



Gestion des biomasses mytilicoles



Etude 2019-2021

Partenaires



Entreprise mytilicole partenaire :
« La Bouchot d'Agon »

Financeurs



Contributeurs



BLIN Jean-Louis
GUICHARD Gwendoline
HEGRON-MACE Laurence
LARSONNEUR Solveig
MOAL Suzy
PETINAY Stéphanie



Mytiliculteur partenaire :

CHARBONNIER Christophe

BEZIN Florentin
CORBET Sandrine
JACQUETTE Jean-Marc
SAVARY Manuel

Remerciements

A toute l'équipe de Christophe Charbonnier pour leur aide précieuse lors de chaque étape de ces élevages (pose des cordes, récoltes, travail à l'atelier).

Aux équipes de  pour leur aide à la mise en place des infections expérimentales et pour le lien qui a pu se faire avec le programme EMYNOR (programmation CENOPAC 2019)

Sommaire

pages

	• 1-Contexte	5
	• 2-Objectifs	6
	• 3- Schéma d'un cycle d'élevage	7
	• 4- Facteurs de variations de la productivité?	8
	• 5- Impact des densités d'élevages	9
	• 6- Localisation de la zone d'étude	10
	• 7-Méthodologie en milieu contrôlé	11 à 15
	• 8-Résultats en milieu contrôlé	16 à 22
	• 9- Méthodologie en élevage	23 à 25
	• 10- Résultats – densités de moules sur cordes	26
	• 11- Résultats – suivi en panier dans le milieu	27 à 31
	• 12- Résultats – en conditions réelles d'élevage	32 à 53
	• 13- Discussion	54
	• 14 - Conclusion	55



1-Contexte

- La production mytilicole est l'une des productions conchylioles « phare » de Normandie (environ 16 500 tonnes de production annuelle, quasi-exclusivement sur bouchot, représentant un chiffre d'affaires proche de 30 M€), se plaçant au premier rang de la production nationale de moules de bouchot (environ 60 000 tonnes). La modernisation de la zootechnie a contribué à une meilleure efficacité des élevages conduisant à une augmentation de la production (accès à des concessions plus profondes, pieux d'une plus grande longévité, etc...). En revanche, les espaces dédiés à ce type d'élevage n'ont pas évolué significativement depuis plusieurs décennies. Cependant, cet élevage en milieu ouvert n'échappe pas aux fluctuations naturelles du climat qui peuvent faire varier fortement les quantités produites (exemple 2009-2010 : réseau REMOULNOR-SMEL) mais également la qualité (taux de chair, taille..).
- Consciente de la nécessité de maîtriser les biomasses en élevage, la profession mytilicole a, dès les années 90, considéré les secteurs d'élevage comme étant saturés, puis a mis en place en 2011, un taux d'ensemencement maximal de 70%, qui vient s'ajouter aux règles déjà inscrites au schéma départemental des structures (linéaire exploité, nombre de pieux...). Cependant, face à des contraintes de type prédatation puis récemment, d'ordre zoosanitaire, la profession reste préoccupée par les variabilités potentielles de production et notamment de la qualité des moules de bouchot en Normandie.
- Ainsi, elle sollicite le SMEL pour apporter des éléments objectifs sur la maîtrise des biomasses sur pieux dans le but de rationaliser la production en limitant la quantité de moules sous-taille commercialisable sur une durée d'élevage si possible inférieure à 2 ans. Si depuis de nombreuses années, les réseaux du SMEL apportent des éléments sur la variabilité spatio-temporelle de la production mytilicole, si des études comme OGIVE ont tenté d'apporter des outils de gestion des espaces, il n'y a jamais eu encore d'évaluation de l'impact des charges en naissain au niveau des pieux sur la production nette finale.



2-Objectifs

- Faire la démonstration et sensibiliser les mytiliculteurs sur l'importance de la maîtrise des biomasses de moules dès l'ensemencement en naissain sur la qualité de la production mytilicole normande.
- Fournir de nouveaux éléments objectifs aux gestionnaires des cultures marines.
- Promouvoir des pratiques vertueuses pour une production de moules normandes de qualité.

💡 3-Schéma d'un cycle d'élevage de moule

Elevage en Normandie

4

Les moules sont récoltées en fin de cycle d'élevage pour être vendues.



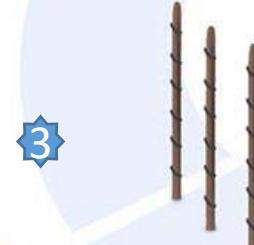
4

à partir de mi-juin
Début de la saison de récolte



3

Une fois les moules pré-grossies, les cordes sont enroulées sur les pieux verticaux des concessions d'élevage pour le reste du cycle.



hiver et printemps suivant
Développement des moules sur les cordes



à partir de septembre
Enroulage des cordes autour des bouchots

💡 Avant leur implantation sur les pieux, les cordes sont passées 24H dans un bain de saumure afin d'éliminer les bigorneaux perceurs potentiellement présents avec les petites moules.

mars
Ponte, fécondation et naissance des moules

1
avril-mai
Fixation du naissain sur cordes

juin-août
Développement des naissains sur les cordes

Partie hors Normandie dans les bassins de captage.

Captage sur cordes

1 Comme pour les huîtres, la Normandie dépend des apports en naissains de moules provenant d'autres régions dans lesquelles ces naissains sont captés (Oléron, Noirmoutier, La Plaine ...).

Mai - juin Réception des cordes

2 Une fois arrivés, ces naissains captés sur cordes sont mis en pré-grossissement sur les « chantiers » (structures d'élevage horizontales), le temps que les moules croissent et soient bien visibles.



4-Facteurs de variation de rendement?



Non maîtrisable car dépend de la qualité et l'intensité du recrutement

Densités de moules sur les cordes ?

||||| → Connaître les effectifs de naissains par l'estimation du nombre de moules sur corde au moment à l'ensemencement



Non maîtrisable et dépend des caractéristiques des écosystèmes et soumis aux variations saisonnières et interannuelles

Capacité trophique du milieu ?

||||| → Visualisation possible par le biais d'observations (suivis hydro-biologiques)



Maitrisable par le biais de la zootechnie

Optimiser la ressource trophique ?

||||| → Gestion des biomasses en élevage

Nombre de cordes installées ?

→ Maîtriser les effectifs mis en élevage

||||| → Variations de croissance sur site

Impact des niveaux bathymétriques ?

→ S'adapter aux conditions du site d'élevage

||||| → Gestion du calendrier de l'élevage

Durées d'élevage ?

→ Adapter le cycle d'élevage

Modulation via les pertes de cheptels ou perturbations de croissance ?



Difficilement maîtrisable dans le cas de maladie mais gérable

Mortalités dues aux maladies



Partiellement maîtrisable par le biais de la zootechnie

Prédations (crabes, oiseaux etc.)



Partiellement maîtrisable par le biais de la zootechnie

Parasites (*Mytilicola intestinalis*)



5-Impact des densités d'élevage ?

A

En milieu contrôlé

- Évaluer l'impact des densités sur la croissance des moules (longueur et taux de chair) et leur résistance à un stress pathologique.

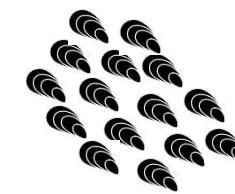
B

En conditions réelles d'élevage

En fonction du nombre de naissains introduits



Densité x1



Densité x2

En fonction des niveaux bathymétriques

3 hauteurs d'eau : > 2,00 m ; entre 1,50 m et 2,00 m ; < 1,50m

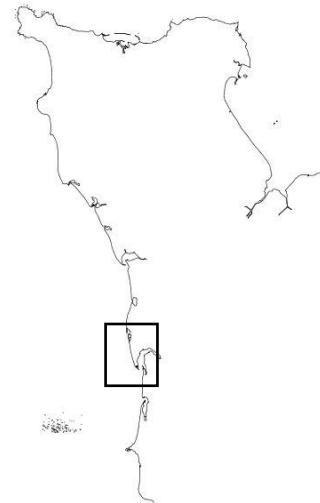
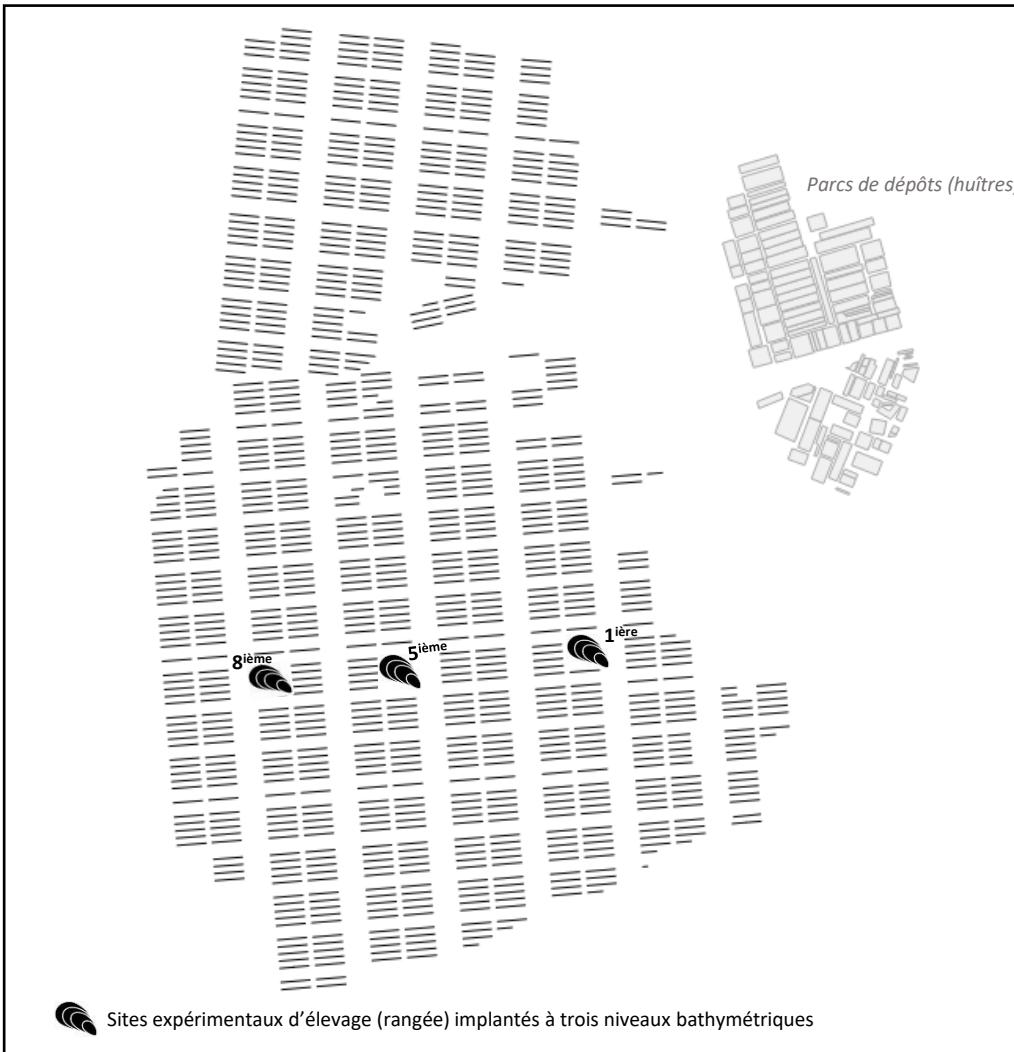
En fonction de la durée d'élevage

