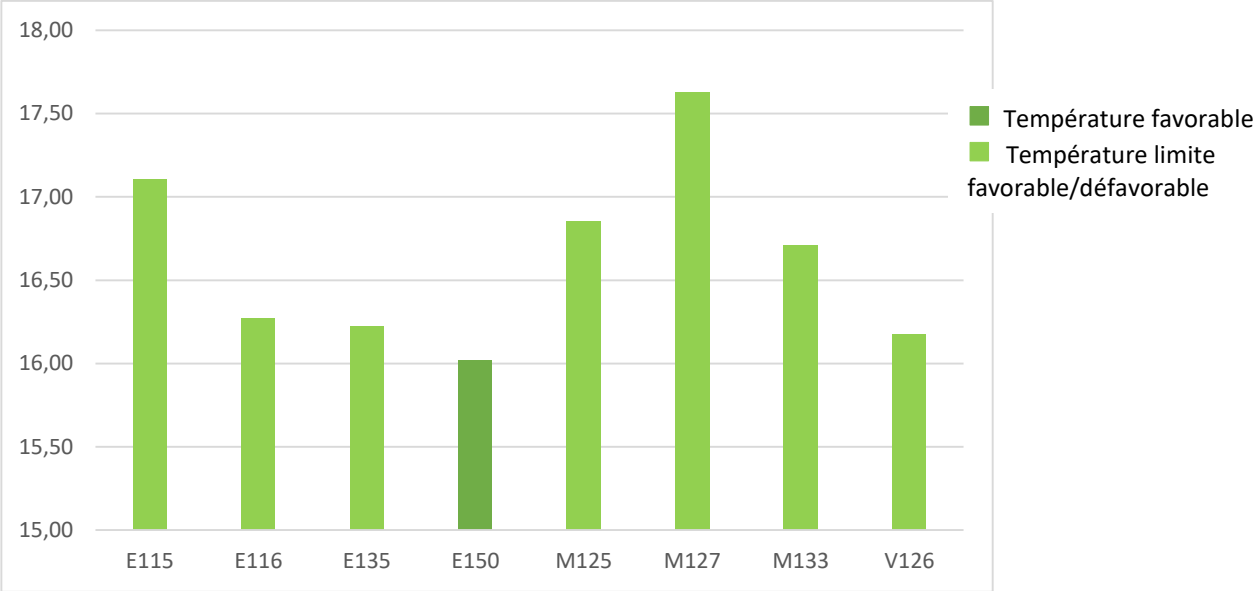

Figure 16 : Température des mares d'accueil potentielles

- **Concentration en oxygène dissout** : Les concentrations en oxygène dissout sont comprises entre 6,55 mg/L et 11,84 mg/L (Figure 18). Elles sont toutes largement supérieures à 4 mg/L, ce qui les rend favorables pour l'écrevisse.

