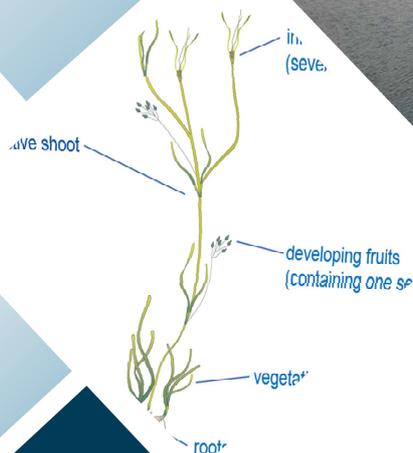


Aquaculture dans le Médoc :

Limitation du développement de *Ruppia sp.* dans les bassins d'élevage

Programme 2020-2022



Rapport final 2020-2022

Anne Lise Bouquet

Décembre 2022

Auteur(s) : Bouquet Anne Lise	Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine Porteur du projet : CAPENA
Aquaculture dans le Médoc : Limitation du développement de <i>Ruppia sp.</i> dans les bassins d'élevage ; Programme 2020-2022 ;	
Rapport final du programme 2020-2022 45 pages	Décembre 2022
Citation : Bouquet A-L., 2022 ; Aquaculture dans le Médoc : Limitation du développement de <i>Ruppia sp.</i> dans les bassins d'élevage ; Programme 2020-2022 : rapport final: 45p.	
<p>RÉSUMÉ :</p> <p>Suite à l'audit réalisé en 2016 auprès des professionnels, il est ressorti une attente forte sur l'étude du développement des plantes aquatiques telles que les ruppias. Ces derniers impactent fortement la productivité des bassins d'élevage du Médoc.</p> <p>Une étude bibliographique préliminaire réalisée en 2018 a permis de mieux connaître les conditions de milieu favorables au développement des ruppias et de mettre en évidence la présence de réservoirs de graines dans les sédiments des bassins observés.</p> <p>En 2020, a été mis en place un programme à 3 ans (2020-2022). Ces suivis ont montré que les conditions de milieu des bassins du Médoc se situent toutes dans les optimums favorables au développement des ruppias. Les suivis ont permis de suivre l'évolution des différents paramètres de milieu et des densités de graines présentes dans les sédiments, en fonction des modes de gestion des assecs des bassins réalisés par les professionnels.</p> <p>Ainsi, il ressort qu'un assec à l'issue de la germination précoce permettra de détruire les jeunes plantules. Les différentes gestions d'assecs testées mettent en évidence un effet favorable des assecs répétés de la fin de l'hiver jusqu'au début de l'été afin de réaliser l'équivalent de « faux-semis », pour détruire les plantules naissantes et limiter le développement des ruppias et leur montée en fleurs. Ces suivis montrent que la diminution de graines n'est pas significative sur 3 ans car la densité présente dans le sol est conséquente. Il s'agit d'un travail de gestion à long terme pour minimiser leur présence.</p>	
Mots clés : Marais ; Médoc ; Ruppia ; Paramètres physico-chimiques ; Eau ; Sédiment ; Aquaculture	

Table des matières

I.	Contexte et demandes des professionnels	5
II.	Etude bibliographique préliminaire :	6
1.	La détermination des espèces de ruppias	6
2.	Les modes de reproduction et caractéristiques des graines :	7
3.	La recherche de molécules produites par les ruppias :	7
4.	Un point sur la législation :	7
5.	Conditions de milieu et facteurs de développement optimum pour les ruppias	8
6.	Observations de terrains :	8
III.	Les résultats du suivi 2020	9
1.	Les sites	9
2.	Les suivis réalisés	11
3.	Résultats.....	11
3.1.	Espèces :.....	11
3.2.	Densités de graines dans le sédiment :	11
3.3.	Potentiel de germination des graines :	12
3.4.	Conditions de milieu :	12
3.5.	Corrélation entre la présence des graines et les conditions de milieu	13
3.6.	Recherche d'impact des ruppias sur les performances d'élevage.....	14
4.	Discussion sur les résultats 2020	14
IV.	Les résultats du suivi 2021	16
1.	Les sites	16
2.	Les suivis réalisés.....	16
3.	Résultats.....	16
3.1.	Les conditions de milieu en 2021	16
3.2.	Les caractéristiques du sédiment en 2021	18
3.3.	Les densités de graines en 2021 et leur évolution	18
4.	Discussion sur les résultats 2021	20
V.	Suivi optimisé en 2022	21
1.	Les sites	21
2.	Les conditions de milieu en 2022.....	22
3.	Caractéristiques des sédiments.....	25
3.1.	Le teneur en matière organique du sol.....	25
3.2.	La composition en éléments inorganiques du sol.....	26
4.	Caractéristiques des graines et potentialité de germination	28
5.	Répartition des graines dans les bassins	29
5.1.	Homogénéisation des résultats.....	29
5.2.	Site de Neyran :	30

5.3. Site du Port de St Vivien	32
6. Evolution des densités de graines de 2020 à 2022.....	36
6.1. L'évolution des densités de graines entières sur Neyran.....	36
6.2. L'évolution des densités de graines entières sur le port de St Vivien	37
VI. Discussion - Conclusions	39
VII. Fiche technique de gestion des assecs pour limiter le développement de ruppia dans les marais du Médoc.....	41
VIII. Perspectives : proposition de suivi de 2023 à 2025	42
1.1. Les professionnels ont demandé :.....	43
1.2. Moyens :.....	43
1.3. Base du suivi des graines.....	43
IX. Annexes.....	45
1. Fiche technique : gestion des assecs des claires ostréicoles	45
2. Les caractéristiques des sédiments	47
X. Références bibliographiques	48

I. Contexte et demandes des professionnels

L'audit¹ réalisé en 2016 auprès des professionnels, a identifié trois demandes principales :

- Avoir une meilleure connaissance des milieux d'élevage (qualité de l'eau) et du fonctionnement hydraulique ;
- Contrôler la prolifération des végétaux aquatiques nuisant à la bonne productivité ;
- Définir des références zootechniques sur les techniques d'affinage d'huîtres adaptées aux bassins du Médoc.

En continuité des travaux mis en place depuis 2017 autour du suivi de la qualité de l'eau et de l'optimisation de la zootechnie pour l'élevage d'huîtres en Médoc, l'accompagnement en 2020 des producteurs du Médoc a porté sur l'étude du développement de ruppia² dans les bassins d'élevage et l'optimisation de la gestion des milieux pour limiter son impact sur les élevages.

Les professionnels s'interrogent actuellement sur les thèmes suivants :

- Quel est l'impact de la présence de ruppia sur les performances d'élevages d'huîtres et de crevettes impériales en fonction des densités de plantes par bassin ?
- Quel est l'impact de la présence de ruppia sur la densité de macrofaune dans le sédiment, source naturelle de proies pour les crevettes impériales ?
- Y a-t-il une différence d'impact en fonction des sites géographiques ?
- Comment limiter le développement des plantes par la gestion des marais ?
- Comment limiter les densités de graines de ruppia dans le sédiment ?
- Y a-t-il une molécule produite par ruppia impactant les élevages ?

Selon le travail réalisé en 2018 (Gaumez L., stage CREA 2018), il n'a pas été mis en évidence de présence de molécules inhibitrices du développement des animaux en élevage.

En revanche, la présence de réservoir de graines dans les sédiments des bassins a été observée.

Ce programme était basé sur un suivi à 3 ans (2020-2022).

A la suite des résultats observés en 1^{ère} et 2^{ème} année (2020 et 2021), les professionnels ont souhaité optimiser le suivi en 2022, en se focalisant sur deux sites (Saint Vivien du Médoc et Neyran), pour réaliser un plus grand nombre de prélèvements par site, afin de mieux caractériser la répartition des ruppias sur de grands bassins.

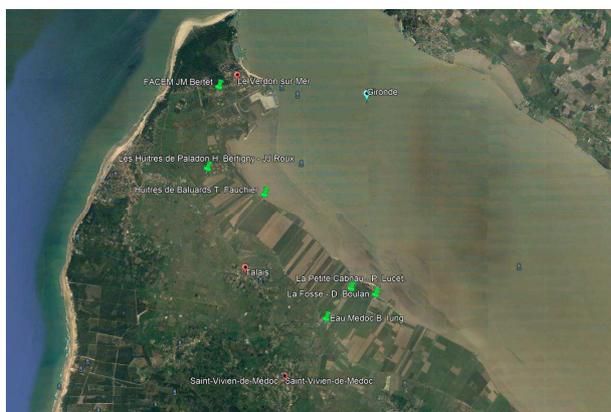


Figure 1 : Les sites des 6 professionnels situés dans les marais du Médoc

¹ L'aquaculture dans le Médoc : Étude préliminaire du contexte et des besoins ; CREA ; Bouquet AL. 2016.

²Ruppia : présence des 2 espèces *Ruppia Cirrhosa* et *Ruppia maritima*

II. Etude bibliographique préliminaire :

Une étude bibliographique préliminaire a permis d'identifier les espèces présentes dans le Médoc, les caractéristiques de reproduction, les préférences de développement pour ces espèces, et de rechercher d'éventuelles molécules produites par ces plantes.

1. La détermination des espèces de ruppias

Actuellement plusieurs espèces sont connues dans le monde : *R. cirrhosa*, *R. maritima*, *R. megacarpa*, *R. tuberosa*, *R. polycarpa* (Brock, 1982 A-B ; Zhao et Wu, 2008 ; Mannino et al, 2015). La taxonomie des ruppia a été source de grande confusion avec l'émergence d'une multitude de noms pour la même espèce, cela est dû à sa morphologie simplifiée et à sa grande plasticité phénotypique (Mannino et al, 2015).

En France, deux espèces sont connues *Ruppia cirrhosa* et *Ruppia maritima*. L'espèce *Ruppia maritima* est subdivisée en deux variétés : *R. Brevisstris*, fréquemment appelée var. *brachypus* (Gay), et *R. Maritima* (Verhoeven, 1979, 1980). De nombreux auteurs ne prennent pas en compte les deux variétés de *R. maritima* car selon eux les critères de détermination sont trop ambigus (Auby, 1986 ; Sfriso, 2010).

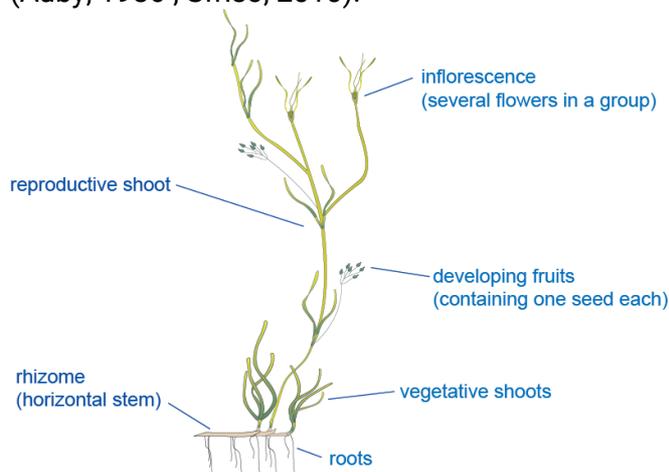


Figure 2 : Description d'un pied de *Ruppia* sp.

Deux espèces de ruppias sont présentes en Médoc :

- *Ruppia maritima*
- *Ruppia cirrhosa*
- Hybrides des deux espèces

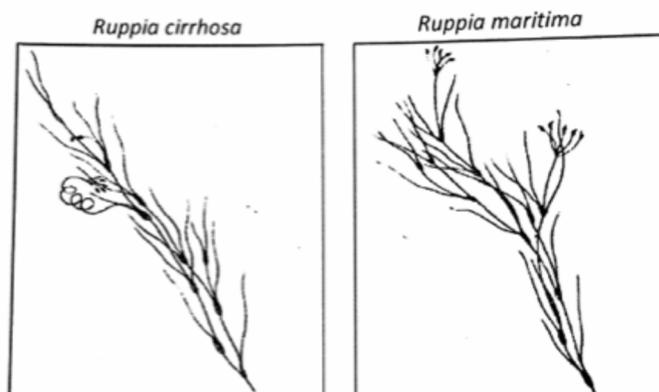


Figure 3 : Schéma de la forme des tiges des deux espèces de ruppia présentes en France, source Deladerriere, 2016.

Compte tenu de la présence simultanée des deux espèces dans les bassins du Médoc et leurs hybrides, nous considèrerons dans tous les suivis le genre ruppia, regroupant l'ensemble des plantes observées.

2. Les modes de reproduction et caractéristiques des graines :

Deux modes de reproduction sont utilisés par ces végétaux :

- Reproduction sexuée par la production abondante de graines.
 - La vernalisation stimule la germination
 - Une température de plus de 10°C durant 10 jours minimum favorise la germination des graines
 - La germination peut se faire sur une durée de 8 à 30 jours.
- Reproduction asexuée, plus importante en période estivale (juillet et août) :
 - Par le développement de rhizomes
 - Par le détachement de fragments des plantes mères, flottants, qui développent un système racinaire lui permettant de s'accrocher au sédiment à son contact.
 - Mode de reproduction favorisé par des niveaux d'eau relativement bas.

3. La recherche de molécules produites par les ruppias :

- Aucune publication n'a été trouvée décrivant la production de molécules inhibitrice de développement des organismes aquatiques en production.
- Diverses molécules sont produites par ces végétaux dont :
 - 1 molécule à intérêt nutraceutique³ : Acide Chicorique (anti-oxydant, anti-inflammatoire, antimicrobienne)
 - 1 composé phénolique avec une forme phytotoxique (Cangiano et al, 2002)

Ceci peut avoir un impact indirect sur les élevages par l'inhibition du développement du phytoplancton, source de nutrition des mollusques en élevage et des proies destinées aux crevettes impériales. Ceci peut limiter les rendements d'élevage, voir les survies des animaux par manque d'alimentation disponible.

4. Un point sur la législation :

- *Ruppia maritima* est protégée en Normandie, Lorraine et Aquitaine
- *Ruppia cirrhosa* n'a aucun statut de protection

L'Arrêté du 8 mars 2002 interdit la destruction, la coupe, l'arrachage et la vente de ruppia, toutefois ces **interdictions ne sont pas applicables aux opérations courantes d'exploitation des parcelles cultivées.**

³ Nutraceutique : substance extraite d'un aliment ayant un effet positif sur notre santé.

5. Conditions de milieu et facteurs de développement optimum pour les ruppias

Suite à l'étude bibliographique⁴ réalisée en 2018, les conditions de milieu optimum pour le développement des ruppias peuvent se résumer comme suit :

- Salinité optimale : 4 à 28 ‰
- Températures optimales : 10 à 30°C
- Milieu à faible turbidité
- Milieu à faible mouvement
- Milieu pauvre en matière organique (3 à 10%) et riche en sable et argile.

6. Observations de terrains :

- Les bassins des marais du Médoc sont des réservoirs à graines
- **Les conditions du Médoc regroupent les conditions optimales de développement des ruppias**

⁴ Gomez L., 2018 ; Etude du développement des ruppias dans les marais médocains.