4 durées d'élevage de la « moule d'un an » à la « moule de deux ans »:
11 mois ; 13 mois ; 15 mois ; 20 mois



6-Localisation de la zone d'étude

- Secteur mytilicole de la pointe d'Agon



La zone d'étude est le secteur mytilicole de la pointe d'Agon situé sur la Côte Ouest Cotentin, au nord de l'embouchure de la Sienne et de la Soulle.

95 050 mètres de bouchots y sont implantés et exploités par 46 concessionnaires.

Les points de suivis expérimentaux ont été implantés à trois niveaux bathymétrique différents sur la 1^{ière}, 5^{ème} et 8^{ème} rangée de doubles lignes de bouchots au cœur de ce site mytilicole.

Le chantier d'accueil des cordes à naissains est en 1^{ière} rangée.



7-Méthodologie

En milieu contrôlé

Evaluation de l'impact des densités d'élevage :

- Evaluation de plusieurs indicateurs (croissance en coquille et en chair) en fonction des densités d'élevage.
- Impact de la variation de ces indicateurs face à un stress pathologique.

Expérimentations sur 2 classes d'âge :

- 1 an
- 2 ans

2 étapes

- 1^{ière} : Conditionnements
- 2^{nde} : Tests de survie post conditionnement





7-Méthodologie

Schémas des protocoles



En milieu contrôlé

a : Test de différentes densités

Soit une augmentation de densité : x 2 , x 4 , x 8 , x 16

5 charges en moules (30, 60, 120, 240, 480 individus)

Classes d'âge séparées (1 an et 2 ans)

Alimentation continue en phytoplancton (*Ischrysis sp* et *Chaetoceros sp*)

4 semaines d'élevage

2 indicateurs de croissance

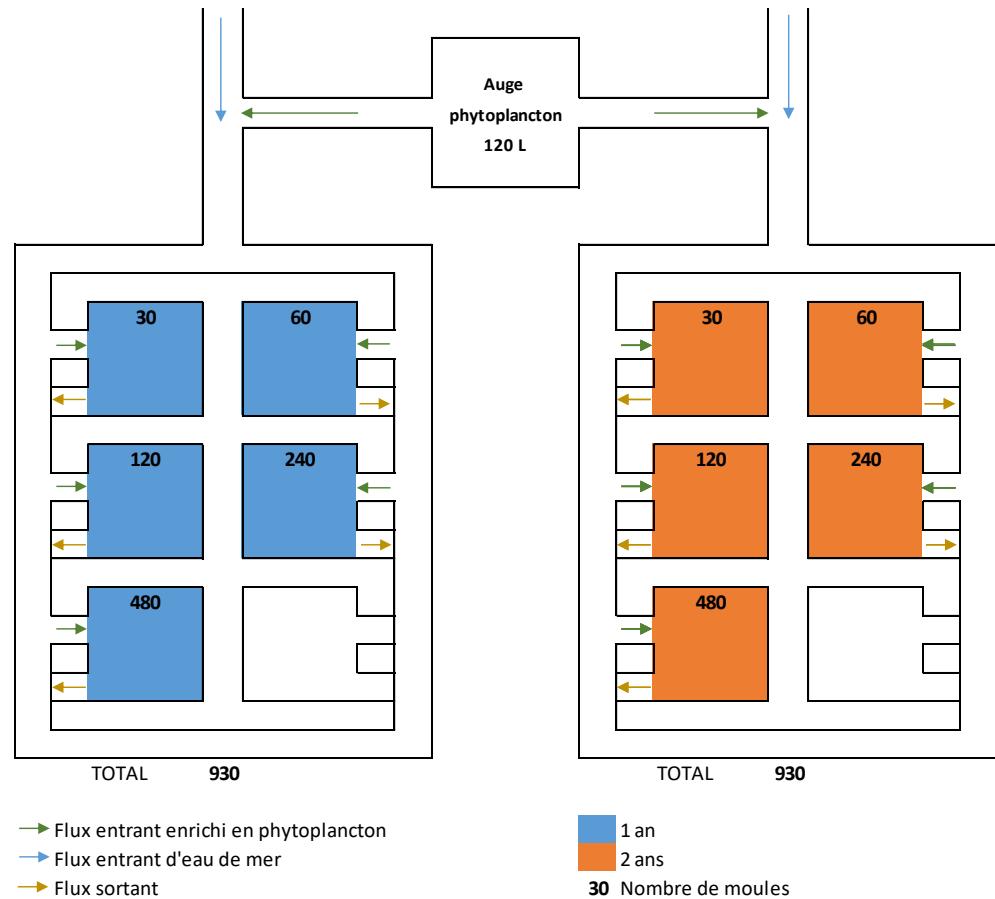
Taux de croissance linéaire de la coquille

$$Tx\ Lg = (Lg\ finale - Lg\ initiale) / Lg\ initiale \times 100$$

Taux de remplissage (Walne et Mann)

$$W\&M = (\text{poids sec de chair} / \text{poids sec de coquille}) \times 1000$$

Objectif : mettre en évidence l'influence de la densité sur la croissance des individus





7-Méthodologie

Schémas des protocoles



En milieu contrôlé

b : Test à forte densités, cohabitation entre classes d'âge et niveau trophique contrasté

2 fortes densités (240 et 480) choisies suite aux résultats du 1^{er} test

Classes d'âge en mélange en proportion égale

2 conditions d'alimentation : avec ou sans apport en phytoplancton (*Ischrysis sp* et *Chaetoceros sp*)

4 semaines d'élevage

2 indicateurs de croissance

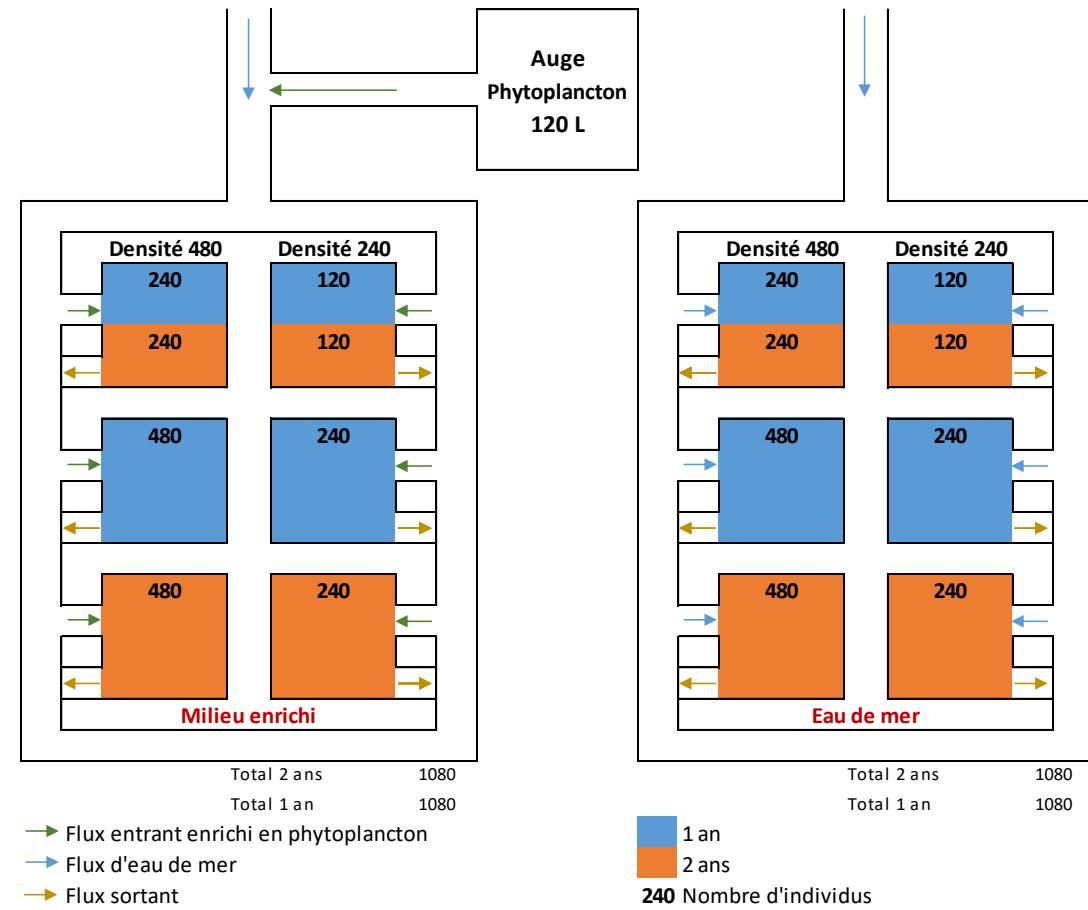
Taux de croissance linéaire de la coquille

$$Tx \text{ Lg} = (\text{Lg finale} - \text{Lg initiale}) / \text{Lg initiale} \times 100$$