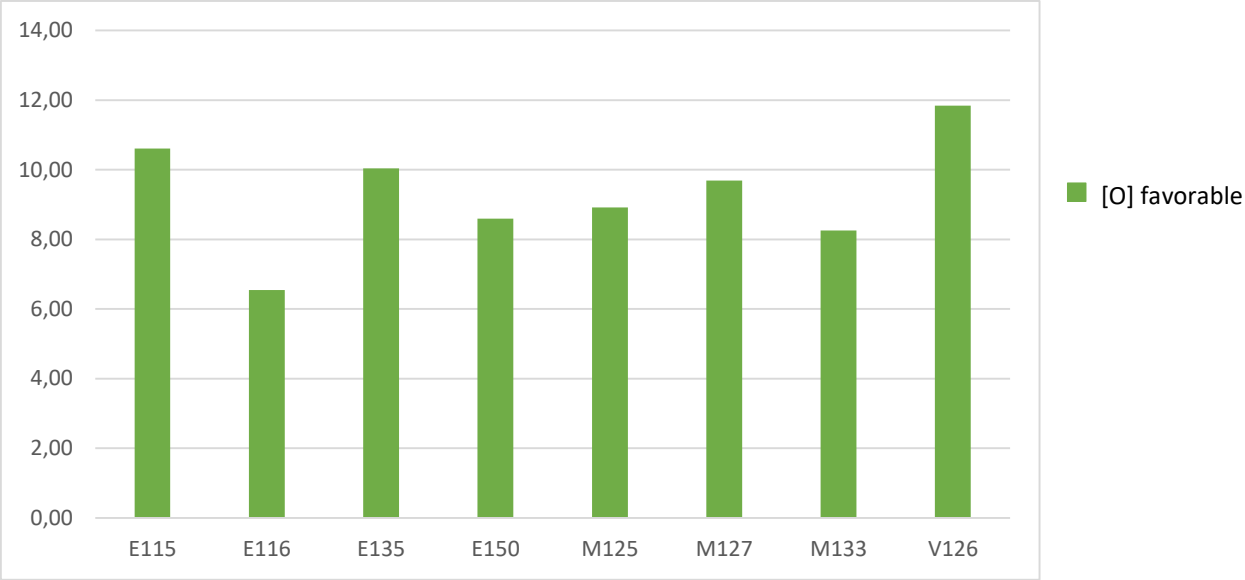

Figure 17 : Concentration en oxygène dissout des mares d'accueil potentielles

- **Conductivité** : Les mares E135, M125, M127, M133 et V126 ont des conductivités inférieures à 200 µS/cm, considérées comme très faibles (Figure 19). Les mares E115 et E116 ont des conductivités comprises 200 et 300 µS/cm et seraient plus favorables aux écrevisses si les autres critères sont adéquats. Seule la mare E150 est parfaitement favorable avec une conductivité supérieure à 300 µS/cm.

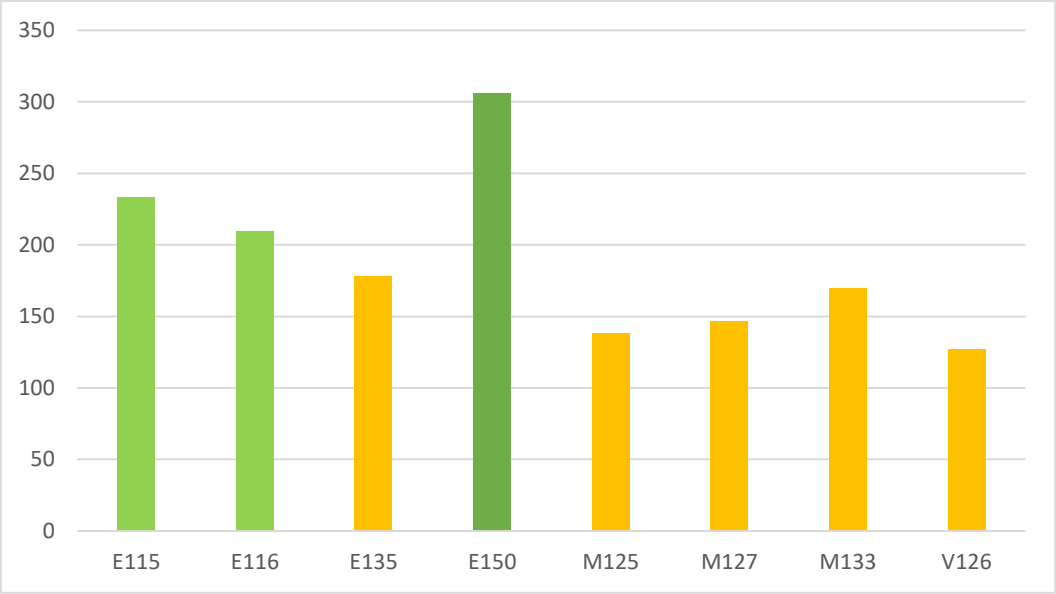

Figure 18 : Conductivité des mares d'accueil potentielles

- **pH** : Toutes les mares sont favorables avec un pH supérieur à 7, mais la majorité (E116, E150, M125, M127, M133, V126) présente un pH moyen inférieur à 7,5. Les mares E115 et E135 ont un pH supérieur à 7,5, et sont sur cet aspect les plus favorables à l'écologie des écrevisses (Figure 19).