III. Les résultats du suivi 2020

1. Les sites

En 2020, 15 bassins ont été suivis sur 5 sites, à raison de 3 bassins par site. (détail des

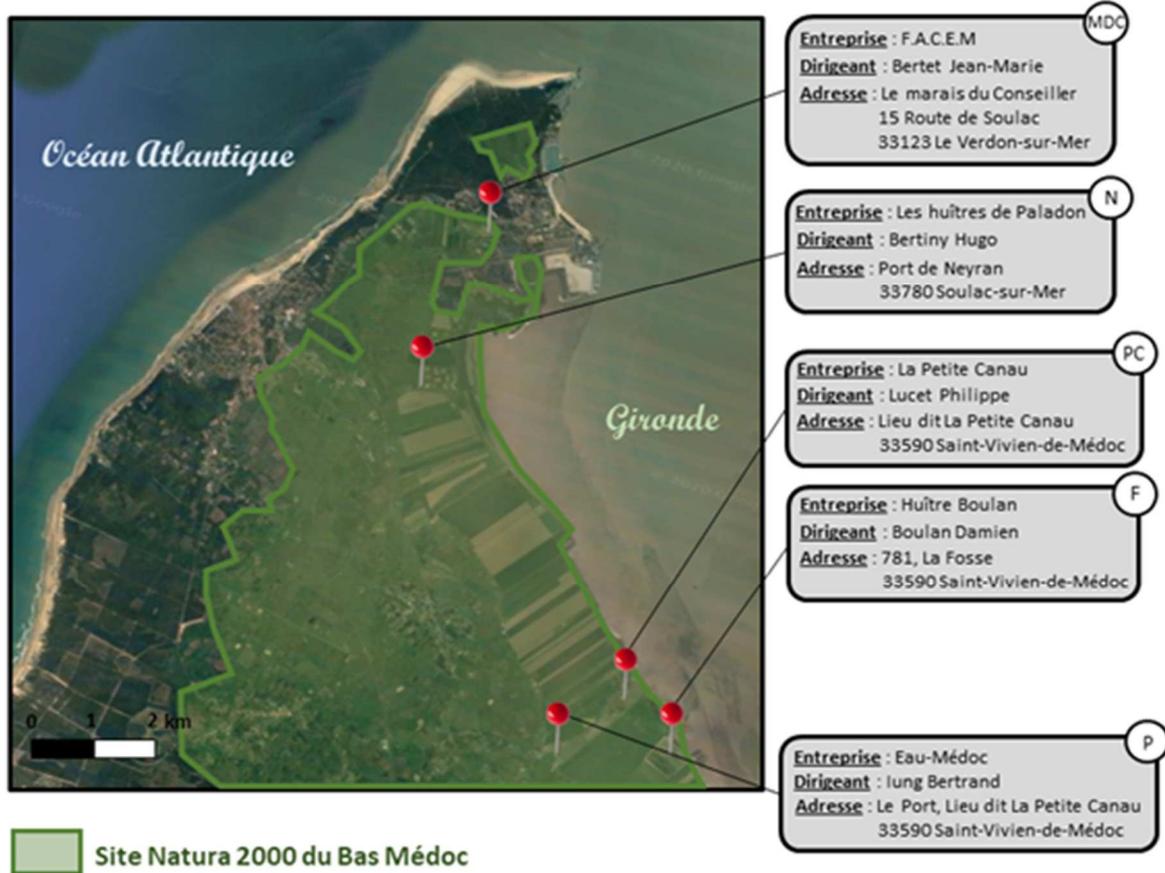


Figure 4 : Localisation géographique des productions participant au programme de suivi de Ruppia.

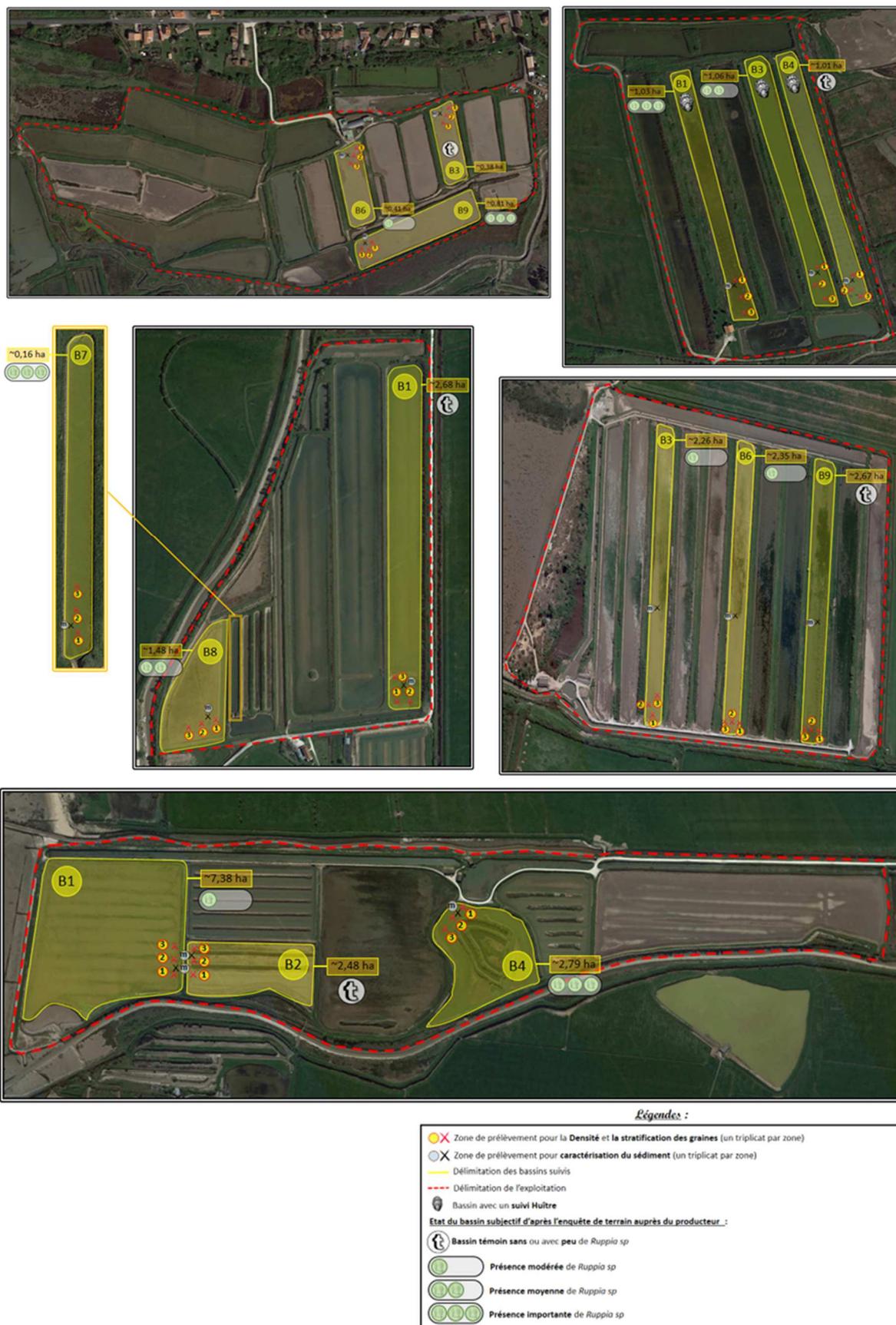


Figure 5 : Photographies satellites, superficie et localisation des prélèvements des bassins participant au programme de suivi des *Ruppia* : marais du Conseiller (a), marais de Neyran (b), marais du Port Saint-Vivien (c), marais de la Fosse (d), marais de la Petite Canau (e).

2. Les suivis réalisés

L'ensemble des protocoles de suivis sont décrits dans le rapport de stage de Master 2, de M Emeric Salé⁵.

Les suivis ont porté sur :

- Prélèvements de végétaux et détermination des espèces en présence
- Détermination des densités de graines dans le sédiment
- Cartérisation du potentiel germinatif des graines de ruppia
- Caractérisation du sédiment (teneur en matière organique, épaisseur de vase molle, teneur en eau)
- Paramètres physico-chimiques de l'eau (salinités, températures, oxygène dissous, turbidité).
- Recherche de l'Impact des ruppias sur les productions aquacoles.

3. Résultats

L'ensemble des résultats de cette première année de suivi est présenté dans le rapport de stage de Master 2, de M Emeric Salé.

A l'issue de la 1^{ère} année d'étude, il ressort de cette première phase :

3.1. Espèces :

- Présence des deux espèces *Ruppia maritima* et *Ruppia cirrhosa*, ainsi que des hybrides des deux espèces, sur l'ensemble des sites observés.

Ces deux espèces et leurs hybrides étant présents ensembles dans les bassins, nous ne faisons pas de différences entre les espèces dans les suivis. Nous suivons les plantes et les graines du genre ruppia.

3.2. Densités de graines dans le sédiment :

- Au sein des sites : pas de différence significative entre les bassins
- 4 groupes de sites observés, dans l'ordre croissant des densités de graines :
 - Marais du Conseiller (le moins chargé : 86 graines/m²),
 - La Fosse avec 328 graines/m²,
 - Port de St Vivien (Port et Petite Canau : 700 graines /m²)
 - Le marais de Neyran avec la densité la plus forte (2700 graines/m²).

⁵ Salé Emeric ; 2020 ; CAPENA. Etude du développement d'une plante invasive *Ruppia sp* dans les marais médocains et de sa limitation en bassins d'élevage ; Rapport de stage Master 2 Université Caen ;

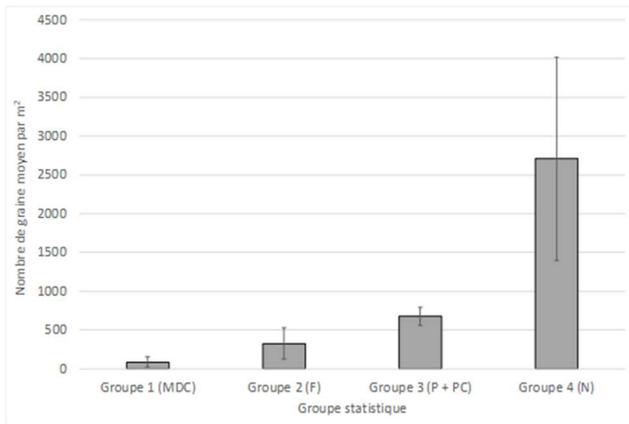


Figure 6 : Densité de graines (nombre / m²) (moyenne \pm erreur standard) par groupe statistique (wilcoxon : p-value <0,05) (MDC : Marais du Conseiller ; F : La fosse ; P : Port de St Vivien ; PC : Petite Canau ; N : Neyran).

- Stratification des graines dans le sédiment :

Les graines sont observées jusqu'à 10cm. Les résultats sont très hétérogènes, avec une tendance inversement proportionnelle à la profondeur, mais **sans différence significative**.

3.3. Potentiel de germination des graines :

Les tests de germination montrent l'impact du froid sur la dynamique de germination.

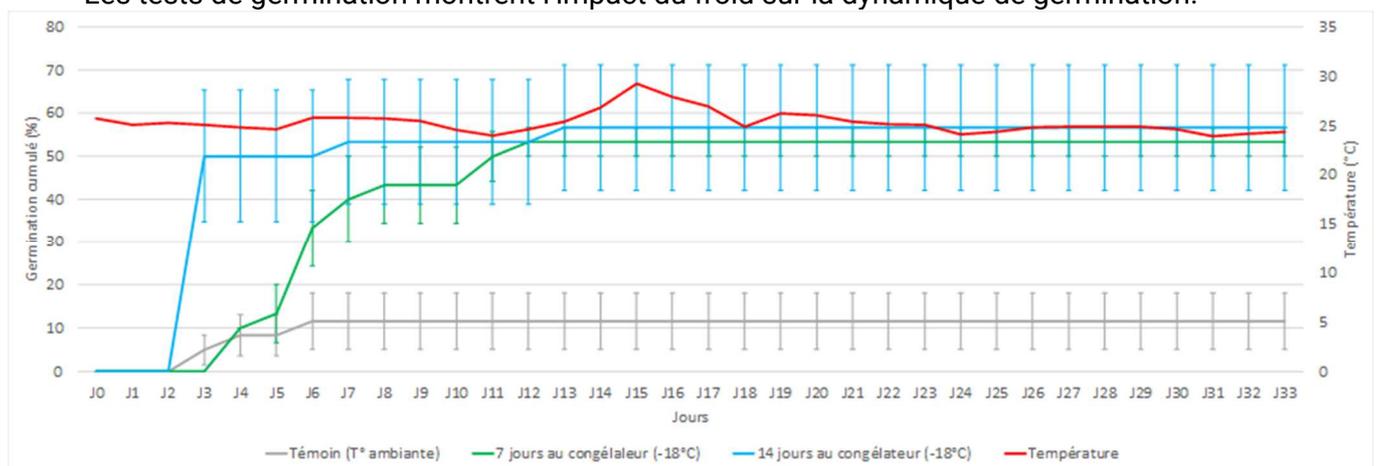


Figure 7 : Germination cumulée (en %) des graines de ruppia (moyenne \pm erreur standard) en fonction du temps et des différentes conditions : Température ambiante (en gris), 7 jours au congélateur à -18°C (en vert) et 14 jours au congélateur à -18°C (en bleu) + température (en °C) durant toute la durée de l'expérimentation.

Après congélation, les graines de ruppia sp. sont stimulées. Elles germent significativement plus rapidement et en plus grande densité après 14 jours de congélation par rapport aux graines témoins conservées à température ambiante.

3.4. Conditions de milieu :

Les paramètres de l'eau sont tous situés dans l'optimum de développement des plantes du genre ruppia :

- Salinité (22,8‰),
- Température (24°C : de 19 à 29°C de mai à août),
- Oxygène dissous (entre 80 et 125%),
- pH : de 7,9 (3 sites : marais du conseiller, Port de Saint Vivien et petite Canau) à 9,4 (La Fosse et Neyran).

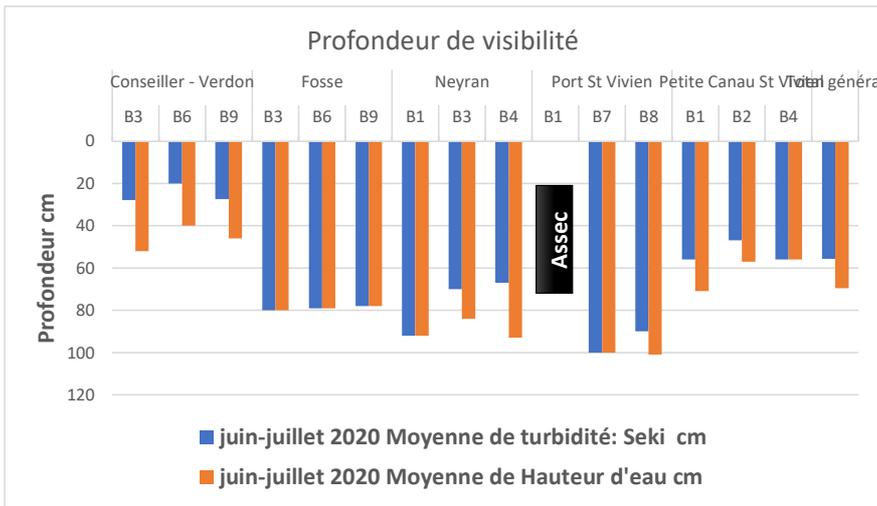


Figure 8 : mesure de la turbidité par la mesure de visibilité à l'aide du disque de Secchi.

Généralement les milieux étaient peu turbides, avec une visibilité sur l'ensemble de la lame d'eau, presque jusqu'au fond, sauf sur le site du Conseiller qui présentait une visibilité jusqu'à mi-hauteur de la lame d'eau.

Les caractéristiques du sédiment :

La teneur en matière organique des sédiments des bassins est globalement faible sur l'ensemble des bassins du Médoc, sans différence significative, et semblable jusqu'à 5 cm (6,6% sur le 1^{er} cm, 6,4% sur le 2^{ème} cm et 6,2% sur le 5^{ème} cm).

3.5. Corrélation entre la présence des graines et les conditions de milieu

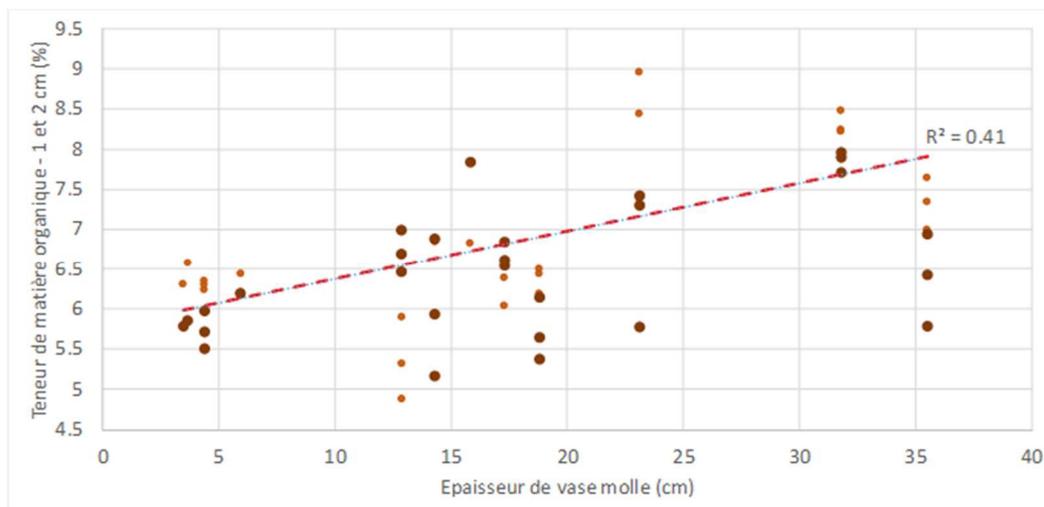


Figure 9 : Corrélation entre la teneur en matière organique des 2 premiers centimètres (1^{er} cm =marron clair) et 2^{ème} cm = marron foncé) et l'épaisseur de vase molle (en cm).

Ce suivi a montré une corrélation positive statistiquement significative entre la teneur en matière organique du 1^{er} cm et du 2^{ème} cm et l'épaisseur de vase molle (Test de corrélation de Pearson : Coefficient de corrélation > 0 et P-value < 0,05) (Figure 9).