Taux de remplissage (Walne et Mann)

$$W\&M = (\text{poids sec de chair} / \text{poids sec de coquille}) \times 1000$$

Objectif : mettre en évidence l'influence de la densité de deux classe d'âge en cohabitation sur la croissance des individus en fonction des conditions trophiques





7-Méthodologie

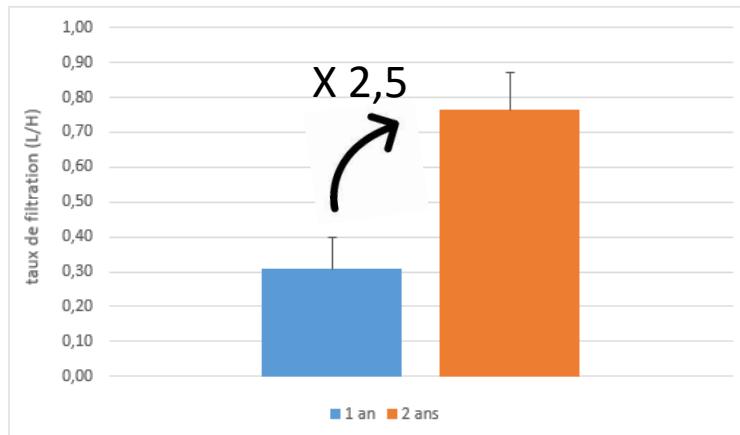
Schémas des protocoles



En milieu contrôlé

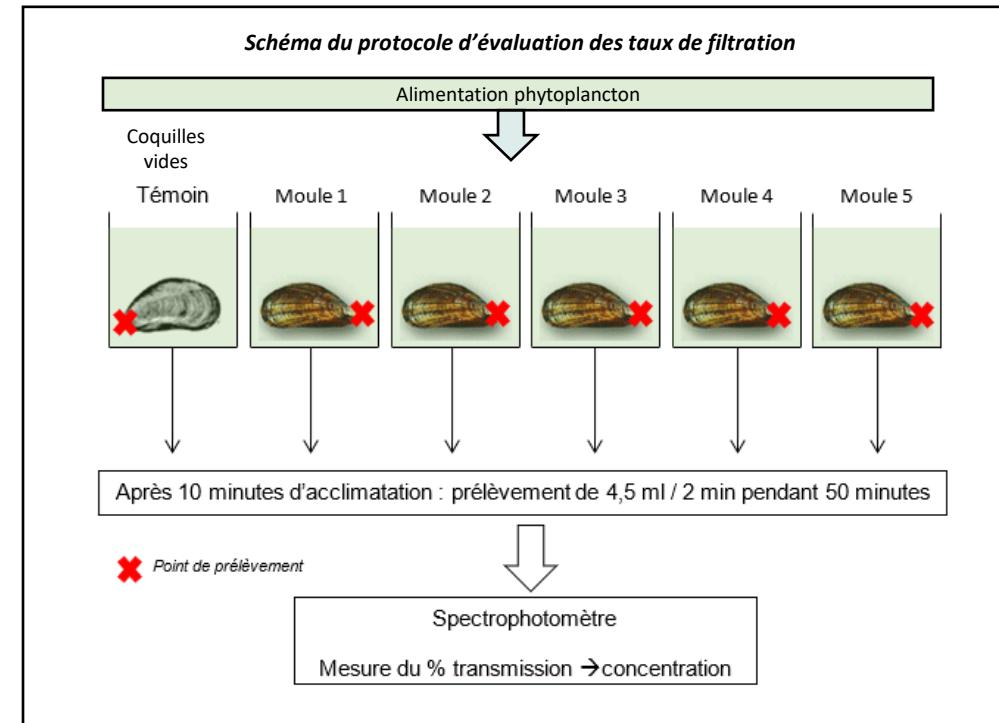
b : Test à forte densités, cohabitation entre classe d'âge et niveau trophique contrasté

Dans le cas de cette expérimentation avec deux classes d'âge en cohabitation, il est nécessaire de connaître la variation de taux de filtration entre une moule d'un an et une moule de deux ans pour éclairer l'interprétation des résultats.



Dans les conditions d'expérimentation appliquées ici, le taux de filtration moyen des moules de 2 ans est 2 fois et demi plus important que celui d'une moule d'un an.

Objectif : mettre en évidence l'influence de la densité de deux classes d'âge en cohabitation sur la croissance des individus en fonction des conditions trophiques





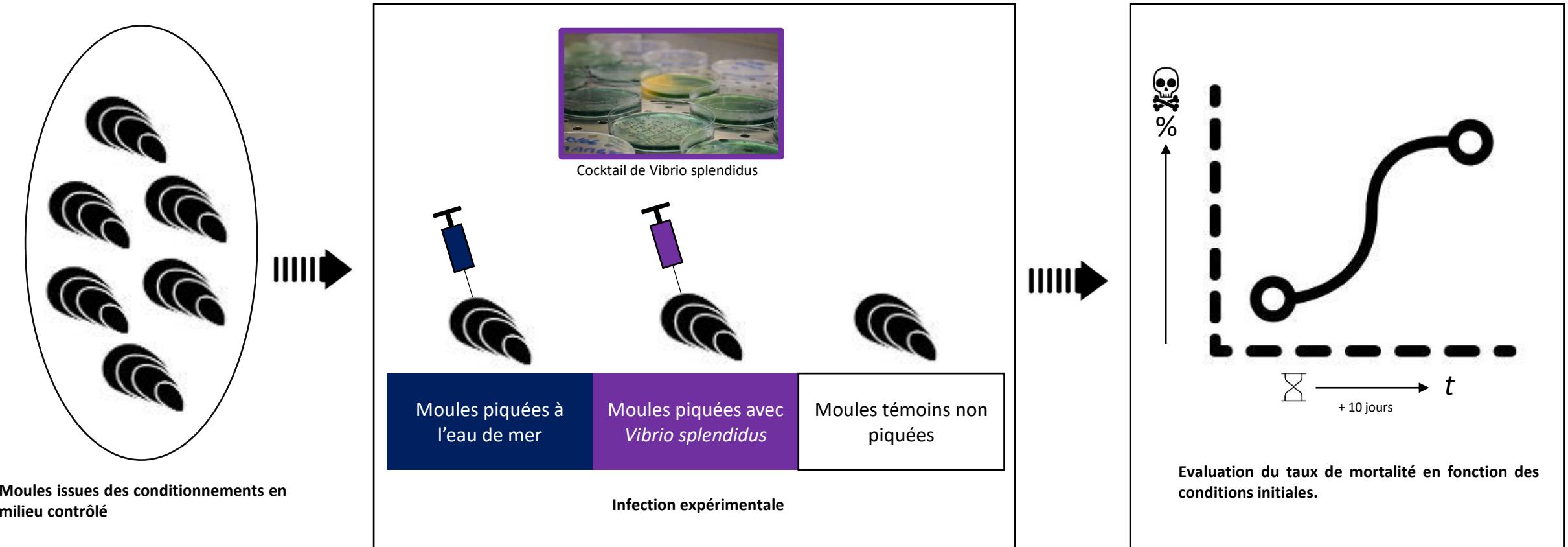
7-Méthodologie



En milieu contrôlé



Schémas du protocole d'infection expérimentale (stress pathologique)



Les moules issues des différentes conditions d'élevage en milieu contrôlé (variations de densités) sont confrontées à un stress pathologique via une infection expérimentale. Cette phase comporte des procédures « témoins » permettant d'objectiver l'effet de l'injection de pathogène. Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité.



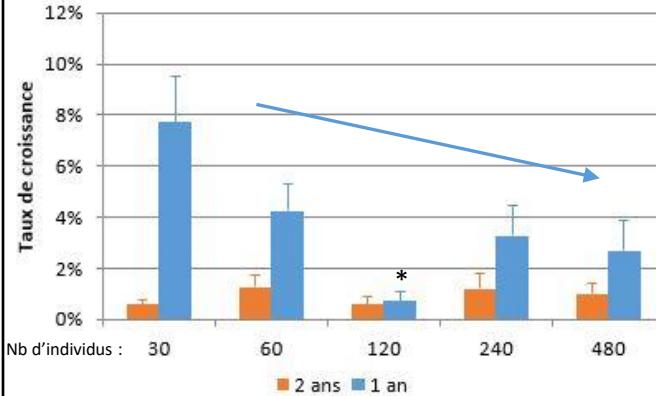
8-Résultats



En milieu contrôlé

a : Test à différentes densités

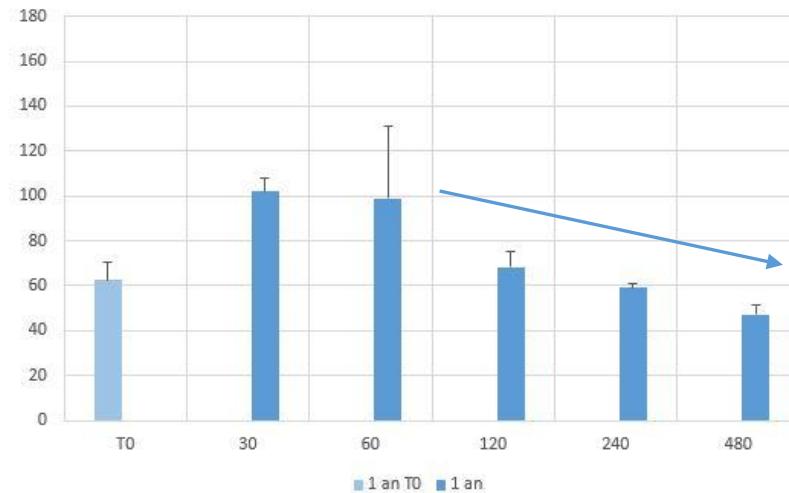
Indicateur croissance longueur



Le taux de croissance linéaire des moules de 1 an **diminue avec l'augmentation de densité** ($p < 0,05$). Cela ne se voit pas sur la durée du conditionnement avec les moules de 2 ans ($p > 0,05$).