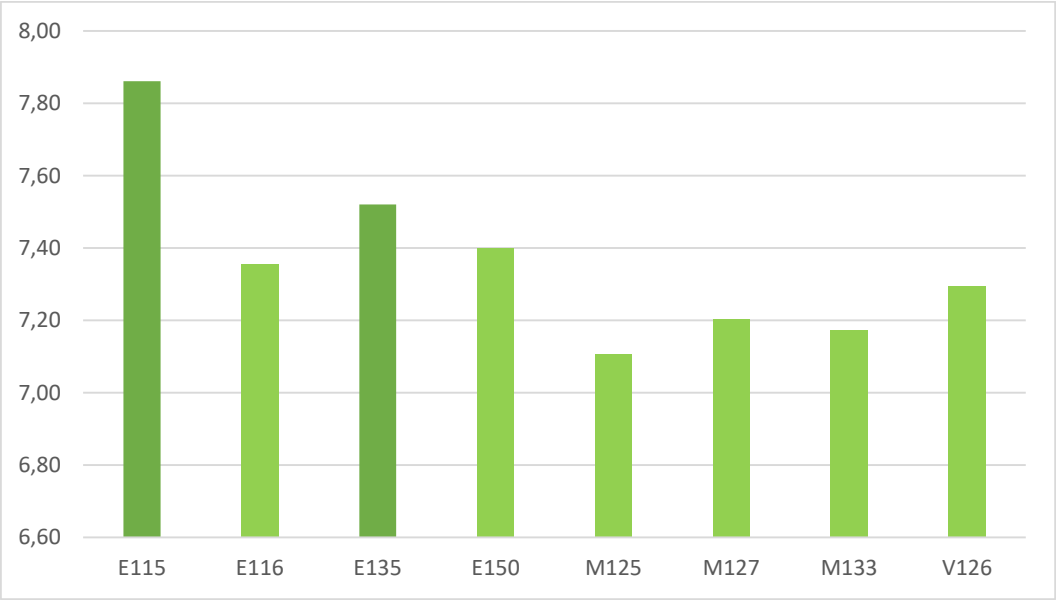

Figure 19 : pH des mares d'accueil potentielles

● **Composantes biotiques :**

- **Perches-Soleil** : Des informations manquent actuellement sur certaines mares concernant les perches-Soleil. Des prospections seront réalisées à l'avenir dans les mares les plus favorables aux écrevisses.
- **Cladium mariscus** : Toutes les mares sont colonisées par du Cladium.

- **Characées** : Des characées ont été détectées dans les mares E135, E150 et M127. Des compléments de suivis sont à réaliser.
- **Végétation au centre** : Les mares M125, M127 et M133 n'ont pas de végétation au centre. V126 et E115 ont environ 30 % de végétation sur la mare, ce qui reste favorable aux écrevisses. Les mares E116, E135 et E150 ont 70 à 75 % de végétation en leur centre.

Les notes obtenues vont de 19 points pour la mare V126 à 27 points pour la mare E135, qui serait la plus favorable pour l'accueil d'écrevisses. La mare V126 est au-dessous du seuil fixé à 21 (19 pts) par les cotations. Même avec la détection de characées cette attendrait seulement les 22 points, **il est donc proposé d'exclure cette mare dès à présent.**
La mare E116 a une note de 21 points, juste à la limite du seuil d'acceptation. La détection de characées pourrait la faire passer à 23 points.
Les mares E115 et E135 seraient les plus favorables. Malgré tout, la mare E135 présente une conductivité considérée comme défavorable. Cependant, plusieurs mares à écrevisses étaient dans le même cas de figure. On peut donc supposer que la cotation accordée à la variable de la conductivité est à relativiser dans l'interprétation.