Plus l'épaisseur de vase molle est importante, plus la teneur en matière organique du 1^{er} et du 2^{ème} centimètre est élevée.

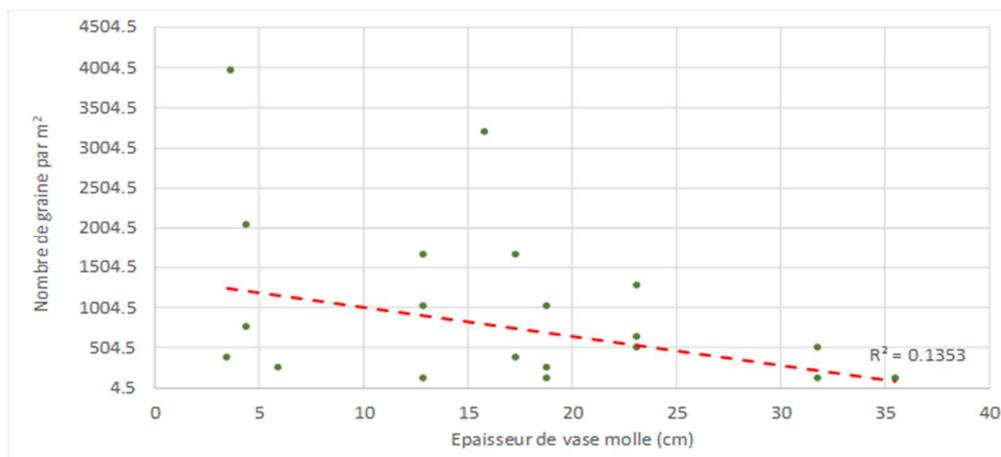


Figure 10 : Corrélation entre la densité de graines par m² et l'épaisseur de vase molle (en cm)

Il existe une faible corrélation négative, mais qui est malgré tout significative, entre la densité de graines et l'épaisseur de vase molle (Test de corrélation de Pearson : Coefficient de corrélation < 0 et P-value < 0,05) (Fig.20).

Plus l'épaisseur de vase molle est importante, moins la densité de graines est élevée.

3.6. Recherche d'impact des ruppias sur les performances d'élevage

Les observations et suivis réalisés en 2020 n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives de performance d'élevage entre les différents bassins.

4. Discussion sur les résultats 2020

Deux espèces du genre *ruppia* ont été répertoriées dans les marais médocains : *Ruppia maritima* et *Ruppia cirrhosa*.

La température, la salinité, le pH, l'oxygène, la profondeur et la turbidité présentaient des valeurs incluses dans les optimums de développement et de prolifération des *ruppias*.

L'ensemble des sites suivis était relativement pauvre en matière organique.

Cette faible teneur en matière organique du sédiment correspondant au préférendum de croissance des *ruppia* (Figure 11) (Verhoeven, 1979). Mais aucune corrélation entre ce résultat et la densité de graines n'a été mise en évidence dans ce suivi.

Toutefois, les sites présentant les plus grandes épaisseurs de vase molle sont ceux ayant les plus grandes teneurs en matière organique dans le sédiment et ceux présentant les densités de graines les plus faibles.

	Densité de graines totale (nb par m ²)	Température (°C)	Salinité (g.L ⁻¹)	Oxygène dissous (%)	pH	Turbidité (cm)	Hauteur d'eau (cm)	Matière organique sur le 1 ^{er} cm (%)
Groupe 1	86 (MDC)	24	22,8	88 (F + MDC)	7,9 (PC + P + MDC)	29 (MDC)	45 (MDC)	6 (P)
Groupe 2	328 (F)			98 (N + P)	9,4 (F + N)	63 (N + PC)	63 (F)	6,2 (N + F)
Groupe 3	700 (P + PC)			116 (PC)	X	79 (F)	67 (N + PC)	7 (PC)
Groupe 4	2700 (N)			X	X	102 (P)	83 (P)	7,5 (MDC)

Figure 11 : Tableau récapitulatif des groupes statistiques réalisés entre les sites en fonction de la densité de graines et des paramètres suivis in situ. Les groupes dans les optimums de croissance (Kantrud, 1991 ; Verhoeven, 1979) des *ruppia* ont été colorés en vert clair.

La densité de graines totale ainsi que leur état physiologique ne présentaient aucune différence significative entre les bassins témoins et les autres bassins quel que soit le site. Certains bassins témoins ont, par ailleurs, montré une plus grande densité de graines que leurs bassins de comparaison. Ce résultat montre que la quantité de plantules n'est pas systématiquement proportionnelle à la densité de graines, les bassins témoins ayant été sélectionnés en fonction de la quantité de plants de *ruppia* matures.

Ainsi il n'est pas possible d'avoir de vrais bassins témoins sans *ruppia* en comparaison.

IV. Les résultats du suivi 2021

1. Les sites

En 2021, le suivi a été allégé à la suite des premiers résultats observés en 2020, en limitant le nombre de bassins suivis à 1 bassin par site (voire 2 maximum) sur 4 sites.

Les suivis ont été réalisés dans 6 bassins répartis sur 4 sites (voir Figure 4) :

- Le Marais du Conseiller (MDC : Verdon) : 2 bassins (B6 et B9)
- Neyran (N) : 1 bassin (B3)
- St Vivien du Médoc :
 - Le Port (P) : 2 bassins (B1 et B8)
 - La Petite Canau (PC) : 1 bassin (B1)

2. Les suivis réalisés

- Les graines dans le sédiment
- Les paramètres de sol :
 - Matières organique, teneur en eau, épaisseur de vase molle,
 - Composition du sédiment : N, P, K, Fer
- Les paramètres de l'eau : Température, Salinité, Oxygène,
- La gestion des assecs : Informations à transmettre par les producteurs

Des prélèvements ont été réalisés en juillet et octobre 2021.

3. Résultats

3.1. Les conditions de milieu en 2021

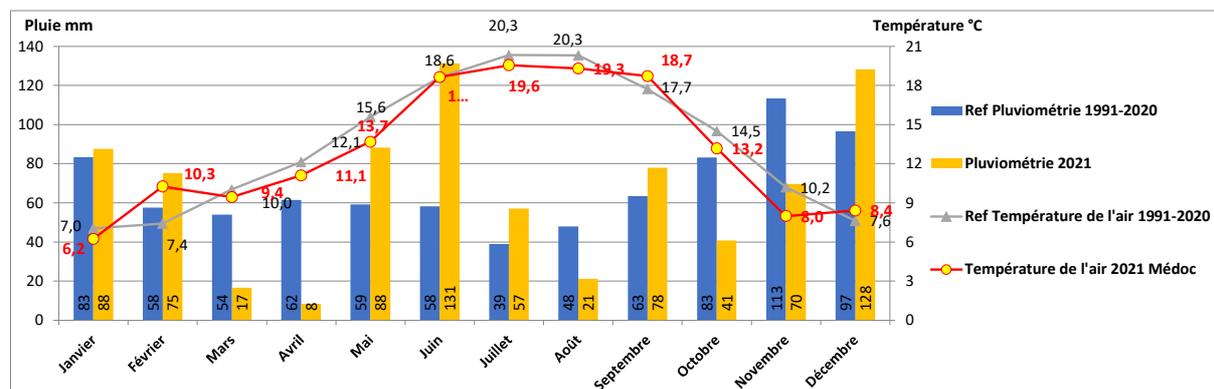


Figure 12 : Pluviométrie et température de l'air dans le Médoc en 2021, comparées aux moyennes mensuelles sur 30 ans, source des données : Météo-France, station de Montalivet.

L'Année 2021 se caractérise par hiver doux et pluvieux, et un début de printemps globalement frais et très déficitaire en eau (mars et avril). Une période pluvieuse s'est installée pendant 3 mois, avant de laisser place à une alternance de mois très secs et de mois humides.

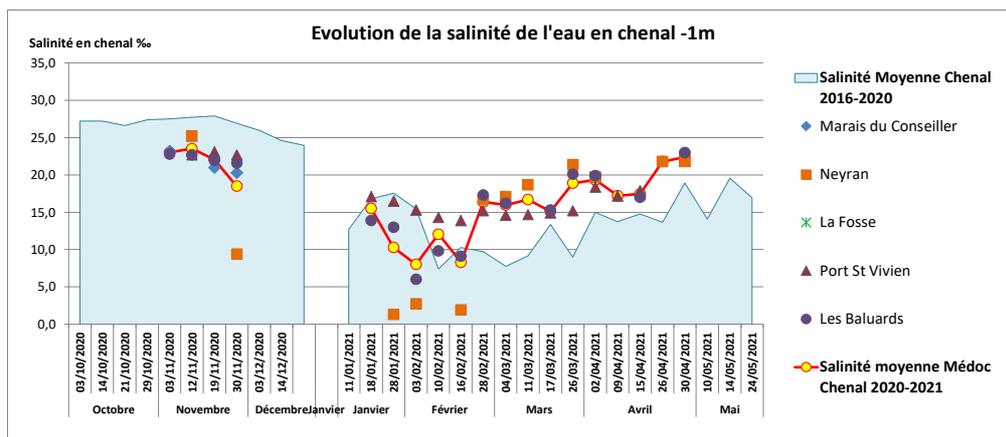
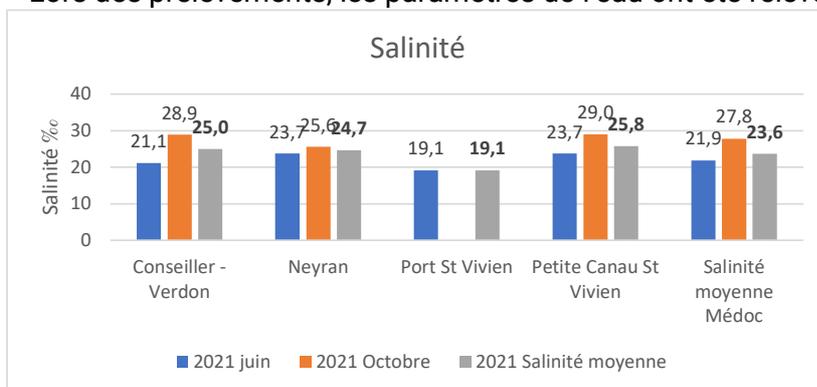


Figure 13 : évolution de la salinité durant la saison conchylicole 2020-2021(octobre 2020 à mai 2021) ; sources Réseau conchylicole en marais salé en Médoc, CAPENA, 2020-2021).

Le début de printemps 2021 relativement sec et doux s’est traduit par des conditions de milieu relativement salé pour les marais du Médoc, compris entre 20 et 25‰ de février à mai.

Lors des prélèvements, les paramètres de l’eau ont été relevés.



La salinité est montée de 22 à 28‰ durant l’été.

La température était de 21,1°C en juin et 17,5°C en octobre 2021.

Les teneurs en oxygène dissous étaient élevés, tous au-dessus de 80% de saturation d’oxygène dans l’eau aux moments des prélèvements.

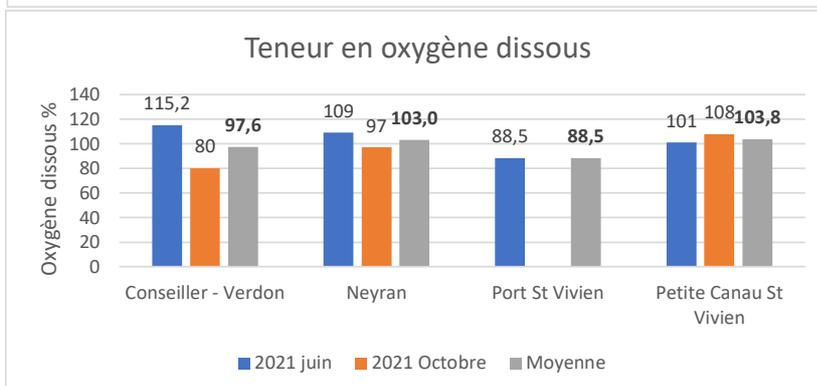
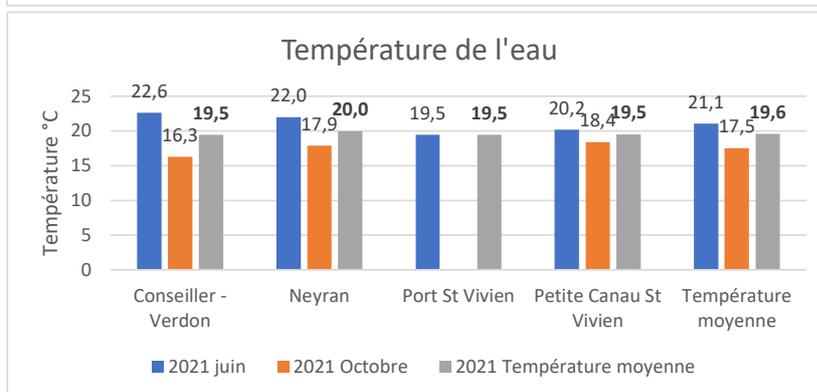
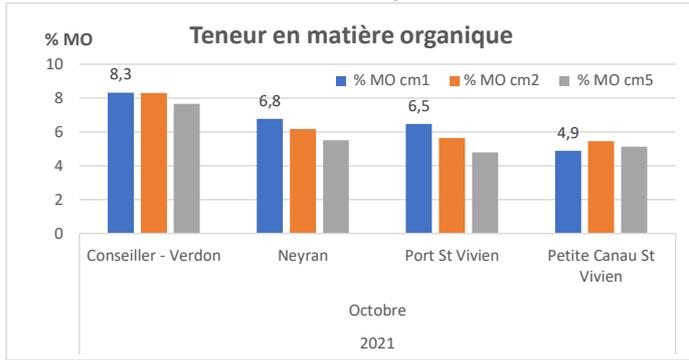


Figure 14 : Paramètres de l’eau mesurés lors des prélèvements (salinité, température et oxygène dissous).

3.2. Les caractéristiques du sédiment en 2021



Les sols des bassins du médoc sont assez pauvres en matière organique, caractérisé en « Type 1⁶ », catégorie de sol ayant entre 6 et 9% de matière organique⁷.

Figure 15 : Teneur en matière organique du sol (%) des bassins dans le 1^{er} cm, le 2^{ème} cm et le 5^{ème} cm.

Les teneurs en matière organique diminuent du Nord vers le Sud :

- Le site le plus riche en matière organique est celui situé au plus près de l'embouchure de la Gironde : Le marais du Conseiller avec 8,3% de matière organique dans le 1^{er} cm.
- Le secteur le moins riche se situe sur St Vivien-du-Médoc, sur le site de la Petite Canau avec moins de 5 % de matière organique.

Le préférendum des ruppias se situe dans les sols pauvres, entre 3 et 10% de matière organique.

3.3. Les densités de graines en 2021 et leur évolution

Site du marais du Conseiller :

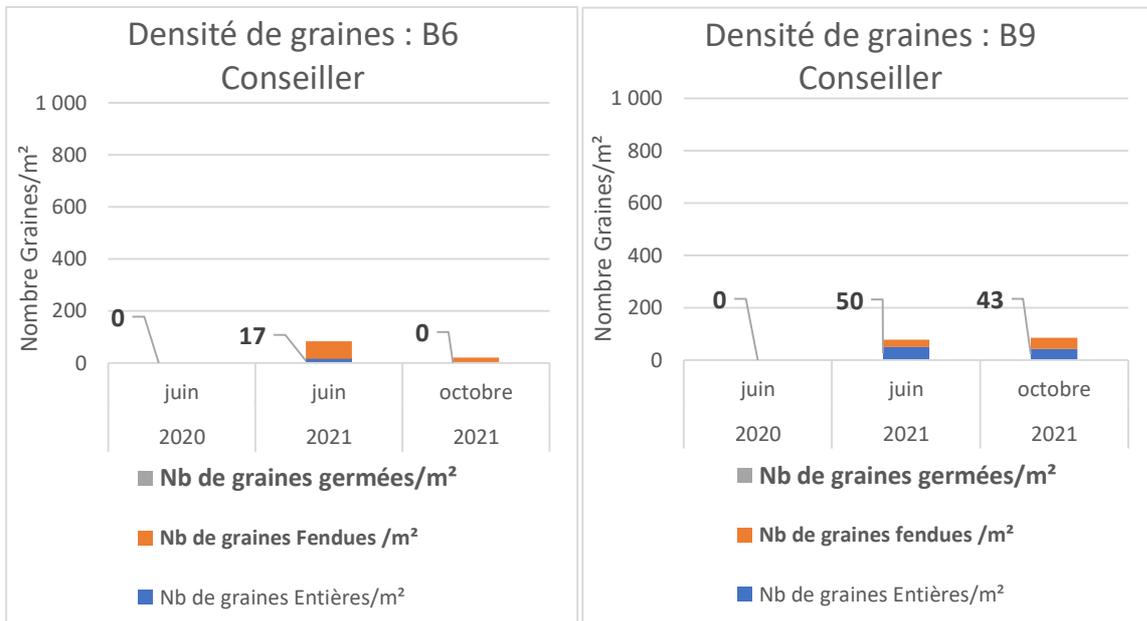


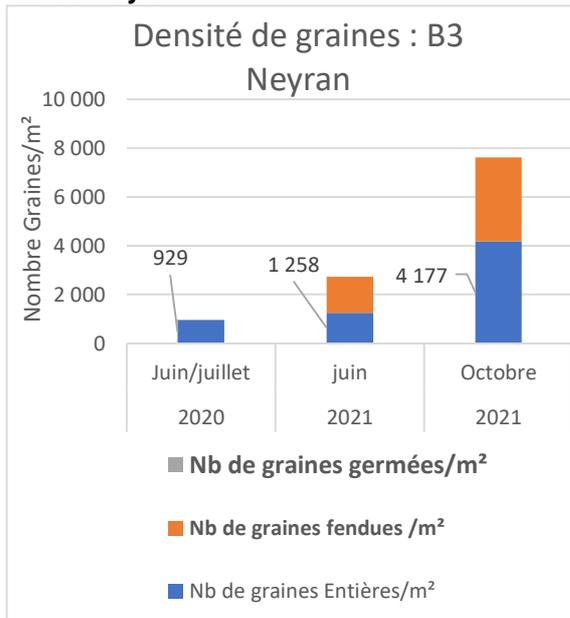
Figure 16 : Densité de graines (nombre/m²) dans le sédiment (graines entières, graines fendues et graines germées) sur le site du Conseiller.