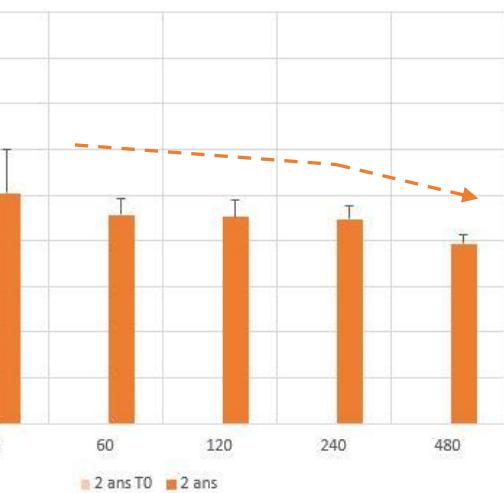
* Très faible taux de croissance inexpliqué sur le lot à densité 120.

Indicateur taux de remplissage en poids sec (Walne & Mann)



Le taux de remplissage des moules de 1 an **diminue très nettement avec l'augmentation de densité** ($p < 0,01$).

Précisons qu'avec cette classe d'âge, le conditionnement a permis une élévation du taux de remplissage par rapport au T0.



Une **tendance à la baisse** du taux de remplissage des moules de 2 ans est visible avec l'augmentation de densité mais cela est beaucoup moins régulier selon la densité ($p < 0,05$).

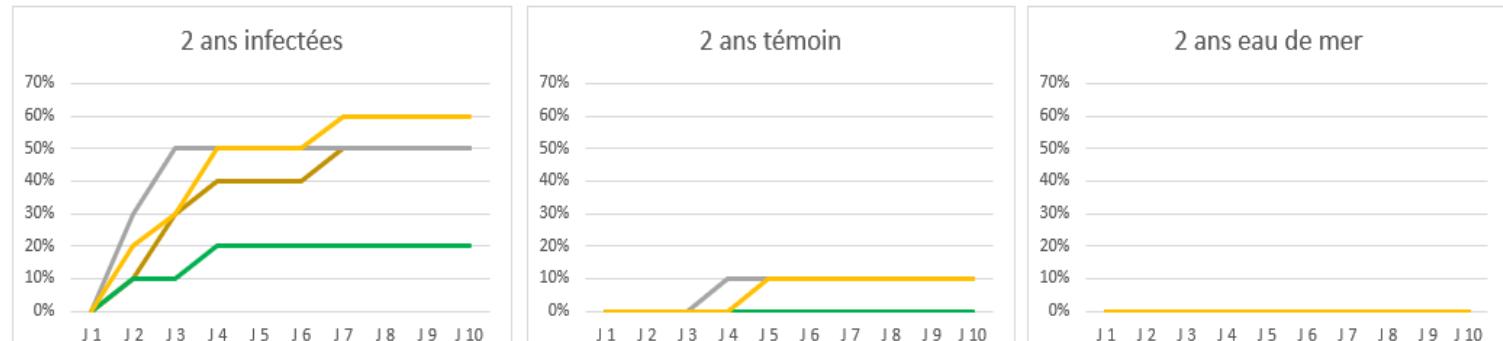
Notons qu'avec cette classe d'âge, le conditionnement n'a pas permis de maintenir le taux de remplissage initial des individus qui ont donc subi un amaigrissement par rapport au T0 (ponte probable mais non constatée).



8-Résultats

a : Test à différentes densités

Moules de 2 ans : Les animaux des densités 480 et 240 infectés présentent une **mortalité cumulée plus importante** et qui survient plus tôt que la densité 120. La mortalité cumulée 60 rattrape les mortalités cumulées 480 et 240 au bout du 7ème jour. Notons 10% de perte chez les témoins.



Pourcentage de mortalité cumulée des moules de 2 ans (marron : densité 60 ; vert : densité 120 ; gris : densité 240 ; jaune : densité 480)



Pourcentage de mortalité cumulée des moules de 1 an (marron : densité 60 ; vert : densité 120 ; gris : densité 240 ; jaune : densité 480)



En milieu contrôlé

Infection expérimentale (stress pathologique)



8-Résultats

En milieu contrôlé

a : Test à différentes densités



Bilan

Dans les conditions d'expérimentation mises en œuvre en milieu contrôlé, nous constatons que :

- L'augmentation de densité induit une **baisse significative du taux de croissance linéaire de coquille chez les moules d'un an**, ce qui ne se voit pas pour les moules de deux ans sur la durée d'un conditionnement.
- L'augmentation de densité induit une **baisse très significative du taux de remplissage chez les moules d'un an** et a tendance à induire **une baisse significative des taux de remplissage chez les moules de deux ans**, surtout aux plus fortes densités.
- Face à un stress pathogène simulé par injection de *Vibrio splendidus*, la **survie des moules** conditionnées aux plus fortes charges est **très nettement altérée**.



8-Résultats



En milieu contrôlé

b : Test à fortes densités, cohabitation entre classes d'âge et niveau trophique contrasté

Sans complément d'alimentation, aucune croissance linéaire n'a pu être significative.

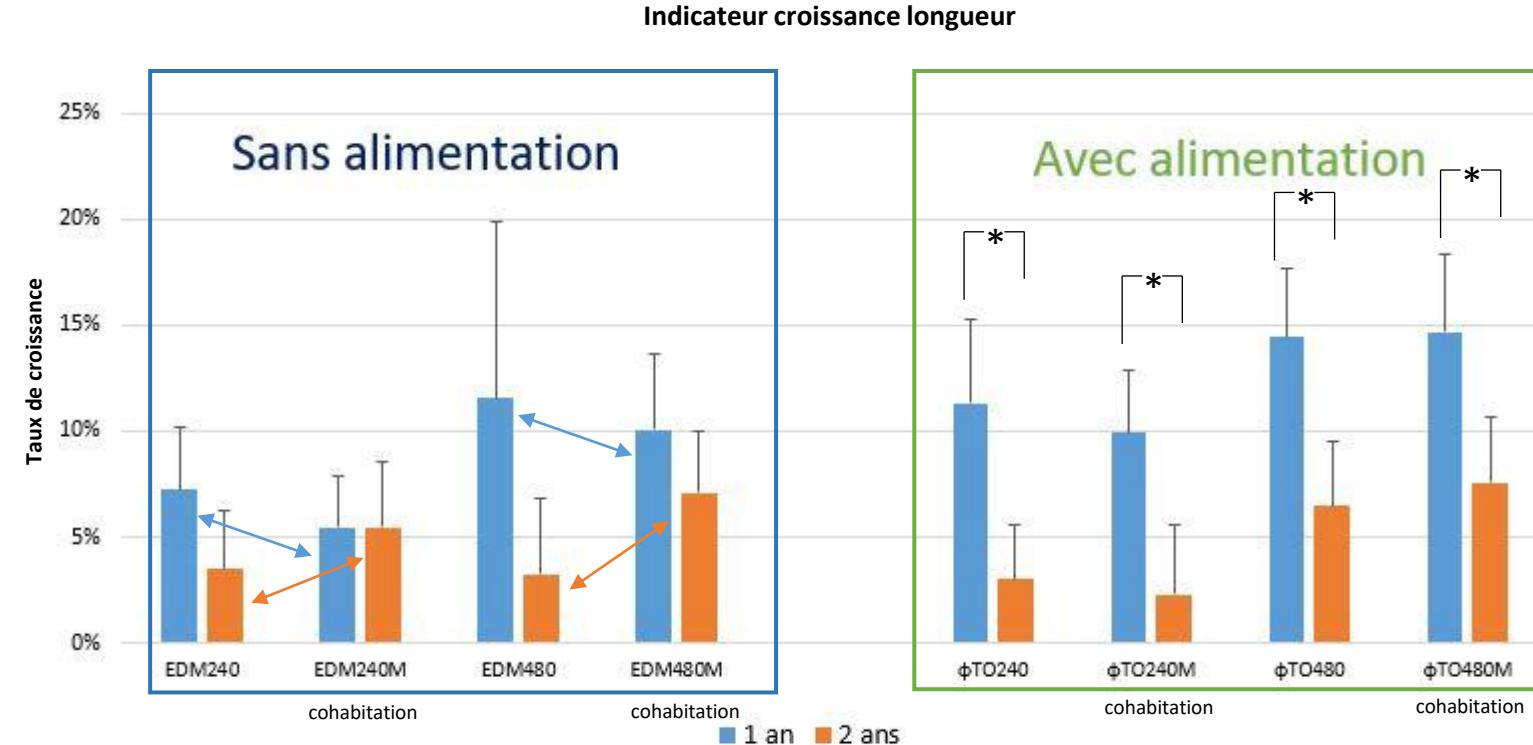
Globalement, **seules à densité 240 et 480**, les moules de 1 an croissent plus qu'en mélange avec des moules de 2 ans qui filtrent plus.

Pour les moules de 2 ans, c'est la tendance inverse qui est observée : c'est en mélange qu'elles croissent le plus.

En condition trophique limitante avec cohabitation de 2 cohortes, les moules de 2 ans bénéficient d'un taux de croissance plus important que celui des moules d'un an

Avec alimentation, quelque soit la densité et en mélange ou non, les **moules de 1 an** présentent une croissance linéaire significativement **plus importante que les moules de 2 ans**. ($p < 0,05^*$).

En condition trophique non limitante, la croissance des moules de chaque classe d'âge est similaire qu'il y ait cohabitation ou non.



Légende

EDM : conditionnement sans alimentation
 φ TO : conditionnement avec alimentation
 240 ou 480 : densités d'élevage (nombre d'individus)
 M : classe d'âge en mélange



8-Résultats



En milieu contrôlé

b : Test à fortes densités, cohabitation entre classes d'âge et niveau trophique contrasté

Sans complément d'alimentation, seules ou en mélange, à densité 240 ou 480, les moules de 1 an présentent des taux de remplissage similaires ($p > 0,05$).