IV. Discussion

4.1. Méthodologie

De premiers relevés des paramètres physico-chimiques des mares ont été réalisés en 2018, mais avec trop peu de points d'échantillonnages et de réplicats pour pouvoir être représentatifs des conditions abiotiques des mares. De plus un doute persiste sur le calibrage du matériel lors de cette campagne. Ces résultats ont donc été exclus et remplacés par des relevés physico-chimiques suivant protocole de suivis des mares sentinelles dans le cadre de l'Observatoire. **Par conséquent, toutes les mares qui ont été rejetées dans un premier temps à cause d'un pH inférieur à 6,7, devrait être réévaluées avec le nouveau protocole.**

Les relevés physico-chimiques étant réalisés directement sur le terrain, leur précision est plus faible que pour des mesures réalisées en laboratoire. Cela est cependant nécessaire pour mesurer les conditions *in situ* de chaque mare. En laboratoire, la concentration en oxygène dissout et la température seraient erronées.

4.2. Mares à écrevisses

D'après les relevés réalisés cette année, les mares E121 et E122 sont celles dont les caractéristiques sont les plus favorables à la présence des écrevisses. Ces deux mares font partie des mares les plus profondes dans le secteur E, ce sont également celles dont l'altitude du fond est la plus basse. Ce sont celles pour lesquelles le milieu a le plus de probabilité de rester stable, car elles sont connectées à la nappe phréatique et ont des pH élevés. Elles font partie des mares où les populations sont régulièrement les plus nombreuses.

Le pH moyen mesuré dans la mare T195 est à la limite du pH considéré comme viable pour l'écrevisse. C'est une mare qui est à surveiller, car une diminution du pH entraînera potentiellement la disparition des individus présents dans cette mare.

Concernant la conductivité, cinq mares à écrevisses (E104, E12, E124, E29, T195) présentent une valeur inférieure à 200 µS/cm qui est supposée défavorable. Ceci montre que les jalons posés pour le choix de la meilleure mare d'accueil doivent sur cet aspect être regardés de manière critique.

4.3. Mares potentielles d'accueil prospectées

D'après le système de cotation, **la mare la plus favorable à un futur transfert est E135**. Cette mare a un pH basique de 7,52, qui est un des deux critères primordiaux. Pour les autres critères physico-chimiques, elle est la plus proche de la mare optimale » type » avec une concentration en oxygène dissout de 10,04 mg/L. Malgré tout, cette mare présente une conductivité inférieure à 200 µS/cm. On peut considérer ce taux comme acceptable étant donné que des mares à écrevisses sont également dans ce cas de figure. Elle possède aussi une possible connexion avec la mare E142 qui ne contient pas de perche-Soleil. Elle est encaissée, profonde de près de deux mètres, est colonisée par du cladium, sa turbidité est à 170 cm (peu turbide) et il y a des pierriers en périphérie. Cependant elle a assez de végétation au centre (75 %) et est envasée.

On peut voir ici la limite du système de cotation, car, si on observe les caractéristiques de la mare **E115**, ils sont d'avantages favorables à l'écrevisse malgré une note plus faible (lié à l'absence de détection de characées). En effet, son pH est supérieur à 7,86, ainsi que sa conductivité à 233 µS/cm et une concentration en oxyègène dissout de 10,61 mg/L. Enfin, elle possède des connexions avec deux autres mares E114 et E116, sans la présence de perche-Soleil, elles est encaissée, profonde de 1,9 m, colonisée par du cladium, une faible turbidité (174 cm), des pierriers en périphérie, avec peu de végétation au centre (30 %) et elle est peu envasée. La différence entre les deux mares est due à la valeur du marnage où E115 a un marnage plus fort (100 cm) que E135 (90 cm). Cependant, la précision de mesure de cette variable étant de 0,5 cm, on peut considérer leur écart comme négligeable. **Les deux mares E135 et E115 sont dans tout cas, de potentielles futures mares d'accueil.**