Dans les 2 bassins suivis en 2021, la quantité de graines dénombrées est faible, mais en légère augmentation par rapport à 2020, où aucune graine n'avait été observées dans les échantillons prélevés.

⁶ Voir les 3 types de sédiments en Annexe.

⁷ Hussenot J. 1987 ; Ifremer ; Intérêt de l'étude de la matière organique du sédiment superficiel dans les élevages marins semi-intensifs en bassins de terre de *Penaeus japonicus*.

Site de Neyran :

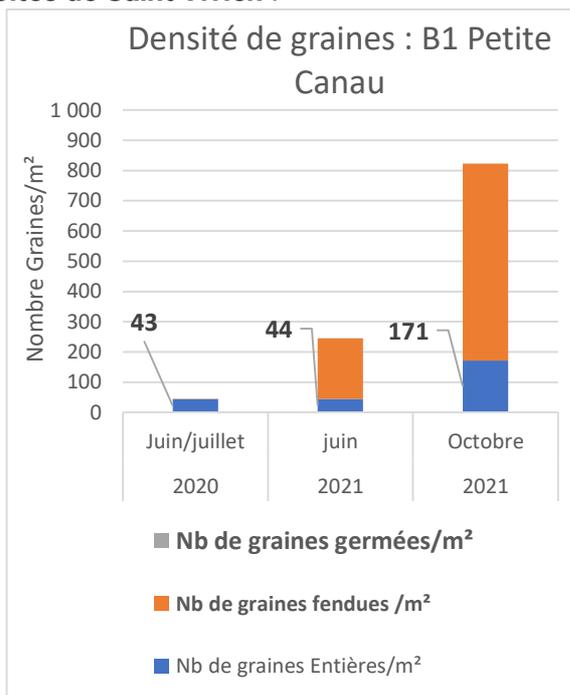


La quantité de graines observées en 2021 dans le bassin de référence de Neyran (B3) est élevée, et en augmentation par rapport à 2020, jusqu'à près de 4000 graines entières / m² (potentiellement germables) en octobre 2021.

C'est le site le plus dense en graines de ruppia.

Figure 17: Densité de graines (nombre/m²) dans le sédiment (graines entières, graines fendues et graines germées) sur le site de Neyran.

Sites de Saint Vivien :



La quantité de graines entières (potentiellement germables) était similaire en début d'été 2020 et début d'été 2021 (<50 graines/m²).

Cette densité a triplée en octobre 2021 (171 graines entières /m²).

Une quantité très importante de graines fendues (ayant déjà germé) a été observée en juin 2021 (200 graines fendues/m²) et en octobre où elle a triplé (652 graines fendues/m²).

Figure 18: Densité de graines (nombre/m²) dans le sédiment (graines entières, graines fendues et graines germées) sur le site de La Petite Canau.

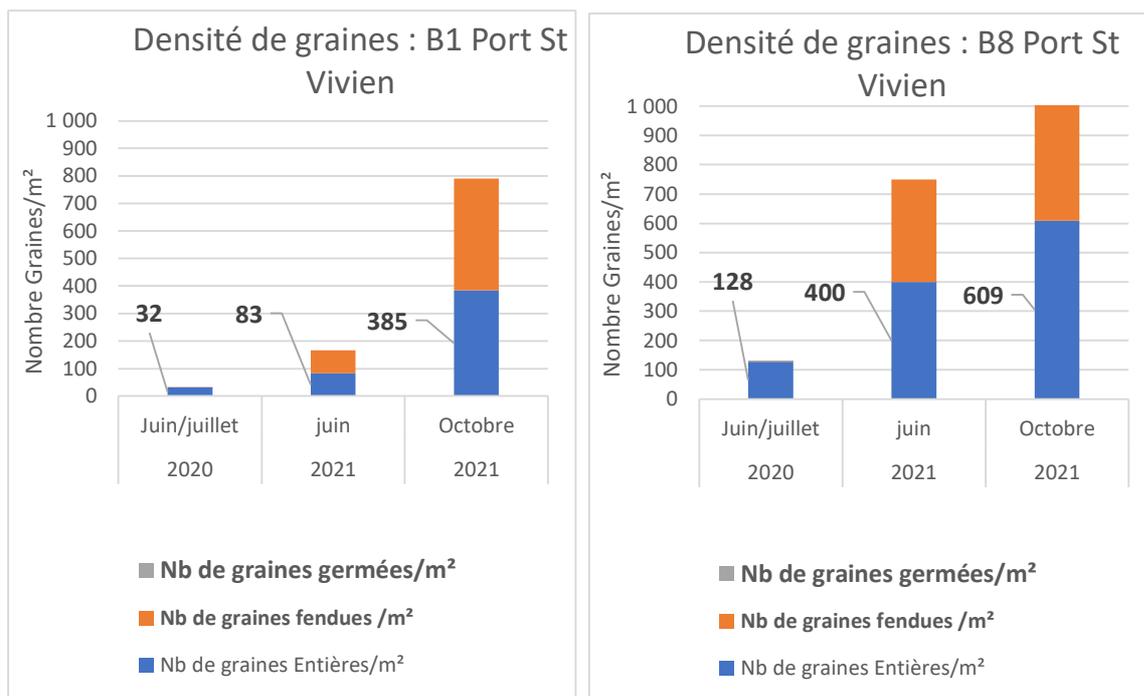


Figure 19 : Densité de graines (nombre/m²) dans le sédiment (graines entières, graines fendues et graines germées) sur le site du port de St Vivien.

Sur le site du port de St Vivien-du-Médoc, la densité de graines a fortement augmenté entre 2020 et 2021.

Dans le bassin B1 :

En début d'été, la densité de graines entières était inférieure à 100 graines/m², alors qu'en octobre, la densité est passée à 385 graines entières/m².

Le nombre de graines fendues, ayant déjà germé, a également fortement augmenté durant l'été 2021 (406 graines fendues/m² en octobre 2021).

Dans le bassin B8 :

L'augmentation de la densité de graines a été encore plus forte avec des densités de début d'été qui ont triplé entre 2020 et 2021, malgré les assecs du bassin.

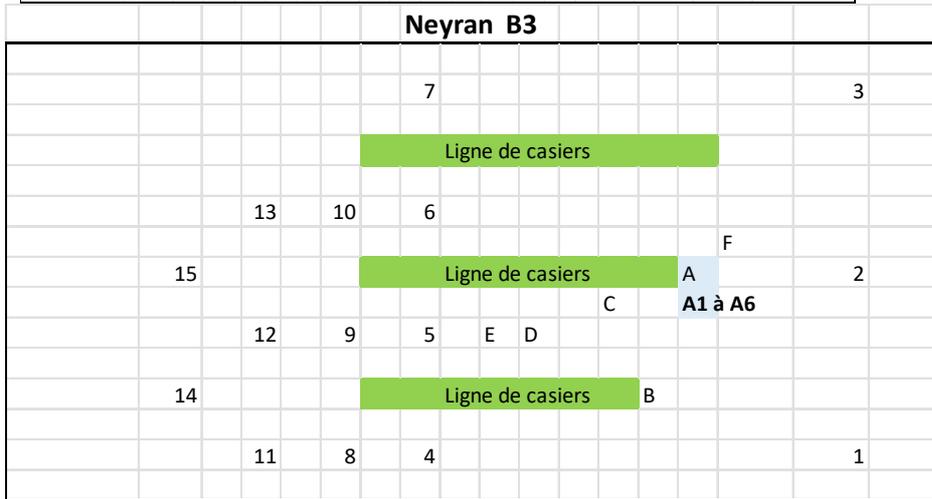
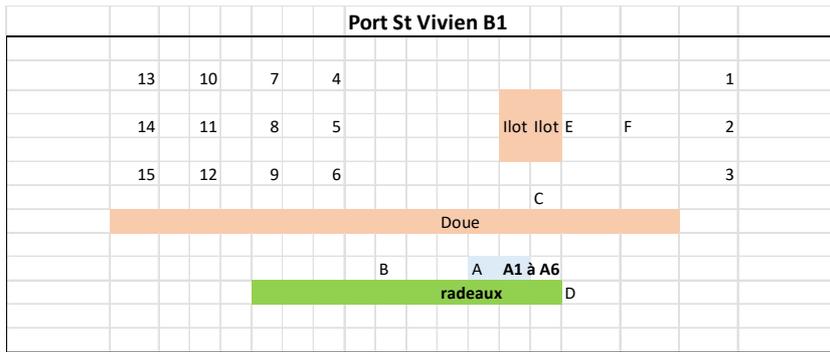
La densité de graines observées en début d'automne était également en augmentation. On peut noter que les graines déjà germées représentent près de la moitié de la totalité des graines observées.

4. Discussion sur les résultats 2021

L'augmentation de la densité de graines dans les prélèvements des sites de Neyran et de Saint-Vivien-du-Médoc a suscité beaucoup d'interrogations. Malgré la gestion des assecs sur ces bassins, il semble que le phénomène se soit amplifié sur l'année 2021.

Les conditions environnementales, similaires à celles de 2020, montrent qu'elles se situent dans le préférendum de développement des ruppias. Ainsi le principal levier à disposition des professionnels est celui de la gestion des bassins et de leurs assecs, sur le long terme.

Ainsi lors de la réunion technique du printemps 2021, il a été décidé de se focaliser en 2022 sur seulement 2 sites (Neyran et Le Port de St Vivien) et de réaliser un plus grand nombre de prélèvements afin de mieux caractériser les bassins suivis.



2. Les conditions de milieu en 2022

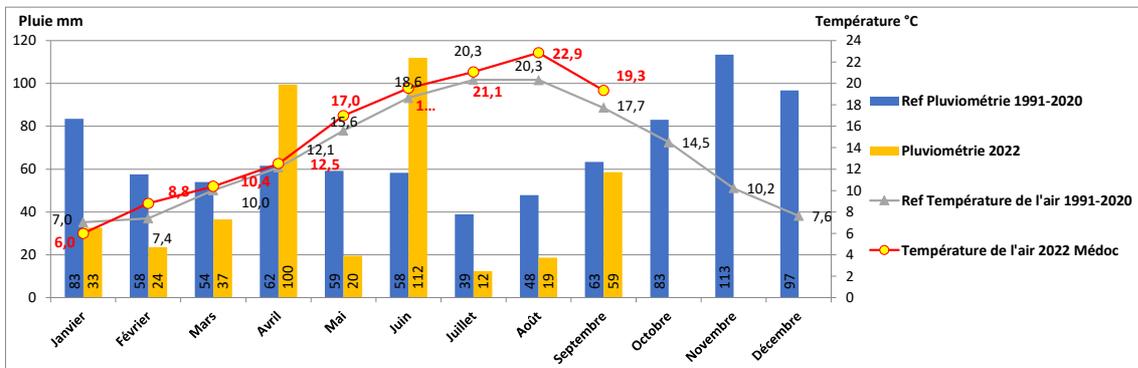


Figure 20 : Pluviométrie et température de l'air dans le Médoc en 2022, comparées aux moyennes mensuelles sur 30 ans, source des données : Météo-France, station de Montalivet.

L'Année 2022 se caractérise par une température élevée, au-dessus des normales de saison sur l'ensemble des mois, et par un déficit hydrique important sauf en avril et juin.

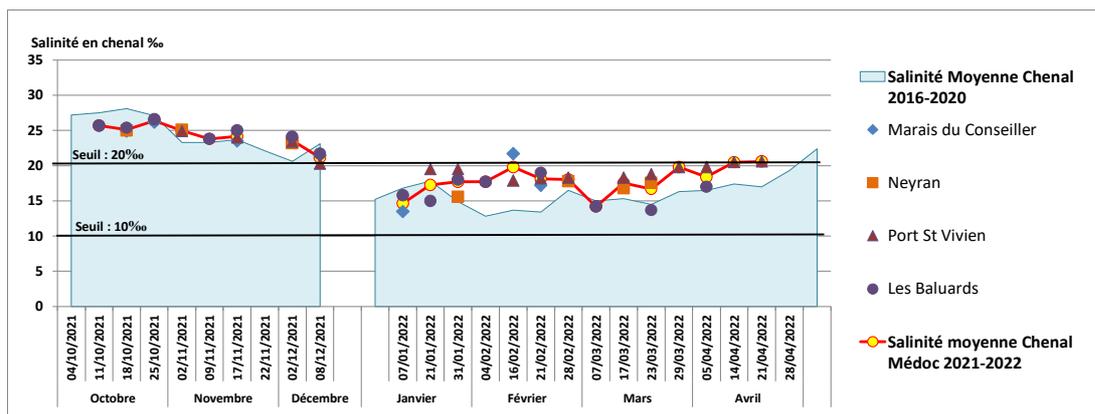


Figure 21 : Evolution de la salinité durant la saison conchylicole 2021-2022 (octobre 2021 à avril 2022) ; sources Réseau conchylicole en marais salé en Médoc, CAPENA, 2021-2022).

Les conditions climatiques 2022 se traduisent par une salinité de l'eau au-dessus des normales de saison pour les marais du Médoc, sans dépasser 20 ‰ au printemps, en lien la pluviométrie importante du mois d'avril.

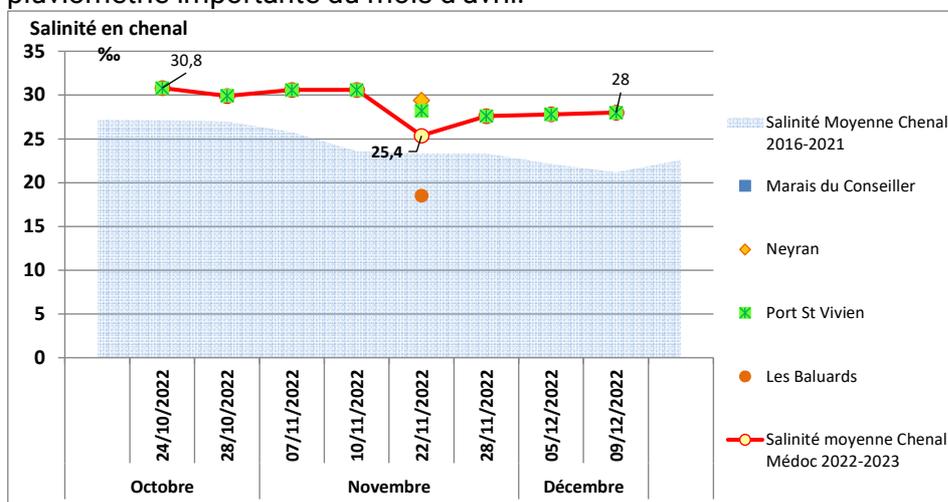
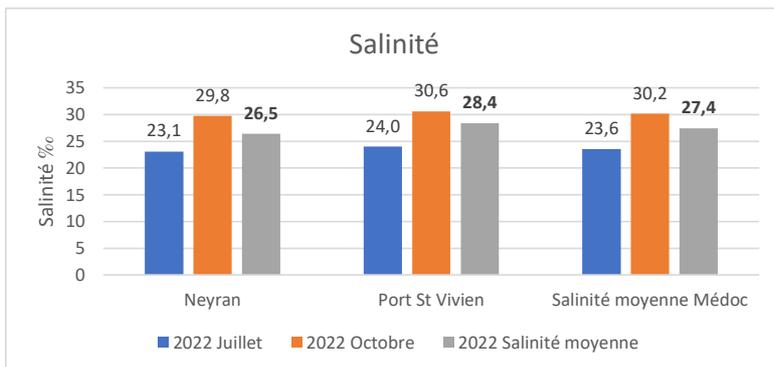


Figure 22 Evolution de la salinité durant la saison conchylicole 2022-2023 ; sources Réseau conchylicole en marais salé en Médoc, CAPENA, 2022).