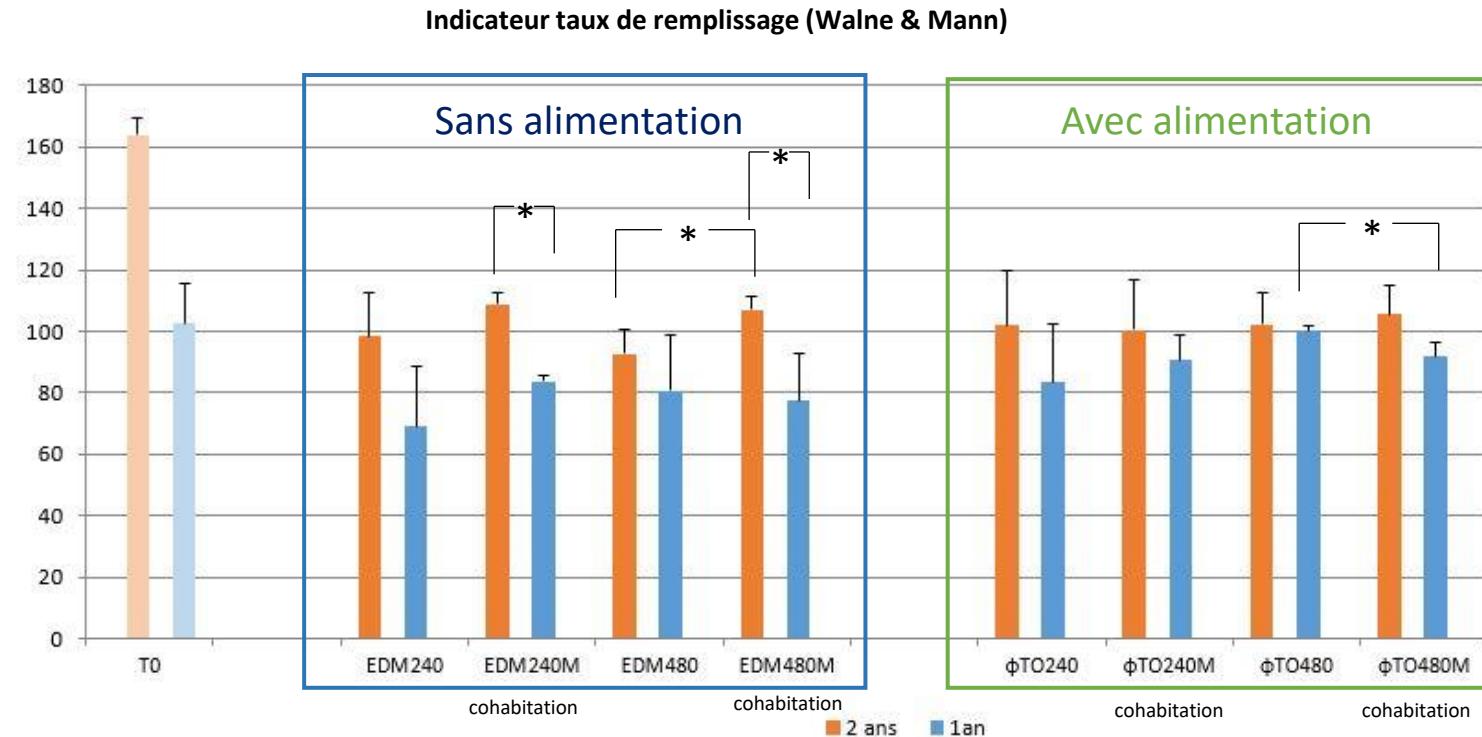
Même constat pour les moules de 2 ans à densité 240. Par contre à densité 480, celles-ci présentent un taux de remplissage plus important en cohabitation que lorsqu'elles sont seules ($p < 0,05^*$).

En mélange les moules de 2 ans ont un taux de remplissage supérieur à celui des moules d'un an.

Avec alimentation, quelque soit la densité et en mélange ou non, les moules de 2 ans présentent des taux de remplissage similaires. ($p > 0,05$).

Même constat pour les moules de 1 an à densité 240. Par contre à la plus forte densité 480, leur taux de remplissage est significativement plus bas en mélange avec des moules de 2 ans que lorsqu'elles sont seules (conséquence de la compétition trophique) ($p < 0,05^*$).

En condition trophique non limitante, les taux de remplissage des moules d'un an se rapprochent de ceux des moules de deux ans.



NB : Le conditionnement n'a pas permis de maintenir les taux de remplissage des moules de 2 ans qui ont maigri, qu'elles soient alimentées ou non. Pour les moules de 1 an, l'apport alimentaire a tout juste permis de maintenir le taux de remplissage initial.

Légende

EDM : conditionnement sans alimentation
 φ TO : conditionnement avec alimentation
 240 ou 480 : densités d'élevage (nombre d'individus)
 M : classe d'âge en mélange



8-Résultats



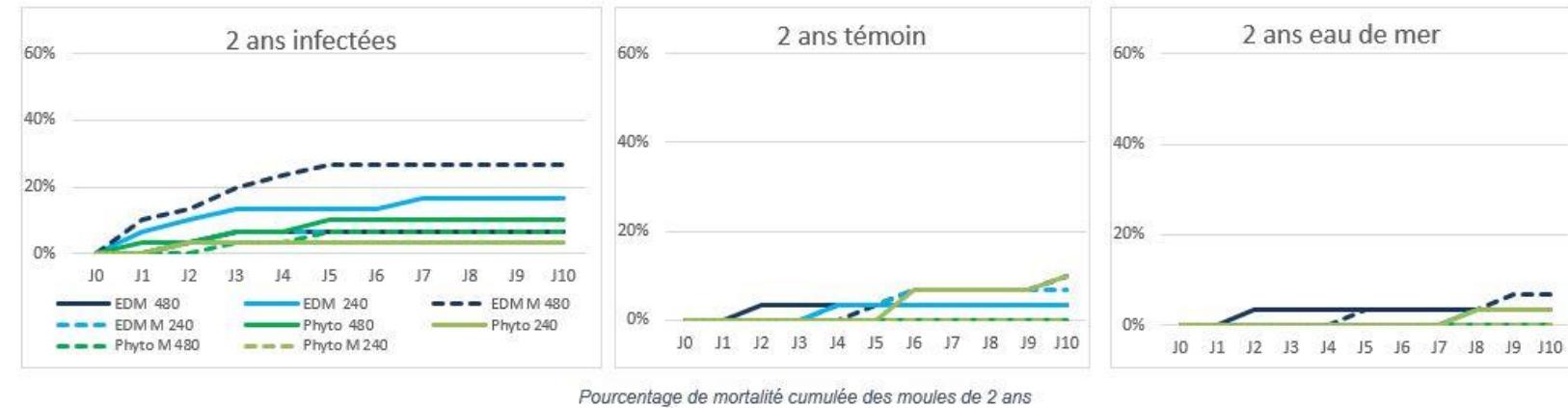
En milieu contrôlé

Infection expérimentale (stress pathologique)

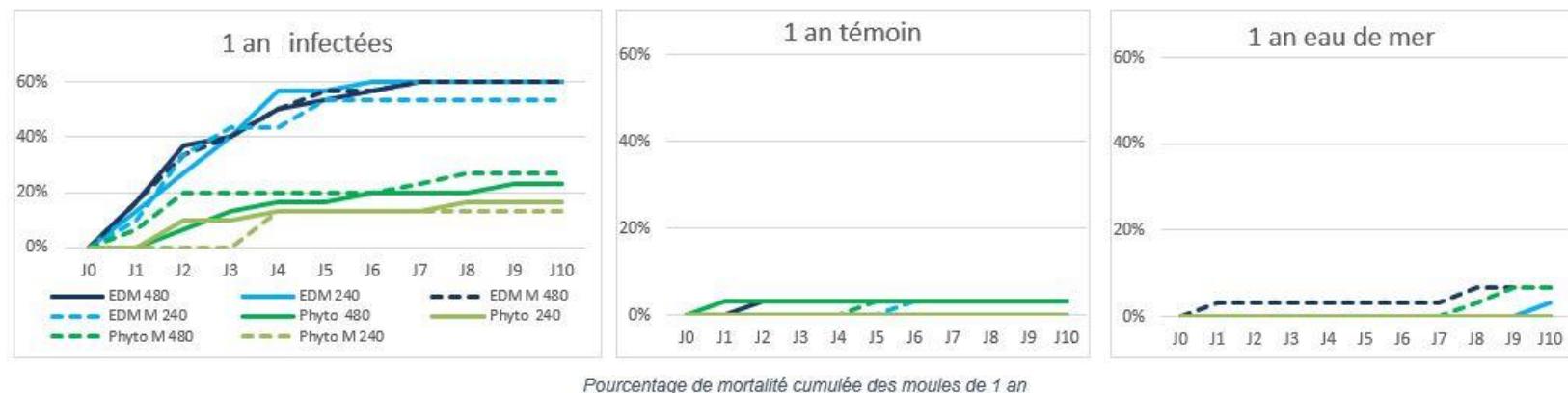
b : Test à fortes densités, cohabitation entre classe d'âge et niveau trophique contrasté

Moules de 2 ans : Suite à un stress pathologique, la **mortalité** des moules qui étaient en cohabitation (en compétition) en conditions trophiques limitantes est **plus importante**.

Par contre avec apport alimentaire, la surmortalité face à ce stress est moindre (taux similaire à celui des témoins).



Moules de 1 an : En cohabitation ou non, le taux de mortalité des moules en conditions trophiques limitantes est largement supérieur à celui des moules en condition trophique non limitante (plus de deux fois plus important).





8-Résultats

En milieu contrôlé

b : Test à forte densités, cohabitation entre classes d'âge et niveau trophique contrasté



Bilan

A forte densité d'élevage, nous constatons que :

- En **condition trophique limitante**, la compétition entre classes d'âge en cohabitation induit une croissance meilleure (en tendance) des moules de deux ans qui filtrent 2,5 fois plus que les moules d'un an.
- En **condition trophique non limitante**, les moules d'un an ont un taux de croissance supérieur à celui des moules de deux ans qu'il y ait cohabitation ou non.
- En **condition trophique limitante**, la compétition entre classe d'âge en cohabitation induit un différentiel de taux de remplissage en défaveur des moules d'un an.
- En **condition trophique non limitante**, les moules d'un an présentent des taux de remplissage qui se rapprochent de ceux des moules de deux ans.
- Face à un stress pathogène simulé par injection de *Vibrio splendidus*, la **survie des moules** conditionnées en **condition trophique limitante** est très nettement altérée et particulièrement pour les moules d'un an.