Les autres mares sont aussi de bonnes candidates avec des conditions physico-chimiques favorables, mais certaines de leurs caractéristiques les rendent moins adaptées à un transfert. Le principal problème réside dans l'absence d'information sur la présence de perche-Soleil, notamment pour les mares du secteur M et E150. La mare E150 est entourée par des mares contenant des perches, l'absence de connexion est donc à vérifier en hiver. Elle a des caractéristiques intéressantes comme une conductivité élevée (306 µS/cm), beaucoup de cladium et des characées, mais elle a également beaucoup de végétation en son centre.

Enfin, la mare V126 est directement exclue avec une cotation trop limite par rapport au seuil fixé basé sur les caractéristiques des mares à écrevisses.

En 2007, des relevés réalisés sur la mare **V113** ont révélé des conditions proches de T195 avec une profondeur de 310 cm et un pH de 7,3, mais une conductivité faible. Au cours de l'étude sur les écrevisses réalisée en 2016 (Béguier et al., 2016-a et 2016-b), deux mares ont été remarquées pour leurs valeurs exceptionnelles de pH : **B115** (pH = 7,9) et **B96** (pH = 8,7). **Ces deux mares ont également une conductivité adéquate, mais n'ont pas été retenues pour un transfert d'écrevisses en raison de l'absence de pierrier. Il serait intéressant à l'avenir de compléter les relevés sur ces trois mares pour établir leur cotation et évaluer leur potentiel d'accueil pour les écrevisses.** D'autres mares seraient également intéressantes à prospecter sur la réserve :

- Secteur B : B5, B74, B82a, B94 ;
- Secteur C : C6, C87 ;

- Secteur E : E137 ;
- Secteur G : G70, G95, G119, G125 ;
- Secteur L : L19 ;
- Secteur M : M170, M182, M83, M186B ;
- Secteur T : T16, T26, T30, T52, T117 ;
- Secteur V : V114_114a.

Dans le cas où une mare favorable à l'accueil des écrevisses est en connexion avec d'autres mares, une solution serait de combler artificiellement les connexions de surface (terre prélevée à proximité directe) afin d'empêcher toute invasion ultérieure de perche-Soleil en hiver.

Conclusion

L'étude des conditions de vie des écrevisses sur la réserve du Pinail est essentielle à l'amélioration des connaissances afin de permettre le maintien de cette espèce dans le contexte actuel des changements globaux. Cette étude a permis de confirmer et de préciser les critères écologiques propres aux mares à écrevisses dans quatre catégories différentes : la connexion à la nappe phréatique, les conditions stationnelles, les conditions physico-chimiques et les composantes biotiques. Ainsi, les caractéristiques des mares accueillant des écrevisses ont été précisées et plusieurs mares d'accueil potentielles ont été trouvées. Les plus favorables d'entre elles sont E115 et E135. Les connexions hivernales et la présence de perche devront impérativement être précisées avant toute introduction d'individus. À l'avenir, d'autres mares pourront être prospectées et cotées pour évaluer leur potentiel d'accueil. Une prochaine étape à l'étude des écrevisses consistera en une évaluation de la population par capture, marquage, recapture (CMR) afin de connaître l'état de santé des populations dans chaque mare et avoir des perspectives quant aux transferts réalisables.

Bibliographie

Bailly A., 2000. Des poissons mis en cause dans la disparition de l'écrevisse à pattes blanches. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Beaune D., Sellier Y., Lambert E. et Grandjean F., 2017. The use of Chara spp. (Charales : Characeae) as a bionindicator of physico-chemical habitat suitability for an endangered crayfish *Austropotamobius pallipes* in lentic waters. Aquatic conservation : marine and freshwater conservation.