A l'issue de l'été, la salinité de l'eau est restée élevée (proche de 30‰) suite à la canicule et la sécheresse estivale.

Lors des prélèvements, les paramètres de l'eau ont été relevés.



En 2022, la salinité est passée de 23,6‰ en juin à 30,2‰ en octobre.

La température de juillet était aussi plus élevée qu'en 2021 avec 24,5°C.

Comme en 2021, les teneurs en oxygène dissous étaient toutes élevées, au-dessus de 80% de saturation dans l'eau.

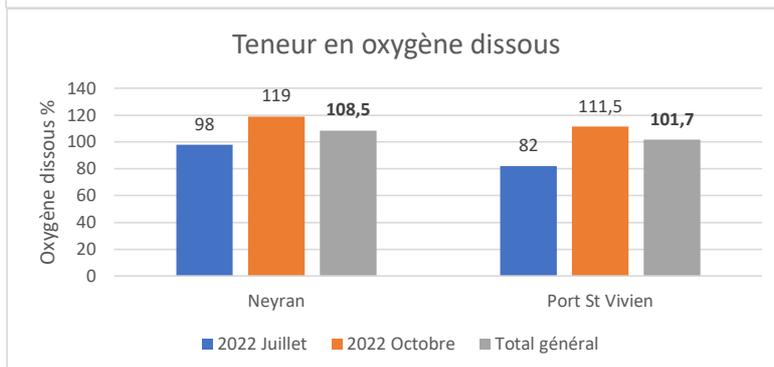
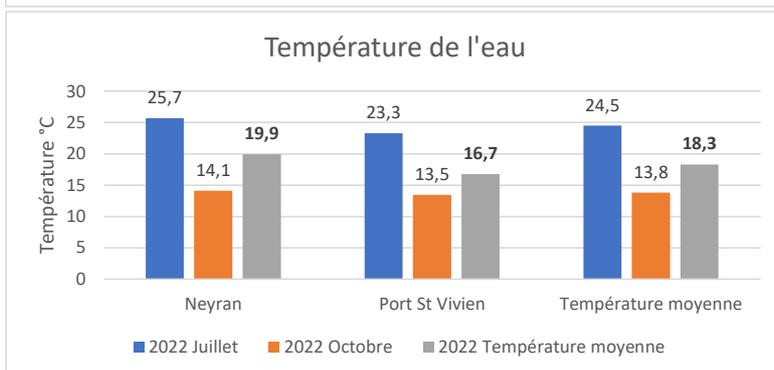


Figure 23 : Paramètres de l'eau mesurés lors des prélèvements (salinité, température et oxygène dissous).

3. Caractéristiques des sédiments

3.1. Le teneur en matière organique du sol

La teneur en matière organique a été mesurée sur les 3 strates : 1^{er} cm, 2^{ème} cm et 5^{ème} cm.

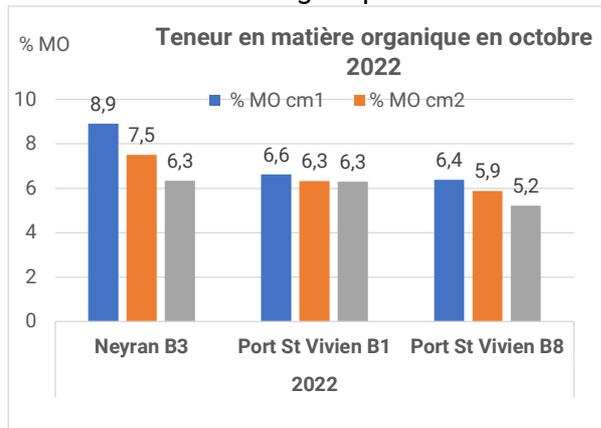
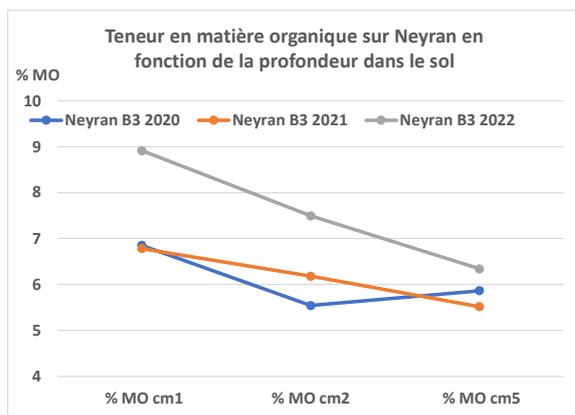
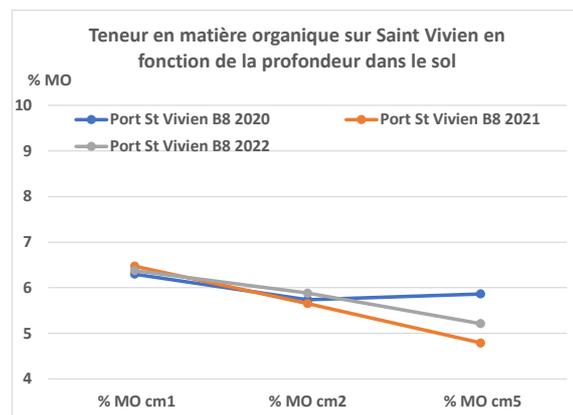


Figure 24: Teneurs en matière organique (% MO) dans les bassins suivis en 2022, sur Neyran (B3) et Saint Vivien du Médoc (B1 et B8).

Comme en 2021, Neyran a un sol plus riche en matière organique que les bassins de Saint Vivien du Médoc.



a)



b)

Figure 25 : Evolution de la teneur en matière organique (% MO) dans les 2 bassins suivis de 2020 à 2022 : a) Neyran

Sur Neyran (Figure 25 a), le sédiment s'est enrichi en matière organique entre 2021 et 2022, en passant de 6,8% en octobre 2021 à 8,9% en octobre 2022 sur le 1^{er} cm. Ce bassin a eu de faibles assècs, ce qui favorise l'enrichissement du sol.

La zone la plus riche est le 1^{er} cm, avec un écart assez important : -1,4% entre le 1^{er} et le 2^{ème} cm et -2,6% entre le 1^{er} cm et le 5^{ème} cm.

Sur St Vivien, la teneur en matière organique est similaire entre 2020, 2021 et 2022, avec seulement 6,4% en surface et une baisse de seulement 0,5% de matière organique en descendant sur le 2^{ème} cm, et à nouveau -0,5% sur le 5^{ème} cm. Il s'agit d'un sol très pauvre en matière organique sur l'ensemble de la strate suivie.

Nous sommes toujours dans des sédiments de Type 1⁸, teneurs comprises entre 5 et 9%, c'est-à-dire des sédiments pauvres en matière organique (voir annexe p. 47).

3.2. La composition en éléments inorganiques du sol

Des analyses de sol ont été réalisées afin de mieux connaître la composition en éléments inorganiques du sédiment : Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K) et Fer (Fe).

		2021				2022		
	unité	Conseiller B6	Neyran B3	Port St Vivien B8	Port St Vivien B1	Neyran B3	Port St Vivien B8	Port St Vivien B1
Azote (N)	g/kg PS*	1,9	1,4	1,8	1,2	2,5	1,7	1,8
Phosphore (P)	g/kg PS*	0,592	0,483	0,395	0,51	0,658	0,655	0,762
Potassium (K)	g/kg PS*	10	8,8	9	7,6	7,4	7,3	7,1
Fer (Fe)	mg/kg PS*	44000	42100	42000	40100	20500	20700	20900
N/P/K		1/0,3/3	1/0,4/6,3	1/0,2/5	1/0,4/6,3	1/0,3/3	1/0,4/4,3	1/0,4/3,9

*PS : poids sec Analyse par le laboratoire Qualyse (La Rochelle).

Figure 26 : Analyses de sols en 2021 et 2022 pour les éléments inorganiques (Azote (N^o), Phosphore (P), Potassium (K) et Fer (fe)).

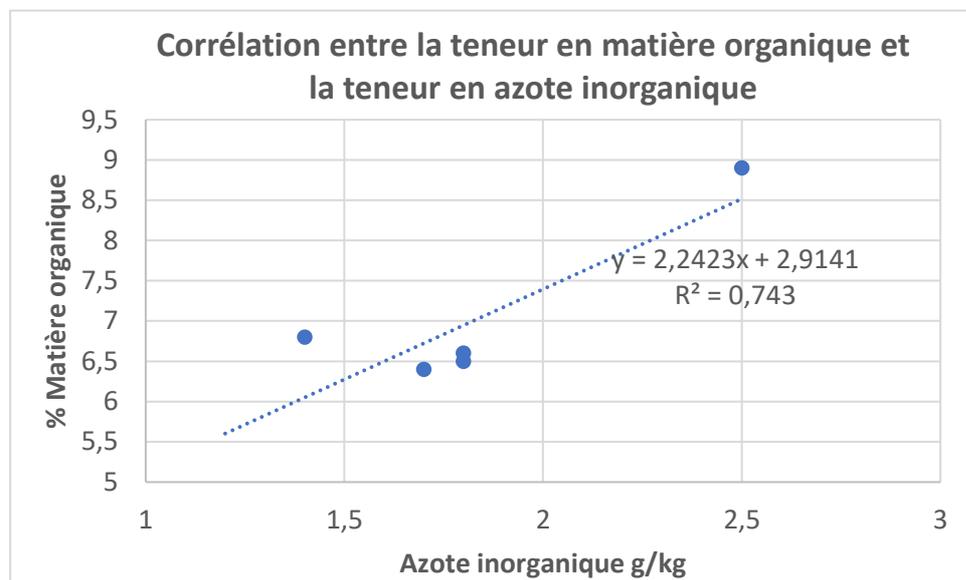


Figure 27 : Corrélation entre la teneur en azote inorganique et la teneur en matière organique dans les sédiments.

La corrélation entre la teneur en azote inorganique et la teneur en matière organique est relativement élevée ($R^2 = 0,74$).

L'azote inorganique a augmenté sur Neyran entre 2021 et 2022, ce qui a pu être observé au niveau de la teneur en matière organique.

Sur Saint Vivien-du-Médoc, la teneur en azote inorganique a augmenté sur le bassin B1 et est restée stable sur le bassin B8. Sur ce dernier, la teneur en matière organique mesurée par CAPENA est également restée stable.

Les teneurs en phosphore sont assez proches dans tous les prélèvements sur une même année (de 0,4 à 0,5 g/kg en 2021, et de 0,65 à 0,76 g/kg en 2022) et montrent une augmentation en entre 2021 et 2022.

⁸ Classification des types de profils sédimentaires selon leur richesse en matière organique des marais aquacoles de la Côte Atlantique définis dans le cadre de l'élevage de crevettes impériales *Penaeus japonicus* (Hussenot, 1987). (Détails en annexe p. 38).

Les teneurs en potassium et en fer, également proches sur tous les sites sur une même année, montrent une baisse entre 2021 et 2022.

Comme décrit dans l'étude bibliographique préliminaire réalisée en 2018⁹, les besoins en azote et phosphore favorisant le développement des ruppias sont respectivement des teneurs allant jusqu'à 4,7 mg d'N/g et 20,5 mg de P/Kg (Neel *et al*, 1973¹⁰).

Dans les marais du Médoc, les teneurs en azote comprises entre 1,2 et 2,5 g/kg de sédiment (ou mg/g), se situent dans la fourchette favorable aux ruppias.

Le phosphore (P) est un facteur de croissance des plantes. Les valeurs seuil préconisées pour les cultures classiques sont de 0,1 à 0,3 g/kg¹¹. Il peut favoriser l'assimilation de l'azote par la plante. En cas de déficit, la nutrition azotée peut être bloquée.

Les teneurs en phosphore dans le Médoc, situées entre 0,4 et 0,7 g/kg de sédiment (soit 400 et 700 mg/kg) sont plus importantes que celles décrites par Neels en 1973. Mais en 1991, Kantrud¹² décrivait des substrats à ruppia très riches en phosphore, dans la gamme de 270 à 320 mg/kg (0,27 et 0,32 g/kg). Ainsi les fortes teneurs en phosphore peuvent être favorables au développement du ruppia.

Le rapport N/P favorable au phytoplancton doit être proche de 10/1¹³.

Dans le cas de notre suivi, les rapports N/P observés dans les sédiments du Médoc sont de l'ordre de 1/0.2 à 1/0.4, (ou 10/2 à 10/4), ce qui montre un déséquilibre en faveur du phosphore, qui pourrait favoriser le développement des ruppias au détriment du phytoplancton.

Le potassium (K) est utile pour amener les nitrates des racines aux feuilles par l'intermédiaire de la synthèse des protéines. Les valeurs seuils préconisées sont 0,16 à 0,28 g/kg, pour des cultures classiques.

Pour le potassium (K), Kantrud annonce une gamme favorable aux ruppias située entre 30 et 510 g/kg de sédiment. Les teneurs mesurées dans le Médoc sont en dessous de cette gamme de valeurs (7 à 10 mg/kg ou 0,07 à 0,1 g/kg), ce qui situe ces valeurs proches du seuil minimale préconisé en agronomie classique. Il n'est donc certainement pas limitant pour le développement des ruppias.

Le fer a été peu cité dans les publications étudiées lors de l'étude bibliographique de 2008.

⁹ Gomez Loic, 2018 ; Rapport de stage : Etude du développement des ruppias dans les marais médocains ; CAPENA.

¹⁰ Neel, J. K., Peterson, S. A., & Smith, W. L. (1973). Weed harvest and lake nutrient dynamics. US Government Printing Office.

¹¹ Bouquet AL., Schneider D., 2008; Amélioration phytotechnique de la culture de salicornes. Impact des paramètres hydrologiques et pédologiques sur la production de salicornes des marais charentais. CREA.

¹² Kantrud, H. A. (1991). Wigeongrass (*Ruppia maritima*).

¹³ Hussenot J., 1995 ; Bouquet AL., 1996.

4. Caractéristiques des graines et potentialité de germination

Dans les prélèvements sont observées des graines entières et des graines fendues. Parfois quelques graines avec le germe en cours de développement ont été observées, mais de façon anecdotique.

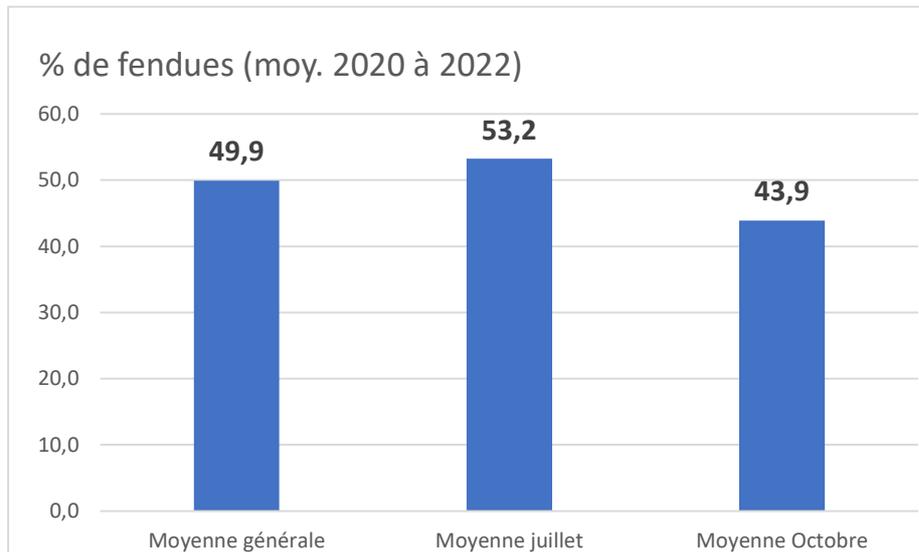


Figure 28 : Proportion de graines entières et fendues observées dans les prélèvements de sédiment, de 2020 à 2022.

50% des graines sont ouvertes. Elles ont libéré leur tégument lors de la germination. En juillet, on observe plus de graines ayant déjà germé (53% de fendues) qu'en octobre (44% de fendues). Les plantes produisent des graines jusqu'en fin d'été (d'avril à septembre).