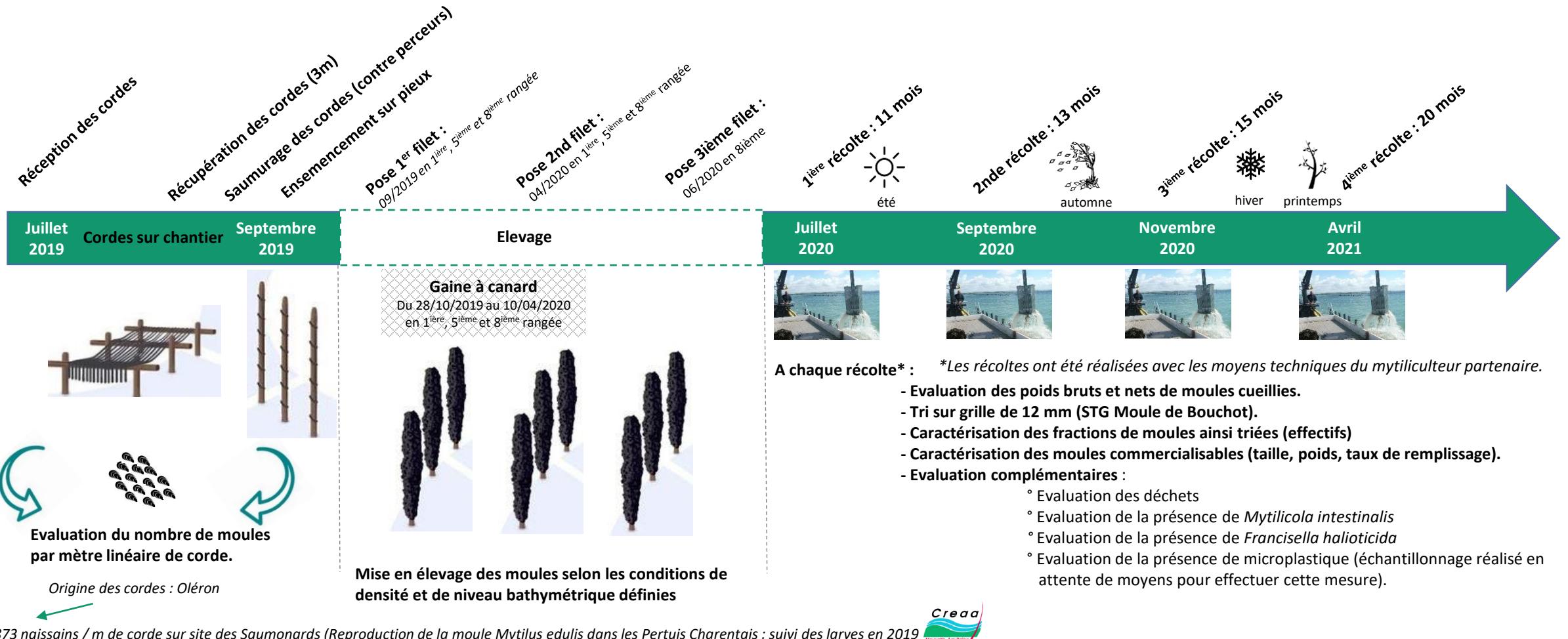


9-Méthodologie



En conditions réelles d'élevage

- Calendrier et opérations effectuées





9-Méthodologie



En conditions réelles d'élevage

- Schéma d'implantation sur parcs d'élevage*

Niveau bathymétrique 3

8^{ème} rangée

Récolte juillet	Récolte Septembre	Récolte Novembre	Récolte Avril
11 mois	13 mois	15 mois	20 mois



Niveau bathymétrique 2

5^{ème} rangée

Récolte juillet	Récolte Septembre	Récolte Novembre	Récolte Avril
11 mois	13 mois	15 mois	20 mois



Niveau bathymétrique 1

1^{ère} rangée

Récolte juillet	Récolte Septembre	Récolte Novembre	Récolte Avril
11 mois	13 mois	15 mois	20 mois



Pieux sur lesquels les paniers de suivi de croissance standard sont installés

- A chaque niveau bathymétrique d'élevage, **24 pieux** sont ensemencés.

- **4 séquences identiques** sont déployées de manière à disposer des pieux expérimentaux pour les **4 dates de récoltes** définies.

- Chaque séquence est composée de :

◦ **3 pieux ensemencés avec 1 corde** de 3 m

et de :

◦ **3 pieux ensemencés avec 2 cordes** de 3 m.



- Des paniers de suivis de croissance des moules ont été implantés à raison de **3 paniers** par niveau bathymétrique (par file : côté « Large », Milieu et côté « Terre ») de manière à mesurer le différentiel de croissance (sans contrainte de densités) dû aux variations de bathymétrie. Ces paniers ont été installés sur des pieux spécifiques et les mesures des variables d'intérêt ont été réalisées après 12 mois d'élevage. (méthodologie REMOULNOR – suivi de la productivité standard)



Au total, ce sont ainsi **81 pieux** [$3 \times (24 + 3)$] qui sont mobilisés pour cette expérimentation.

*Les élevages expérimentaux ont été implantés sur les concessions du mytiliculteur partenaire.



9-Méthodologie



En conditions réelles d'élevage



Le rendement brut est évalué avant dégrappage des moules récoltées = Poids brut

- Phase de traitement des moules récoltées*



Dégrappage des moules :

Séparation des moules (toutes tailles) de tous les accessoires d'élevage (filets, cordes, tahitiennes etc...) : 1^{ère} étape de déchet



Lavage des moules :

Toutes les moules récupérées sont passées au laveur pour être nettoyées et triées une 1^{ère} fois (séparation de dessous de grille ou autre déchet que moule)

Crible des moules :

Tri par taille (grille de 12 mm) pour séparer les moules commercialisables des « petites moules »

Table de tri :

Dernière phase de tri pour enlever les moules cassées ou coquilles vides ou perceurs qui subsisteraient.

Pesée des moules :

Conditionnement des moules de commercialisable pesée automatique.



Le rendement net est évalué en fin de traitement = Poids net de moules lavées triées



* Opérations réalisées avec les équipements professionnels mis à disposition par le mytiliculteur partenaire.



10-Résultats



En conditions réelles d'élevage

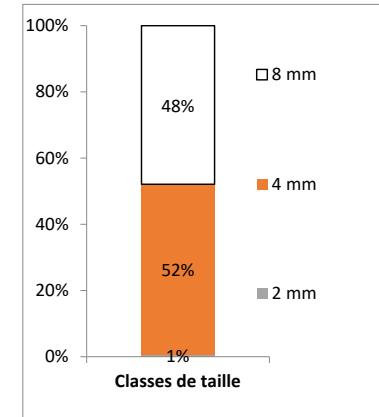
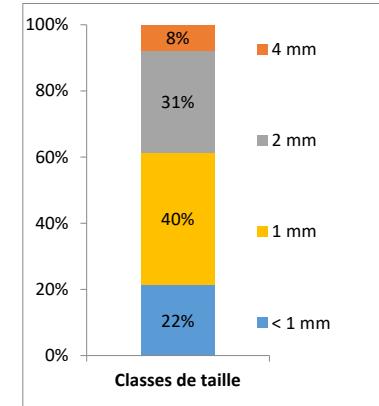
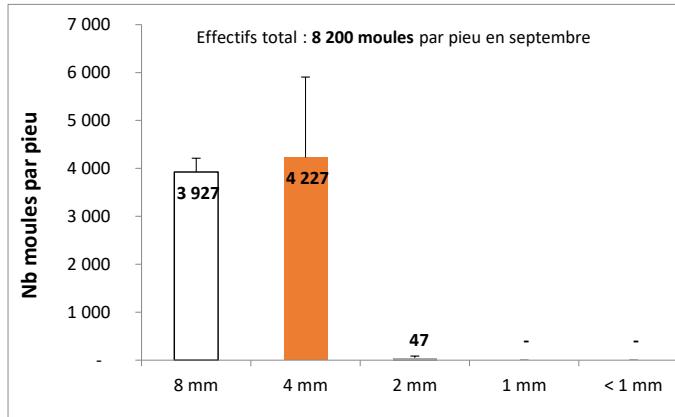
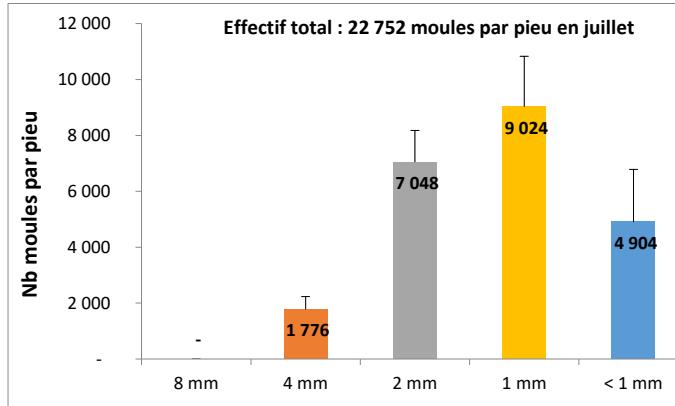
Densités de moules sur les cordes ?

Juillet 2019 : La charge moyenne en moules sur les cordes est de 7 584 moules /mètre.

Soit un effectif moyen de **22 752 moules** pour 3 m de corde installée.

Septembre 2019 : La charge moyenne en moules sur les cordes est de 2 733 moules /mètre.

Soit un effectif moyen sur pieux pour 3 m de corde installée de **8 200 moules** +/- 2 427 (IC95).



Bilan

Entre ces deux dates ne subsiste sur cordes que **36%** des effectifs initiaux.

Soit une perte moyenne d'environ les deux tiers des effectifs avant implantation sur les pieux.