Beaune D., Sellier Y., Luquet G. et Grandjean F., 2018. Freshwater acidification : An exemple of an engandered crayfish species sensitive to pH. Hydrobiologia ; The International Journal of Aquatic Sciences : 26.

Béguier G., Sellier Y. et Beaune D., 2016-a. Résultats des suivis de population d'Austropotamobius pallipes sur la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Béguier G., Beaune D., Sellier Y. et Souty-Grosset C., 2016-b. Synthèse des études et transferts de population d'Austropotamobius pallipes sur la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Changeux T., 2003. Évolution de la répartition des écrevisses en France métropolitaine selon les enquêtes nationales menées par le Conseil Supérieur de la Pêche de 1977 à 2001. Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture (370-371) : 15-41.

Dupont V. et Sellier Y., 2017. Cartographie des mares de la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Füreder L., Gherardi F., Holdich D., Reynolds J., Sibley P. et Souty-Grosset C., 2010. Austropotamobius pallipes. IUCN 2010 : IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4.

Haddaway N-R., Robert J., Mortimer G., Christmas M. et Dunn A-M., 2013. Effects of pH on growth and survival in the freshwater crayfish Austropotamobius pallipes. Freshwater Crayfish 19 (1) :9.

INPN, 2018. Fiche espèce de l'écrevisse à pieds blancs Austropotamobius pallipes [en ligne] consulté sur le site https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/18437.

Labat F., 2017. A new method to estimate aquatic invertebrate diversity in French shallow lakes and ponds. Ecological Indicators 81 : 401-408.

Lelarge K., Sellier Y., Préau C. et Dupont V., 2017-a. Plan de gestion 2018-2027 de la Réserve naturelle nationale du Pinail - Diagnostic. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Lelarge K., Sellier Y. et Dupont V., 2017-b. Plan de gestion 2018-2027 de la Réserve naturelle nationale du Pinail - Vision, gestion et évaluation. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Météo-France, 2018. [en ligne] Accessed 30-10-2018. http://www.meteofrance.fr/actualites/65448060-2018-2e-ete-le-plus-chaud.

Préau, Clémentine, Iris Nadeau, Yann Sellier, Francis Isselin-Nondedeu, Romain Bertrand, Marc Collas, César Capinha, and Frédéric Grandjean. 2019. « Niche modelling to guide conservation actions in France for the endangered crayfish Austropotamobius pallipes in relation to the invasive Pacifastacus leniusculus. » Freshwater Biology

Sellier Y., Dupont V., Léauté J. et Préau C., 2018-a. Rapport d'études 2018 de la réserve naturelle du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Sellier Y., Dupont V., Ruault A., Préau C., Lefort F. et Lelarge K., 2017. Rapport d'études 2017 de la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Sellier Y. et Préau C., 2016. Rapport d'études 2016 de la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Sellier Y., Préau C. et Lelarge K., 2018-b. Protocoles de suivis et d'études du patrimoine naturel de la réserve naturelle nationale du Pinail. Vouneuil-sur-Vienne, France : GEREPI.

Smith G.R.T., Learner M.A., Slater F.M. et Foster J., 1996. Habitat features important for the conservation of the native crayfish Austropotamobius pallipes in Britain. Biological conservation 75 (3) : 239-246.

Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P-Y., Reynolds J.D. et Haffner P., 2006. Atlas of crayfish in Europe. Muséum nationale d'histoire naturelle - MNHN.

UICN France, 2014. La liste rouge des espèces menacées en France. Crustacés d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France : UICN France.

Vigneux E., Keith P. et Noël P., 1993. Atlas préliminaire des Crustacés Décapodes d'eau douce de France. Collection patrimoines naturels.

GEREPI

Moulin de Chitré
86210 Vouneuil sur Vienne

Téléphone :
05 49 02 33 47
Mail : contact@reserve-pinail.org