Tests germination sur les graines entières et fendues :

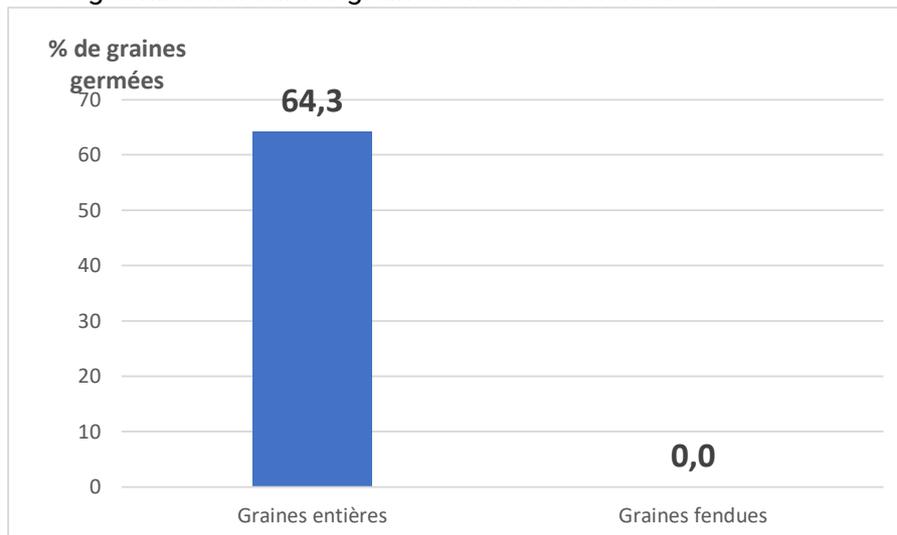
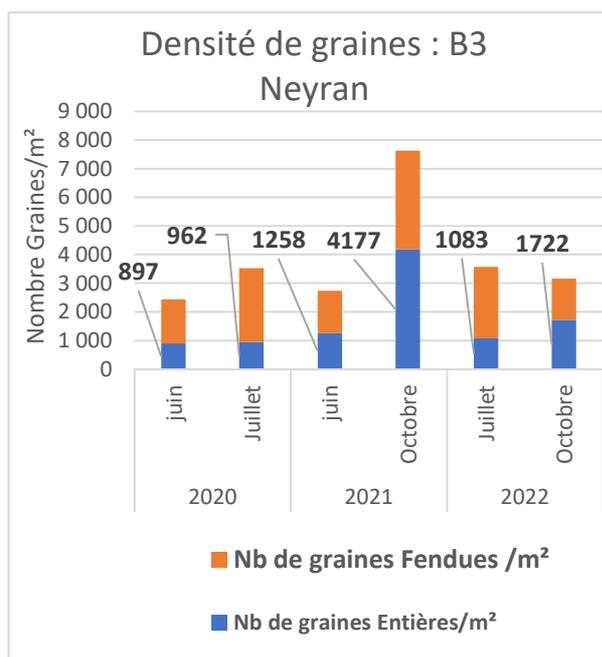


Figure 29 : Tests de germination durant 17 jours sur des graines entières et des graines fendues.

Seules les graines entières ont germé. Ces tests de germination valident le fait que les graines fendues n'ont plus de pouvoir germinatif.

Seules les graines entières sont à prendre en compte pour les futures implantations de plantules.

5.2. Site de Neyran :



Sur Neyran, la densité de graines est restée relativement élevée, entre 1000 et 1700 graines entières /m².

Figure 31 : Evolution des densités de graines de ruppia sur Neyran de 2020 à 2022.

Les assecs ont été relativement courts à la fin du printemps (avril) et fin d'été (septembre), afin de permettre le maintien du cycle de production de l'entreprise. Ceci ne permet pas de détruire les plantules en cours de germination et donc d'éliminer les graines stockées dans le sédiment.

		Nb de graines Entières/m ²	Nb de graines fendues /m ²	% Fendues
2020	juin	897	1538	63,2
	Juillet	962	2564	72,7
2021	juin	1258	1475	54,0
	Octobre	4177	3451	45,2
2022	Juillet	1083	2491	69,7
	Octobre	1722	1435	45,5
Total général		1936	2214	53,4

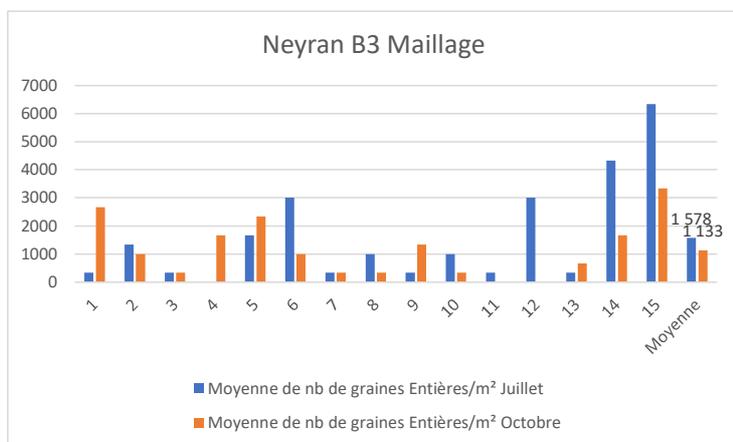
Près des 2/3 des graines observées en juillet ont déjà germé (73 % en 2020, 54% en 2021 et 70% en 2022).

En octobre, la proportion est plus près de la moitié ayant déjà germé (45% en 2021 et 45,5 % en 2022).

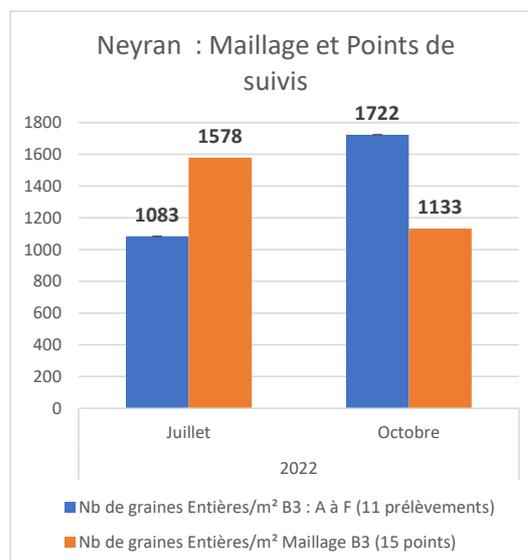
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septemb	Octobre	Novembr	Décembr
B3	En eau tout l'hiver et printemps			En eau en continue								
				Assec court 3 semaines			Assec court 3 semaines					
Commentaires : sol dur et présence de ruppia												

Figure 32 : Schématisation de la gestion des assecs sur le site de Neyran.

L'étude de la répartition géographique des graines a été réalisée par un maillage de 15 prélèvements répartis dans l'ensemble du bassin, comparé aux suivis sur les 11 points de suivi pluriannuel¹⁴.



a.



b.

		Neyran			
		Nb de graines Entières/m ²	Nb de graines Entières/m ²		
		B3 : A à F (11 prélèvements)	Maillage B3 (15 points)	ecart type A F	Ecart type maillage
2022	Juillet	1083	1578	444	1828
	Octobre	1722	1133	1084	1022
Différence significative entre juillet et octobre					
test T (seuil 5%)		0,139	0,418		
		>0,05	>0,05		
Diff.		Non	Non		

c.

Figure 33 : Répartition des densités de graines dans le bassin B3, sur Neyran, en 2022 (a. Maillage de 15 points de prélèvements; b. densité moyenne sur les points pluriannuels et les points de maillage; c. comparaison des résultats).

Sur l'échelle du bassin entier, le grand nombre de prélèvements montre une densité de graines homogène.

Et il n'y a pas de différence significative de densité entre juillet et octobre 2022.

¹⁴ Voir les plans de répartition des points de prélèvement p. 19.

5.3. Site du Port de St Vivien

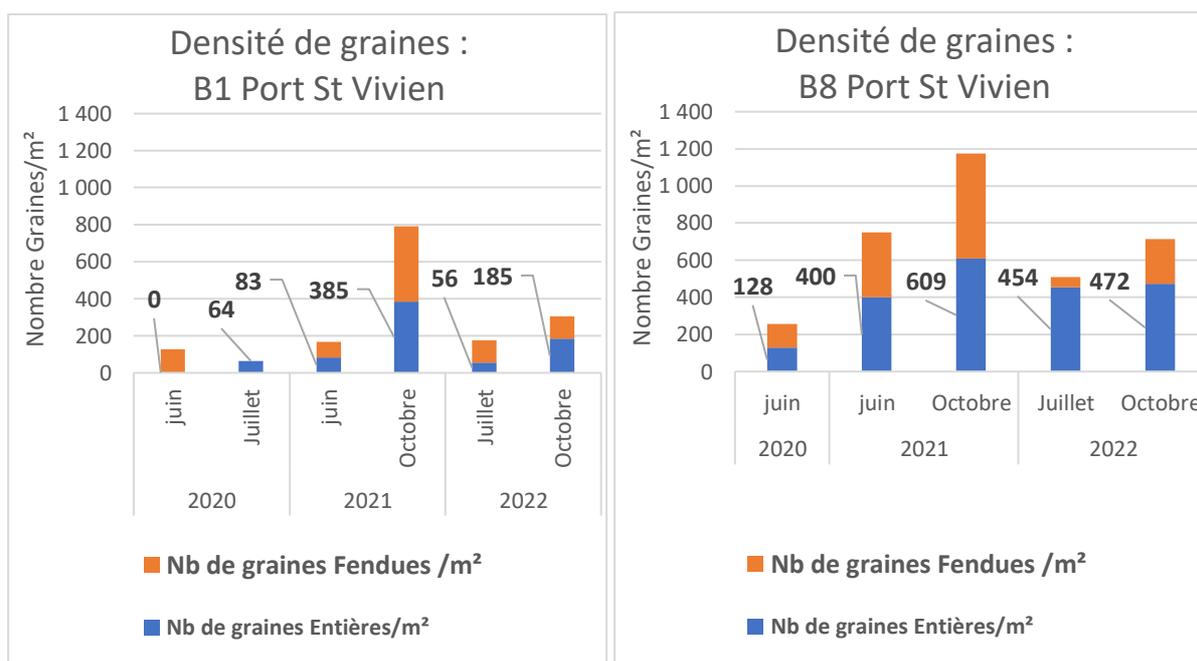


Figure 34 : Evolution des densités de graines de ruppia sur St Vivien-du-Médoc de 2020 à 2022.

Port St Vivien		B1		
		Nb de graines Entières/m²	Nb de graines Fendues /m²	% Fendues
2020	juin	0	128	100,0
	Juillet	64	0	0,0
2021	juin	83	83	50,0
	Octobre	385	406	51,4
2022	Juillet	56	120	68,4
	Octobre	185	120	39,4
Total général		162	167	50,7

Port St Vivien		B8		
		Nb de graines Entières/m²	Nb de graines Fendues /m²	% Fendues
2020	juin	128,2051282	128,2051282	50,0
	juin	400	350	46,7
2021	juin	400	350	46,7
	Octobre	608,974359	566,2393162	48,2
2022	Juillet	453,7037037	55,55555556	10,9
	Octobre	472,2222222	240,7407407	33,8
Total général		444,2228553	283,6973726	39,0

Sur le site du port de St Vivien-du-Médoc, la densité de graines entière dans B1 est redescendue en juillet 2022 à une faible densité (56 graines entières/m²) et 120 graines fendues/m², soit 68% de graines ayant déjà germé.

En octobre, la densité est plus importante (185 graines entières/m²) tout en restant dans des proportions assez faibles, et 120 graines fendues /m², soit 40% de graines ayant germé.

A l'inverse, dans B8, la densité de graines entière est plus élevée, du même ordre de grandeur qu'en 2021, avec 454 graines entières/m² en juillet et 472 graines entières/m² en octobre. La proportion de graines fendues y est plus faible que sur les autres bassins (de 10 à 50%).

Le bassin B1 a eu des assecs plus importants que B8,

Cycle des assecs :

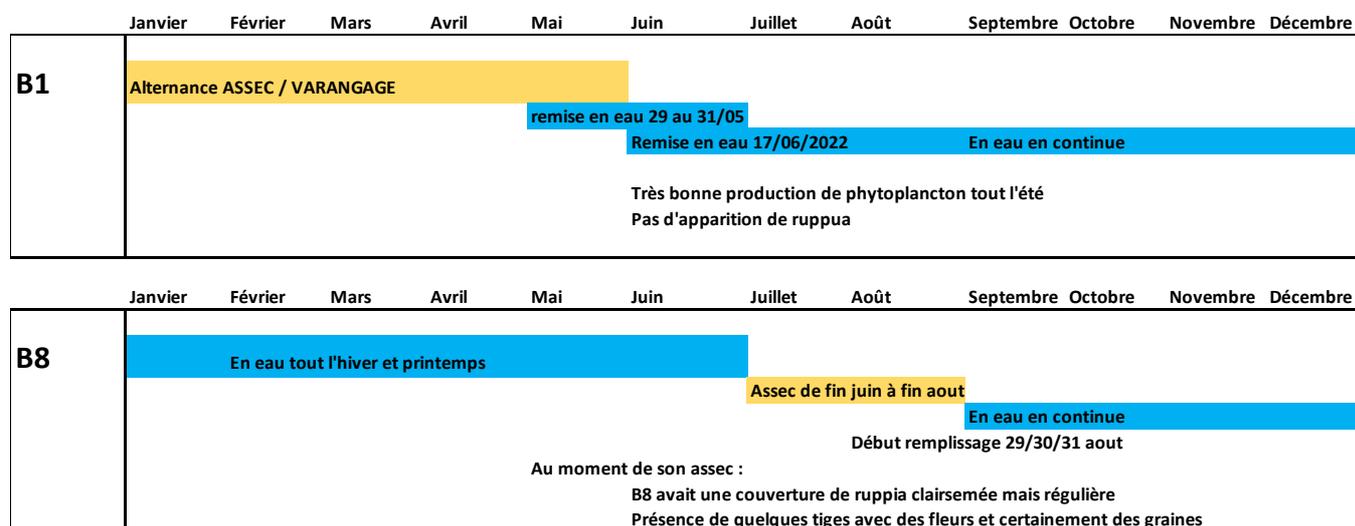


Figure 35 : Schématisation de la gestion des assecs sur le site de St Vivien.

Deux gestions différentes ont été pratiquées sur ces deux bassins :

- **Le bassin B1** a eu une gestion plus stricte des assecs, avec alternance d'assecs et de varangage durant minimum 5 mois avant la remise en eau pour l'été.

Cette pratique a eu pour effet de favoriser les germinations des graines dans le sol pendant les varangages, et de détruire les plantules en début de végétation pendant les assecs. Ceci correspond à la pratique des « faux-semis » en agriculture.

- **Le bassin B8** a eu un assec sur une période plus courte que B1, mais un assec continu que l'on peut qualifier d'assec long, et plus violent durant la période estivale (juillet et août).

Lors de l'assec, il a été constaté la présence d'un couvert végétal sur le sol, clairsemé mais régulier sur la surface du bassin, associé à des tiges en fleurs et certainement une production de graines.

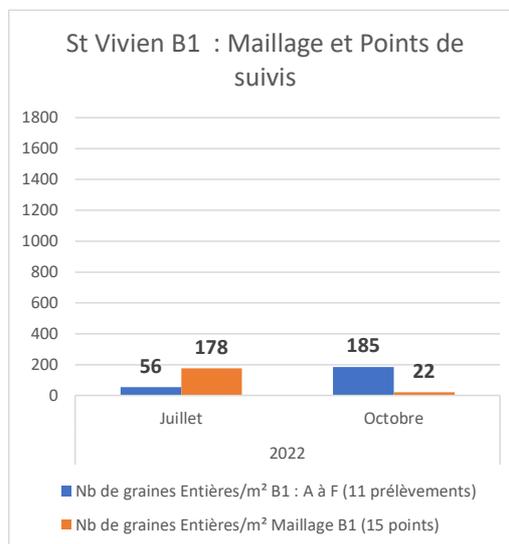
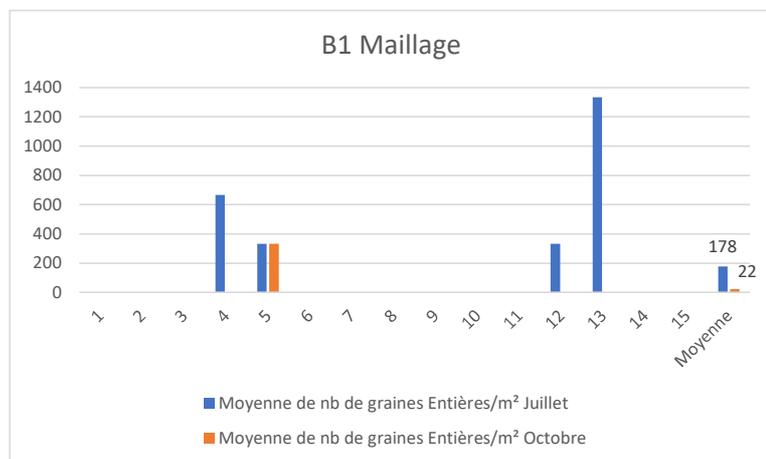
Les ruppias commencent leur cycle de reproduction dès les premières chaleurs, vers le mois d'avril, jusqu'à la fin de l'été.