A l'ensemencement des cordes sur pieux en septembre 2019, les effectifs moyens en début d'élevage sont estimés à :

Bilan

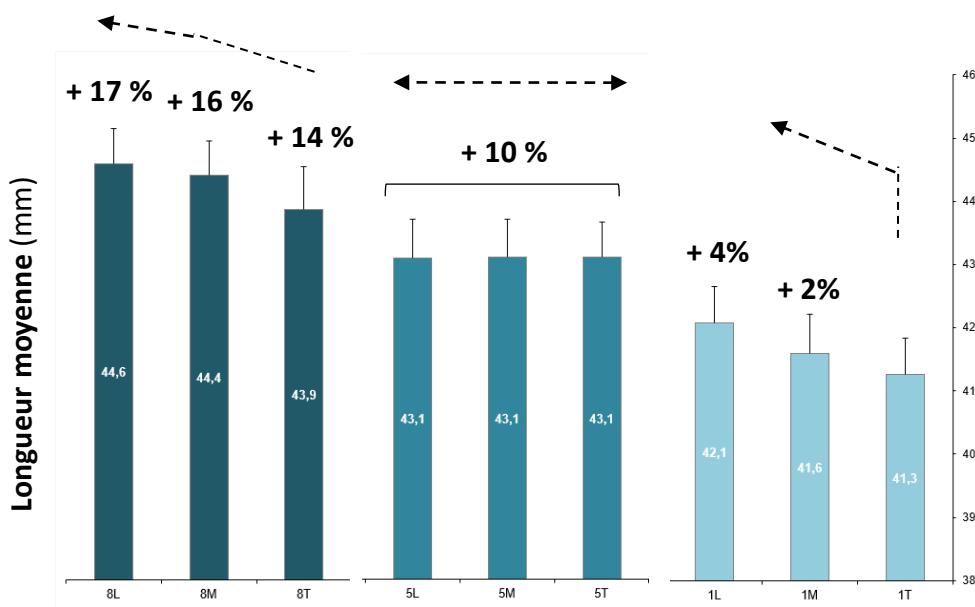
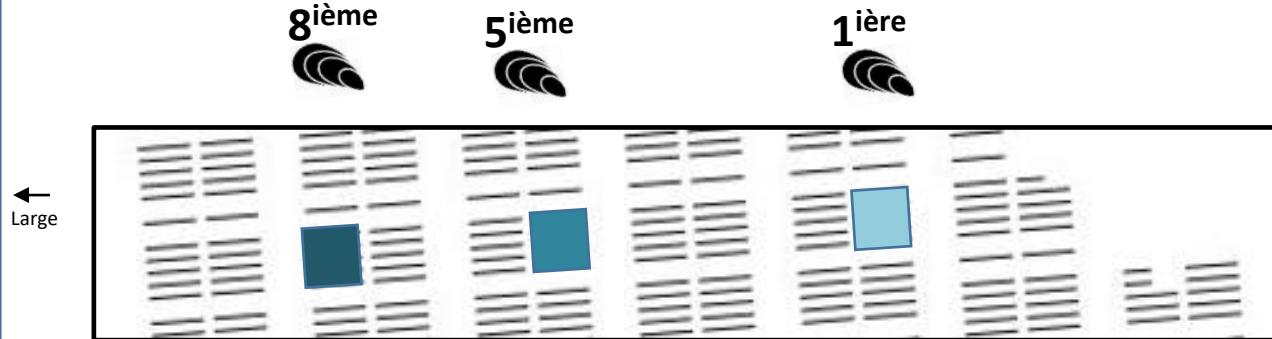
- **8 200 moules par pieu** avec **1 corde** avec un minimum de **5 773** (- IC95) et un maximum de **10 627** (+ IC95)
- **16 400 moules par pieu** avec **2 cordes** avec un minimum de **11 546** (- IC95) et un maximum de **21 254** (+ IC95)

Chiffres de référence pour le calcul des pertes en effectifs en fin d'élevage

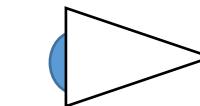


11-Résultats

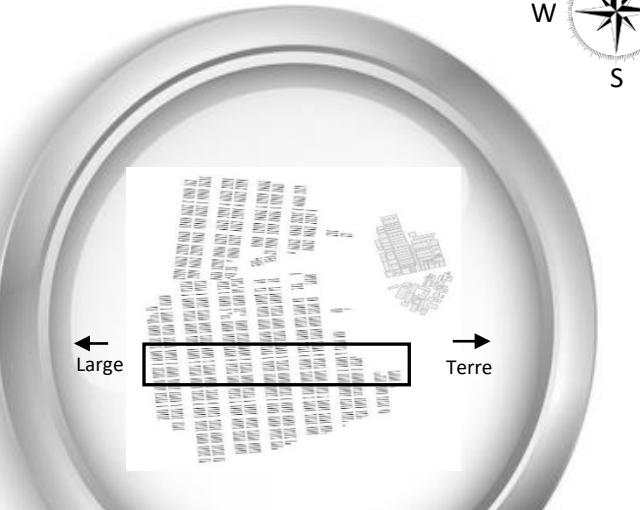
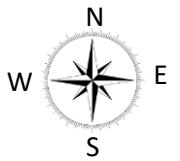
En fonction des niveaux bathymétriques ?



+ % : gain de croissance en % par rapport à la valeur obtenue au point le plus haut sur estran



Suivi en panier dans le milieu



Le **gradient de croissance linéaire** est très net entre la 1^{ière}, la 5^{ième} et la 8^{ième} rangée ($p<0,01$), suivant le **gradient bathymétrique** allant de la « terre » vers le large.

Au cœur même de chaque rangée, sur les 100 m d'une file de pieux, un gradient de croissance est observé en 1^{ière} et en 8^{ième} rangée, même si les valeurs moyennes de longueur de coquille ne diffèrent pas statistiquement ($p<0,01$).

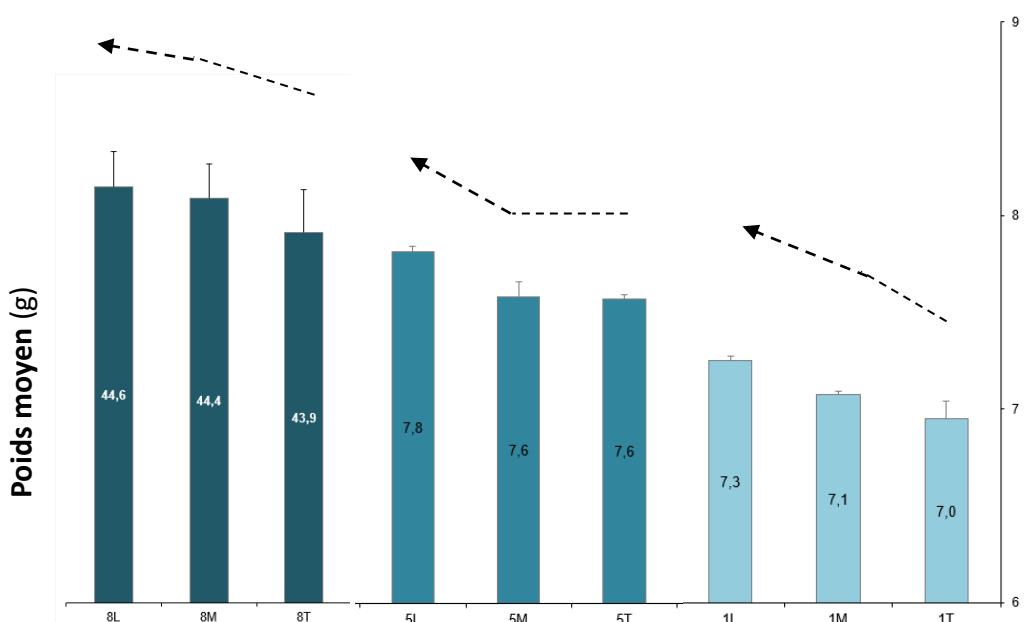
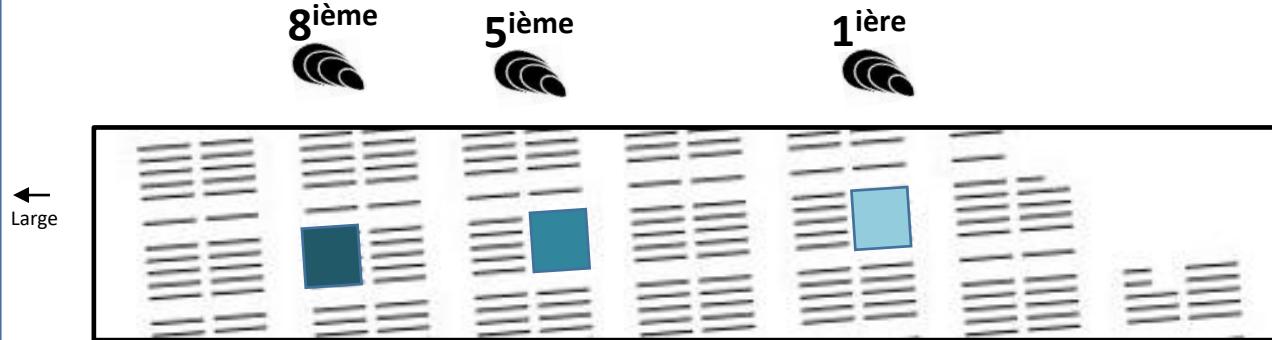
Notons que sur les 100 m d'une file de pieux en 5^{ième} rangée, la topographie semble être plus plane car les longueurs moyennes de coquille mesurées à chaque extrémité et au centre sont strictement identiques.

NB : le *même profil* de réponse est obtenu avec la variable **Poids de coquille sèche (g)**



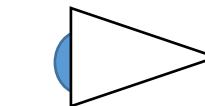
11-Résultats

En fonction des niveaux bathymétriques ?