Ainsi, les plantes ont eu le temps de produire des graines avant la période d'assec. Ces dernières se mettent en dormance dans le sédiment en attendant des conditions favorables pour germer ultérieurement.

Ceci peut expliquer la présence plus importante de graines dans le bassin B8, avec une densité du même ordre de grandeur en 2021 et 2022, et un taux de graines fendues plus faible.

Alors que dans B1, la pratique des alternances d'assec et de varangage en période de germination a permis de limiter la végétation et sa montée en fleurs, ainsi que la quantité de pieds restant disponible l'été pour produire des graines.

Répartition géographique des graines par le maillage de 15 prélèvements répartis dans l'ensemble du bassin, comparé aux 11 points correspondant au suivi pluriannuel :



a.

b.

		St Vivien B1			
		Nb de graines Entières/m²	Nb de graines Entières/m²		
		B1 : A à F (11 prélèvements)	Maillage B1 (15 points)	ecart type A F	ecart type maillage
2022	Juillet	56	178	136	375
	Octobre	185	22	167	86
Différence significative entre juillet et octobre					
test T (seuil 5%)		0,172	0,128		
Diff.		Non	Non		

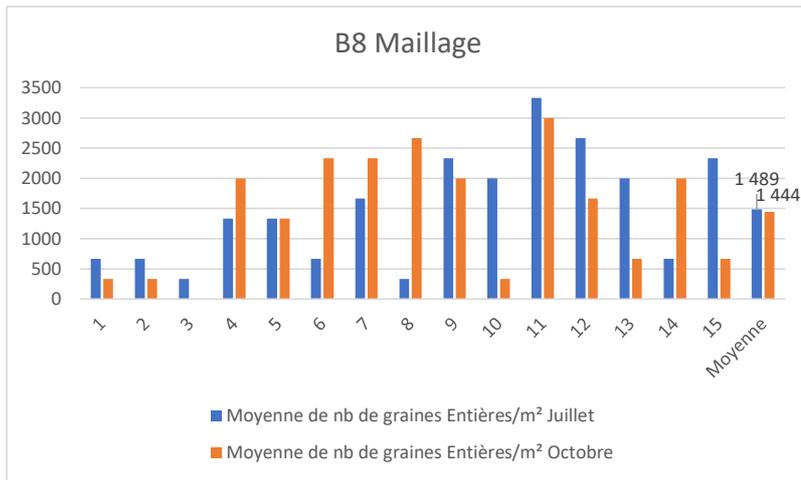
c.

Figure 36 : Répartition des densités de graines dans les bassins B1, sur St Vivien, en 2022 (a. Maillage de 15 points de prélèvements ; b. densité moyenne sur les points pluriannuels et les points de maillage ; c. comparaison des résultats).

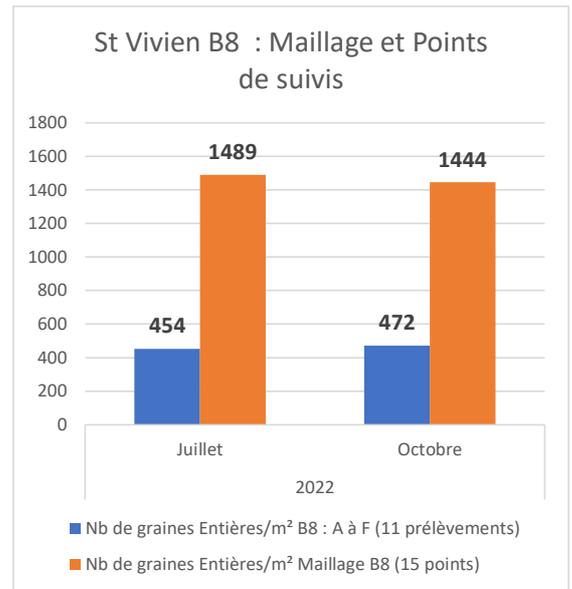
En 2022, il n'est pas constaté de hausse significative de densité de graines entre juillet et octobre sur les prélèvements A à F.

De même, la baisse de densité observée sur le maillage des points entre juillet et octobre n'est pas significative.

Sur B1, les faibles densités de graines sont observées sur la majorité des points du maillage, à part le point n°13, situé sur la zone la plus éloignée de la zone de radeaux.



a.



b.

		St Vivien B8			
		Nb de graines Entières/m²	Nb de graines Entières/m²		
		B8 : A à F (11 prélèvements)	Maillage B8 (15 points)	ecart type A F	Ecart type maillage
2022	Juillet	454	1489	492	933
	Octobre	472	1444	400	981
Différence significative entre juillet et octobre					
test T (seuil 5%)		0,944	0,899		
Diff.		>0,05	>0,05		
		Non	Non		

c.

Figure 37 : Répartition des densités de graines dans les bassins B8, sur St Vivien, en 2022 (a. Maillage de 15 points de prélèvements ; b. densité moyenne sur les points pluriannuels et les points de maillage ; c. comparaison des résultats).

Les densités de graines dans B8 sont restées du même ordre de grandeur entre juillet et octobre 2022. Elles ne présentent pas de différence significative.

La répartition des graines dans le bassin est relativement homogène dans le milieu du bassin, et plus élevée vers le fond du bassin (points 11 et 12), le plus éloigné de la zone de radeaux.

6. Evolution des densités de graines de 2020 à 2022

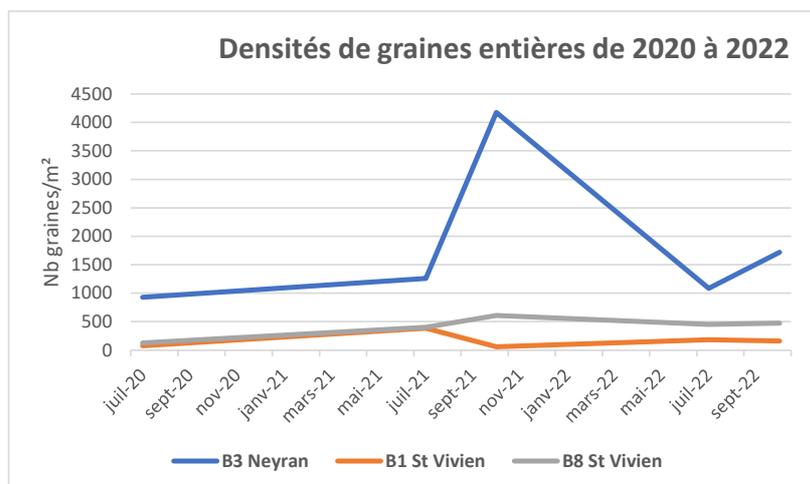


Figure 38 : évolution des densités de graines entières observées de 2020 à 2022.

Les densités de graines entières ont présenté un pic en octobre 2021, et sont redescendues en 2022 à des densités proches de celles de 2020.

6.1. L'évolution des densités de graines entières sur Neyran

Densités de Graines entières à Neyran (B3) :

Site	Bassin	n° echt prélevé	2020		2021		2022		Moyenne		
			Juillet		Juillet	Octobre	Juillet	Octobre			
Neyran	B3	1	897		850		6 026	1 833	2 333	2 388	
		2	1 026		150		5 897	667	1 333	1 815	
		3	897		250		4 744	1 333	3 667	2 178	
		4			150		3 141	1 000	1 000	1 323	
		5				4 700		4 038	667	1 000	2 601
		6				1 450		1 218	1 000	1 000	1 167
		Moyenne	962		1 258		4 177	1 083	1 722	1 936	

	juil-20	juil-21
Moyenne	962	1 083
test t	0,7713878	
	> 0,05	
Diff.	NON	

	oct-21	oct-22
Moyenne	4 177	1 722
test t	0,0175433	
	< 0,05	
Diff.	OUI	En baisse

	juil-21	oct-21
Moyenne	1 258	4 177
test t	0,0492797	
	< 0,05	
Diff.	OUI	En hausse

	juil-21	juil-22
Moyenne	1 258	1 083
test t	0,83639605	
	> 0,05	
Diff.	NON	

	oct-21	juil-22
Moyenne	4 177	1 083
test t	0,00731159	
	> 0,05	
Diff.	OUI	En baisse

	juil-20	juil-22
Moyenne	-	-
test t	0,46503037	
	> 0,05	
Diff.	NON	

	juil-22	oct-22
Moyenne	1 083	1 722
test t	0,13262487	
	> 0,05	
Diff.	NON	

Figure 39 : Analyse de l'évolution des densités de graines entières par test de Student au seuil de 5%, de 2020 à 2022, sur Neyran.

L'évolution de la densité de graines entières a été significativement en hausse en 2021 (entre juillet et octobre).

Elle est redescendue significativement en 2022, à la densité observée en 2020, autour de 1000 graines / m², et est restée stable sur cette dernière année (différence non significative de juillet à octobre 2022).

De juillet 2020 à juillet 2022, la densité est similaire (différence non significative).

6.2. L'évolution des densités de graines entières sur le port de St Vivien

Densités de Graines entières à St Vivien B1								
Site	Bassin	n° echant prélevé	2020 Juillet	2021 Juillet	Octobre	2022 Juillet	Octobre	Moyenne
St Vivien	B1	1	0	0	64	0	111	35
		2	0	0	192	0	0	38
		3	128	0	0	0	333	92
		4		300	321	0	333	238
		5		100	1 474	333	333	560
		6		100	256	0	0	89
Moyenne			43	83	385	56	185	176

	juil-20	juil-21
Moyenne	43	56
test t	0,60629448 > 0,05	
Diff.	NON	

	oct-21	oct-22
Moyenne	385	185
test t	0,41304373 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-21	oct-21
Moyenne	83	385
test t	0,22334821 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-21	juil-22
Moyenne	83	56
test t	0,71046093 > 0,05	
Diff.	NON	

	oct-21	juil-22
Moyenne	385	56
test t	0,1098665 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-20	juil-22
Moyenne	-	-
test t	0,42264973 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-22	oct-22
Moyenne	56	185
test t	0,1098665 > 0,05	
Diff.	NON	

Figure 40 : Analyse de l'évolution des densités de graines entières par test de Student au seuil de 5%, de 2020 à 2022, sur St Vivien, Bassin B1.

L'évolution de la densité de graines entières est toujours restée non significative. La densité est faible par rapport aux autres bassins et se maintient à cette faible densité. Densités similaires de 2020 à 2022.

Densités de Graines entières à St Vivien B8

Site	Bassin	N° échant prélevé	2020		2021		2022		Moyenne
			Juillet	Octobre	Juillet	Octobre	Juillet	Octobre	
St Vivien	B8	1	0	250	833	56	500	328	
		2	385	100	769	333	1 000	517	
		3	0	550	705	667	0	384	
		4		550	449	333	0	333	
		5		700	577	0	667	486	
		6		250	321	1 333	667	643	
Moyenne			128	400	609	454	472	449	

	juil-20	juil-21
Moyenne	128	454
test t	0,13784253 > 0,05	
Diff.	NON	

	oct-21	oct-22
Moyenne	609	472
test t	0,47025363 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-21	oct-21
Moyenne	400	609
test t	0,19335736 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-21	juil-22
Moyenne	400	454
test t	0,83508888 > 0,05	
Diff.	NON	

	oct-21	juil-22
Moyenne	609	454
test t	0,57600193 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-20	juil-22
Moyenne	-	-
test t	0,42264973 > 0,05	
Diff.	NON	

	juil-22	oct-22
Moyenne	454	472
test t	0,94671368 > 0,05	
Diff.	NON	

Figure 41 : Analyse de l'évolution des densités de graines entières par test de Student au seuil de 5%, de 2020 à 2022, sur St Vivien, Bassin B8.

L'évolution de la densité de graines entières est restée du même ordre de grandeur de 2020 à 2022, sans évolution significative.

La densité plus élevée que dans B1 est globalement restée autour de 500 graines/m².

VI. Discussion - Conclusions

La température de l'eau observée en juillet était entre 21 et 23°C, et celle du mois d'octobre était en moyenne de 17°C en 2022.

La salinité observée lors des prélèvements était comprise entre 19 et 28‰, conditions favorables au développement des ruppias.

Les conditions de milieu dans les marais du Médoc sont favorables au développement des ruppias.

- Salinité basse (optimum 4 à 28‰)
- Température importante (optimum : 10 à 30°C)
- Faible turbidité (sauf Le Conseiller)
- Sol dur : l'épaisseur de vase molle est inférieure à 15 cm sauf sur le site du Conseiller
- Ruppia préfère des sols pauvres en MO (3 à 10%) et riches en sable et argile

Les suivis ont montré que la densité de graines est significativement liée à l'épaisseur de vase molle : plus le sol est mou, moins la densité est élevée.

Les suivis des graines ont montré une hausse des densités de graines en octobre 2021 malgré les assecs réalisés durant l'année, suivi d'une baisse en 2022.

Cette augmentation des densités de graines en 2021 peut s'expliquer par l'adaptabilité de cette plante.

Il faut noter que les *ruppia* **possèdent une aptitude adaptative** en fonction des conditions du milieu (i.e. grande plasticité dans l'allocation des ressources entre la reproduction sexuée et asexuée) (Gesti et al, 2005 ; Brock, 1982 ; Husband et Hickman, 1988).

Ainsi, dans un **environnement stable**, les *ruppias* sont pérennes et développent une stratégie reproductive appelée « K » : elles privilégient la **croissance végétative** avec un **développement plus lent**, une maturité plus tardive et une faible quantité d'énergie allouée à la reproduction sexuée leur permettant de développer un mécanisme de dormance hivernale.

Elles produisent des **turions à l'automne** pouvant **germer dès le printemps** suivant (Rosenzweig et Parker, 2002).

A l'inverse, dans un **milieu éphémère et fluctuant** comme dans la gestion des marais (alternance d'assec et de renouvellement d'eau), le cycle de vie doit être terminé avant que le bassin ne soit asséché. Les parties végétatives meurent, **seules les graines subsistent**. Les *ruppia*, sous forme annuelle, développent alors une stratégie reproductive appelée « r ». Elles mettent en place un **développement rapide**, une maturité précoce ainsi qu'une grande quantité d'énergie allouée à la **reproduction sexuée** (i.e. Taux de floraison, pollinisation et fécondation plus importantes) en **vue de maximiser la production de graines pour recoloniser chaque année leur habitat** (Rosenzweig et Parker, 2002 ; Strazisar et al, 2016).

Ceci peut expliquer une hausse de la densité de graines en 2021.

Les suivis réalisés en juillet et en octobre montrent que les graines observées à l'automne correspondent aux graines produites durant l'été qui se termine, ce qui explique la hausse de graines entières entre juillet et octobre. Les tests de germination ont montré que seules les graines entières sont susceptibles de germer au printemps suivant.

Ainsi un **assec à l'issue de la germination précoce permettra de détruire ces jeunes plantules**.

Les différentes gestions d'assecs testées ont mis en évidence :

- Un **effet favorable des assecs répétés** (2 à 3 périodes d'assecs alternant avec un varangage) **de la fin de l'hiver jusqu'au début de l'été** afin de réaliser l'équivalent de « **faux-semis** », pour détruire les plantules naissantes et limiter le développement des ruppias et leur montée en fleurs.
- **L'absence d'impact** sur la limitation des végétaux pour un **assec court en fin de printemps** et fin d'automne.
- **Une disparition des parties végétatives** avec un **assec estival**, mais ne permettant pas de limiter suffisamment le développement des plantes car celles-ci ont eu le temps de se reproduire au printemps. Ainsi cela **doit être associé à des assecs de printemps pour éviter la production des graines.**

Les résultats des suivis de 2020 à 2022 montrent que la diminution de graines entières n'est pas significative sur 3 ans car la densité présente dans le sol est conséquente.

C'est un phénomène à long terme qui nécessitera plusieurs années de gestion pour minimiser leur présence.

Ainsi, **l'important est de limiter le développement des plantules pour éviter les productions de graines, grâce aux assecs répétés, notamment en fin d'hiver et printemps.**

VII. Fiche technique de gestion des assecs pour limiter le développement de ruppia dans les marais du Médoc

Conditions de développement des ruppias :

<p>Reproduction sexuée par les graines → production abondante</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Germination : Température >10°C pendant 10 jours ⇒ Vernalisation : stimule germination ⇒ Germination : 8 à 30 jours
<p>Reproduction asexuée par les rhizomes → Majoritairement en Juillet/août</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Niveau bas → favorable à la reproduction asexuée ⇒ Détachement des plantes mères ⇒ Fragments flottants en hausse ⇒ Développement du Système racinaire sur les fragments ⇒ Accroche au sol des nouvelles plantules

Ce qu'il faut retenir ...

- Adaptabilité de la plante aux conditions de milieu et d'asecs
 - Milieu stable → Développement végétatif ;
 - Milieu fluctuant (alternance d'assec et renouvellement d'eau) → Développement de graines.
- Corrélation significative entre la densité de graines et l'épaisseur de vase molle : plus le sol est dur, plus la densité est élevée.
- Action des assecs sur le développement des plantes :
 - **Alternance d'asecs et de rentrées d'eau en hiver et au printemps** → Densité plus faible de graines et de plantes.
 - **Assec estival** → Densité modérée et stable de graines, présence de plantes et de fragments végétatifs
 - **Assec court de printemps** → Densité élevée de graines et de plantes

Besoin de gestion répétée des assecs d'hiver et de printemps :

→ **Attention** : les assecs trop long favorisent les sols durs, ce qui limite la productivité des bassins pour les élevages, et favorise l'ancrage des végétaux.

→ **Objectif des assecs** :

- Provoquer des « **Faux-semis** » par la remise en eau,
- **Détruire les plantules** par l'assec.
- **Evolution sur le long terme, sur plusieurs années.**

VIII. Perspectives : proposition de suivi de 2023 à 2025

Les résultats des suivi 2020-2022 permettent de caractériser les sites suivis et d'observer l'impact des différents assecs sur le développement des plantes, mais ne suffisent pas à apporter toutes les des réponses aux questions concernant l'impact des ruppias sur les performances d'élevage et le moyen de limiter leur développement.

⇒ Rappel des questions posées par les professionnels :

- Déterminer l'impact des ruppias sur les performances d'élevage.
- Quel est l'impact sur la macrofaune présente dans les sites ?
- Comparer les sites du Médoc
- Comment limiter le développement des ruppias ?
- Y a-t-il une molécule produite par les ruppias impactant les élevages ?

⇒ Le suivi 2020-2022 a permis de :

- Caractériser les sites et de comparer les 5 secteurs d'élevage.
- Déterminer les espèces de ruppias en présence dans le Médoc :
 - o 2 espèces : *Ruppia maritima* et *Ruppia cirrhosa*, ainsi que des hybrides ;
 - o Déterminer les conditions optimums de développement des ruppias ;
 - o Recherche de molécules spécifiques : l'étude bibliographique n'a pas pu mettre en évidence la production de molécules inhibitrices de développement des organismes aquatiques, mais présence d'une molécule limitant le développement de phytoplancton (composé phénolique phytotoxique).
- Réaliser des observations de terrains :
 - o Les sols des bassins du Médoc sont des réservoirs de graines de ruppias ;
 - o La gestion des bassins par les assecs successifs permettent de limiter certains développements de végétaux mais les densités de graines restent importantes dans le sol.

⇒ En résumé il ressort que :

- Les conditions de milieu dans les marais du Médoc sont favorables au développement des ruppias.
- **Un assec à l'issue de la germination précoce permettra de détruire ces jeunes plantules**
- Les différentes gestions d'assecs testées mettent en évidence un **effet favorable des assecs répétés de la fin de l'hiver jusqu'au début de l'été afin de réaliser l'équivalent de « faux-semis »**, pour détruire les plantules naissantes et limiter le développement des ruppias et leur montée en fleurs.
- **Un assec estival doit être associé à des assecs de printemps pour éviter la production des graines**

Ainsi les résultats 2020 à 2022 montrent que la diminution de graines entières n'est pas significative sur 3 ans car la densité présente dans le sol est conséquente. Il s'agit d'un travail de gestion à long terme pour minimiser leur présence.

L'important est de limiter le développement des plantules pour éviter les productions de graines, grâce aux assecs répétés, notamment en fin d'hiver et printemps

Lors de la réunion technique Aquaculture/ostréiculture du 25 novembre 2022, il a été proposé par les professionnels de continuer le travail de suivis des densités de graines de

ruppias et de développement des plantes dans les bassins en fonction de la gestion des assecs, afin de rechercher le meilleur compromis pour limiter le développement de ces plantes aquatiques impactant es résultats d'élevage.

⇒ **Programmation proposée pour 2023 à 2025 :**

1.1. Les professionnels ont demandé :

- D'approfondir les connaissances sur cette plante et de continuer dans le temps à suivre les effets des assecs successifs sur les densités de graines et le développement des plantes :
 - Impact sur les performances d'élevage : suivi d'un lot d'huitres sentinelle.
 - Impact de la gestion des assecs sur les densités de graines dans le sol.
 - Impact sur la macrofaune dont le rôle est primordial sur les élevages de crevettes : continuité des travaux de 2015-2016 réalisés par le CREAA.
- Suivi des conditions de milieu par le « Réseau marais » en se focalisant sur la période d'octobre à avril.

1.2. Moyens :

- **Suivi à 3 ans** de 2023 à 2025 par la chargée de mission
- **Encadrement d'un stagiaire Master 2** en 2024 dont le sujet serait « Suivi des ruppias et de leur développement, et impact sur les milieux par le suivi de la macrofaune ».

Travaux et suivis en perspective :

- Continuité des suivis des graines dans le sol en lien avec les assecs
- Tester les germinations des graines dans diverses conditions (suite des essais et suivis réalisés en 2020) ;
- Réaliser un suivi simplifié de la macrofaune (prélèvements de sédiment et détermination de la densité de néréides, proie préférentielle pour les crevettes impériales).
- Suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau.

1.3. Base du suivi des graines

a. *Objectifs des suivis 2023-2025 :*

- Suivre le développement des ruppias par :
 - L'évolution des densités de graines
 - Le développement des plantes sur les bassins à sec
 - Le plan de gestion des assecs mis en place par les professionnels.
- Impact sur les élevages : informations transmises par les professionnels, voir à mettre un lot sentinelle en suivi.
- Impact sur la macrofaune, par l'observation des densités d'individus de néréides présents dans les prélèvements de sédiments.

b. *Méthode :*

- Suivi sur les 6 fermes : Conseiller, Neyran, Talais, Port St Vivien, La Petite Canau, La Fosse.
- Prélèvement dans 1 bassin par ferme
- Par bassin :

- 6 Prélèvements sur 1m² comme en 2022 autour du point A
 - 6 prélèvements répartis dans le bassin (points A à F), comme en 2022
- 1 prélèvement par an en automne

IX. Annexes

1. Fiche technique : gestion des assecs des claires ostréicoles

Fiche extraite du guide technique sur la gestion des marais salés : limitation du développement des végétaux aquatiques en marais salé : macroalgues et ruppias ; Bouquet AL., Blachier P. 2015.

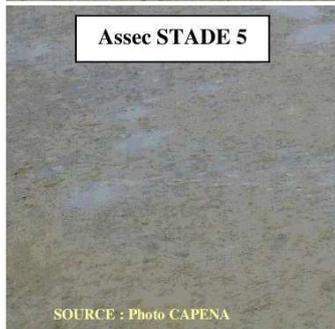
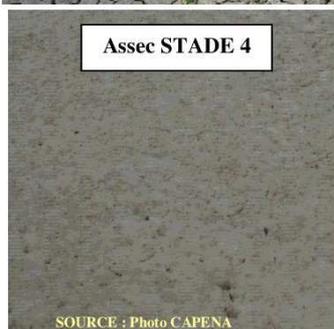
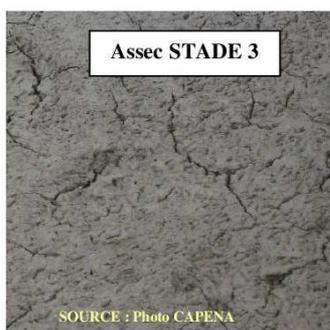
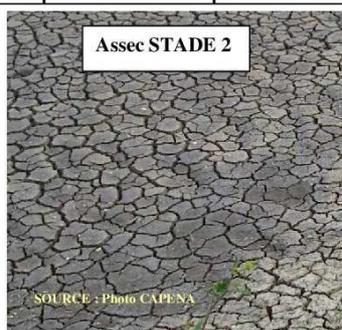
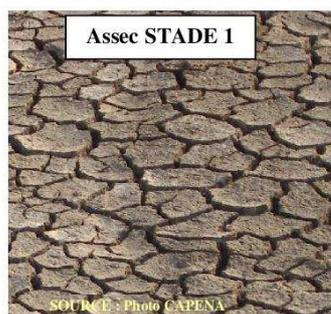


FICHE TECHNIQUE



Stades d'assec des claires

STADE	ETAT DE LA VASE	
	ASPECT	EMPREINTE DE PAS
1	couleur brun clair, grosses fentes	la vase ne garde pas d'empreinte
2	couleur grise, grosses fentes	la vase garde une empreinte
3	couleur grise, fentes légères	la vase colle aux semelles
4	couleur grise, absence de fentes	la vase colle aux semelles
5	couleur brun clair, absence de fentes	vase liquide



⇒ **Effet de l'absence d'assec :**

Un assec trop court (stades 3 et 4) ou inexistant (stade 5) empêche la destruction des fragments de thalles, des spores d'algues, des prédateurs, des compétiteurs. Ceci favorise un redémarrage précoce des algues par multiplication végétative et empêche le processus nécessaire à la bonne minéralisation du sédiment.

Dès la remise en eau, le développement des macroalgues entre en compétition avec le phytoplancton (éléments minéraux) et les mollusques (l'oxygène) provoquant d'importantes mortalités du cheptel. Ceci peut favoriser la fixation de naissains de coques qui sont des compétiteurs pour les huîtres.

⇒ **Effet d'un assec trop long**

Un assèchement trop important du sédiment (stade 1) entraînera une production importante d'azote minérale favorisant le départ des macroalgues au détriment du phytoplancton. Le durcissement du sol leur fournit un point d'accroche initial. Selon l'enquête réalisée en 2004, 81 % des développements forts en algues correspondent à un type de fonds durs.

⇒ **Le bon choix**

Un stade où le sédiment est craquelé, avec le sel cristallisé en surface et encore souple lors de la remise en eau (empreinte de pas) semble être le meilleur compromis. C'est **le stade 2**. La concentration d'éléments minéraux, notamment d'azote, favorise le développement du phytoplancton.

Cette phase d'entretien des bassins dépend des conditions météorologiques et de la saison. Une surveillance du sol est nécessaire en relation avec la température et l'ensoleillement. Dans tous les cas, cet assec doit être précédé d'un nettoyage minutieux (manuel ou mécanique) afin d'éliminer les macroalgues présentes permettant le bon déroulement de l'affinage, de l'élevage d'huîtres « Pousses en claire » et de crevettes.

L'assec est meilleur avec un temps sec **printanier**, évitant un assec trop violent par de trop fortes chaleurs comme en été. Le sédiment se minéralise lentement (deux à trois semaines) et ne durcit pas trop vite.

Dans le cas d'assec estival, le dessèchement est plus rapide. En absence de surveillance, le sédiment durcit trop favorisant des départs de macroalgues. La durée doit être plus courte qu'au printemps.

2. Les caractéristiques des sédiments

Classification des types de profils sédimentaires selon leur richesse en matière organique des marais aquacoles de la Côte Atlantique définis dans le cadre de l'élevage de crevettes impériales *Penaeus japonicus* (Hussenot, 1987).

Type de profil sédimentaire	Pourcentage en Matière organique (poids sec)	Caractéristiques
Type 1	De 5 % à 9 % de matière organique	Il s'agit de bassins relativement pauvres en matière organique pouvant découler d'un curage récent ou d'assecs.
Type 2	De 9 % à 12 % de matière organique	Correspond à des bassins ayant acquis un bon équilibre en matière organique et pouvant offrir un fond de bonne qualité pour entreprendre un élevage et un développement rapide de la production benthique.
Type 3	De 12 % à 20 % de matière organique	Correspond à des bassins où le sédiment est très réduit sous une microcouche oxydée résultant d'apports excessifs de matière organique provenant soit d'amas de macrophytes décomposés soit d'excès d'apport d'aliments.

X. Références bibliographiques

- ⇒ Bouquet AL, (1996) : Production semi-continue de phytoplancton en grands volumes : amélioration de la fertilisation, valorisation zootechnique et rentabilité. CREAA.
- ⇒ Bouquet AL. 2016. L'aquaculture dans le Médoc : Étude préliminaire du contexte et des besoins ; CREAA ;
- ⇒ Bouquet AL., 2021 ; Réseau conchylicole en marais salé en Médoc, CAPENA, 2020-2021.
- ⇒ Bouquet AL., 2022 ; Réseau conchylicole en marais salé en Médoc, CAPENA, 2021-2022.
- ⇒ Bouquet AL., Blachier P. 2015. Guide technique sur la gestion des marais salés : limitation du développement des végétaux aquatiques en marais salé : macroalgues et ruppias ; CREAA.
- ⇒ Bouquet AL., Schneider D., 2008; Amélioration phytotechnique de la culture de salicornes. Impact des paramètres hydrologiques et pédologiques sur la production de salicornes des marais charentais. CREAA.
- ⇒ Bouquet, A. L. (2017). Aquaculture dans le Médoc : Réseau Marais Maritime du Médoc. Suivi de l'eau en marais salé Médocain : Bilan de la 1ère saison de suivis, de novembre 2016 à septembre 2017. CREAA. 26p.
- ⇒ Bouquet, A. L., & Blachier, P. (2015). Gestion du marais : Limitation du développement des végétaux aquatiques en marais salé : macroalgues et *ruppia*. Guide technique du CREAA. 58p.
- ⇒ Brock, M. A. (1982A). Biology of the salinity tolerant genus *Ruppia* L. in saline lakes in South Australia I. Morphological variation within and between species and ecophysiology. *Aquatic Botany*, 13, 219-248.
- ⇒ Brock, M. A. (1982B). Biology of the salinity tolerant genus *Ruppia* L. in saline lakes in South Australia II. Population ecology and reproductive biology. *Aquatic Botany*, 13, 249-268.
- ⇒ Gomez Loic, 2018 ; Rapport de stage : Etude du développement des ruppias dans les marais médocains ; CAPENA.
- ⇒ Husband, B. C., & Hickman, M. (1989). The frequency and local abundance of *Ruppia occidentalis* in relation to sediment texture and lake salinity. *Canadian journal of botany*, 67(8), 2444-2449.
- ⇒ Hussenot J., Gauthier D. (1995) ; Production en masse de microalgues en marais salés : bases biologiques, expérimentations, application. Aquaculture en marais – Poitou-Charentes marisma y acuicultura – Andalucia 7-10 juin 1995 – La rochelle (France).
- ⇒ Hussenot, J. (1987). Intérêt de l'étude de la matière organique du sédiment superficiel dans les élevages marins semi-intensifs en bassin de terre de *Penaeus japonicus*. IFREMER. 8p.
- ⇒ Kantrud, H. A. (1991). Wigeongrass (*Ruppia maritima*) : A Literature Review. Fish and wildlife service Jamestown ND Northern prairie wildlife research center.
- ⇒ Neel, J. K., Peterson, S. A., & Smith, W. L. (1973). Weed harvest and lake nutrient dynamics. US Government Printing Office.
- ⇒ Rosenzweig MS, Parker BC - Rhodora, 2002; Turion production by *Ruppia maritima* in Chesapeake Bay.

- ⇒ Salé Emeric ; 2020 ; CAPENA. Etude du développement d'une plante invasive *Ruppia* sp dans les marais médocains et de sa limitation en bassins d'élevage ; Rapport de stage Master 2 Université Caen ;
- ⇒ Strazisar T., Kosh M., Frankovitch T. A., and Madden C., (2016). The important of recurrent reproductive events for *rupia* maritime seed bank viability in a highly variable estuary. *Aquat. Bot.* 134, 103-112.
- ⇒ Verhoeven, J. T. A. (1979). The ecology of *Ruppia*-dominated communities in Western Europe. I. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. *Aquatic Botany*, 6, 197-267.



Anne Lise Bouquet

Chargée de Mission Aquaculture – Conseillère Aquacole
al.bouquet@cape-na.fr

CAPENA – Expertise et Application

Site Oléron

Prise de Terdoux 17480 Le Château d'Oléron

T : 05 46 47 49 52

<https://www.cape-na.fr/>