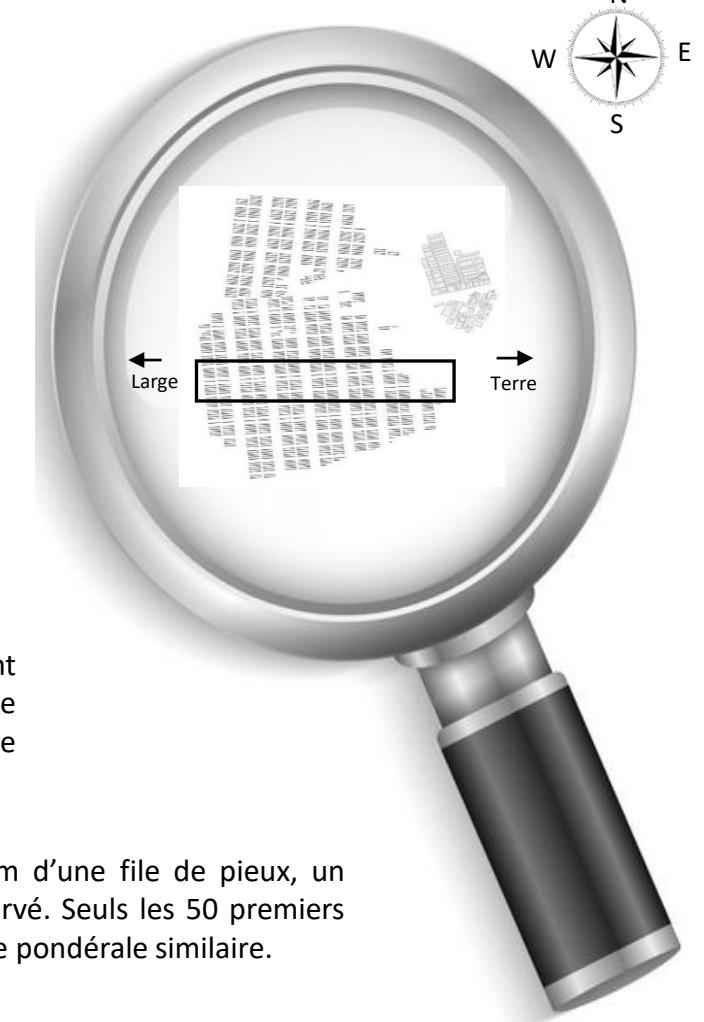


Le **gradient de croissance pondérale** est également très net entre la 1ère, la 5ème et la 8ème rangée ($p<0,01$), et suit aussi le gradient bathymétrique allant de la « terre » vers le large.

Au cœur même de chaque rangée, sur les 100 m d'une file de pieux, un **gradient de croissance presque continu** est observé. Seuls les 50 premiers mètres de la 5^{ème} rangée présentent une croissance pondérale similaire.



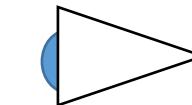
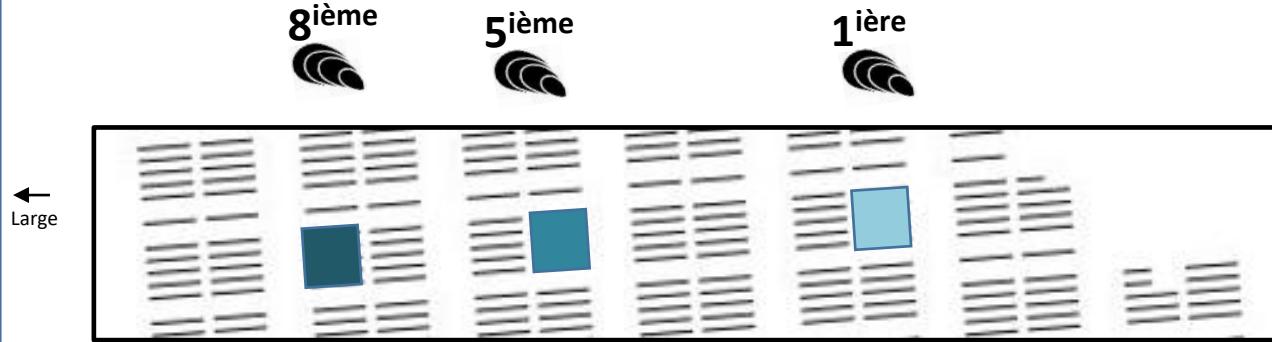
Suivi en panier dans le milieu



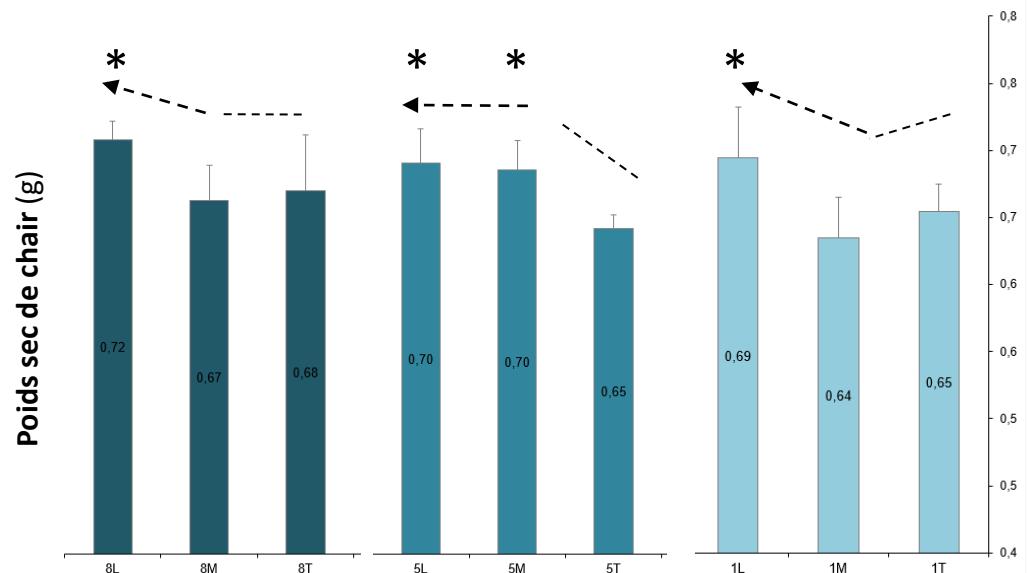
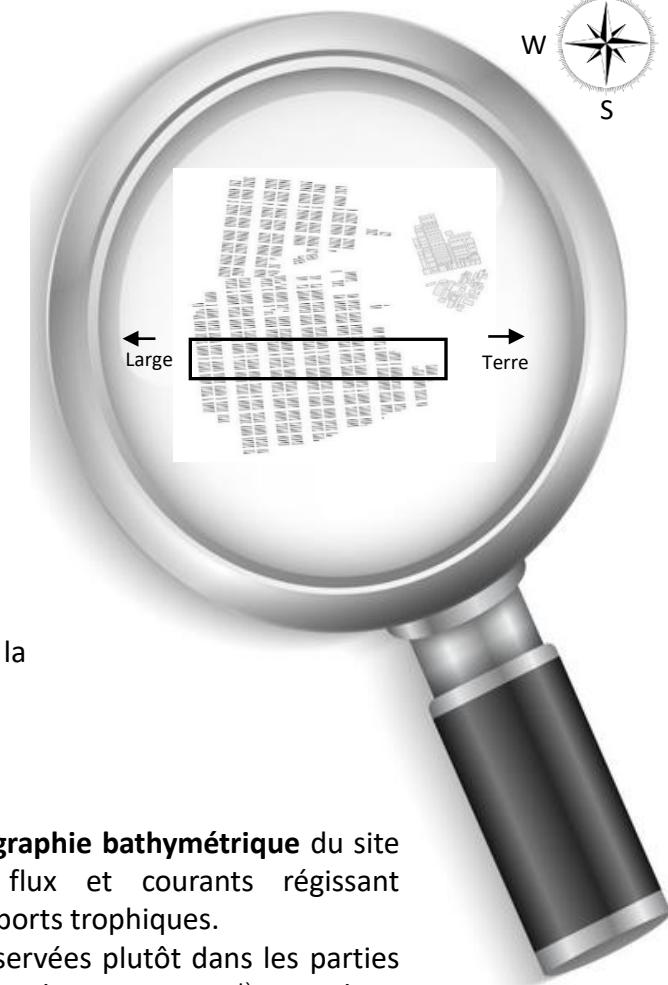
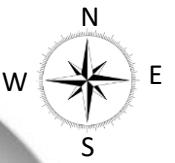


11-Résultats

En fonction des niveaux bathymétriques ?



Suivi en panier dans le milieu



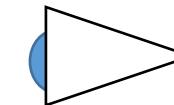
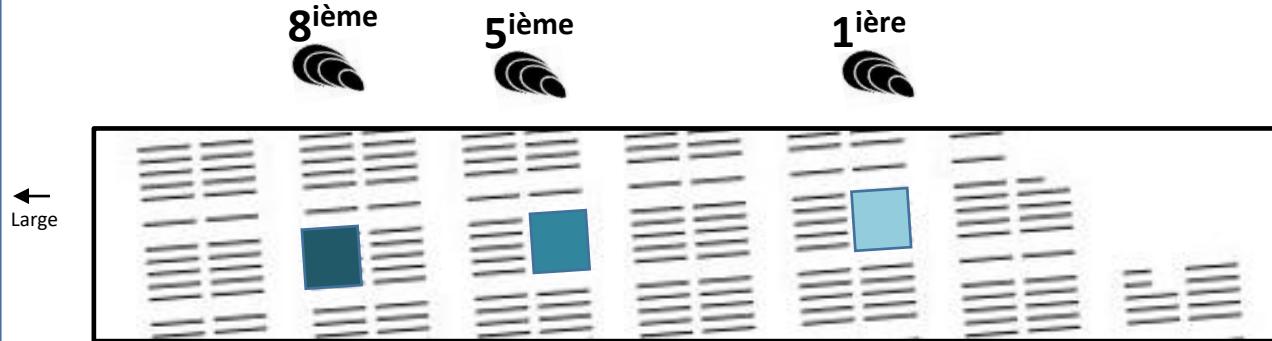
En poids sec de chair, aucun gradient lié à la bathymétrie est observé.

Cette variable ne semble donc pas liée à la topographie bathymétrique du site mais très certainement en lien avec les flux et courants régissant l'hydrodynamisme du secteur et distribuant les apports trophiques. Notons que les valeurs les plus élevées* sont observées plutôt dans les parties les plus larges des lignes de pieux, soit dans la dernière partie en 1^{ère} et 8^{ème} rangée soit dans les 50 derniers mètres en 5^{ème} rangée.

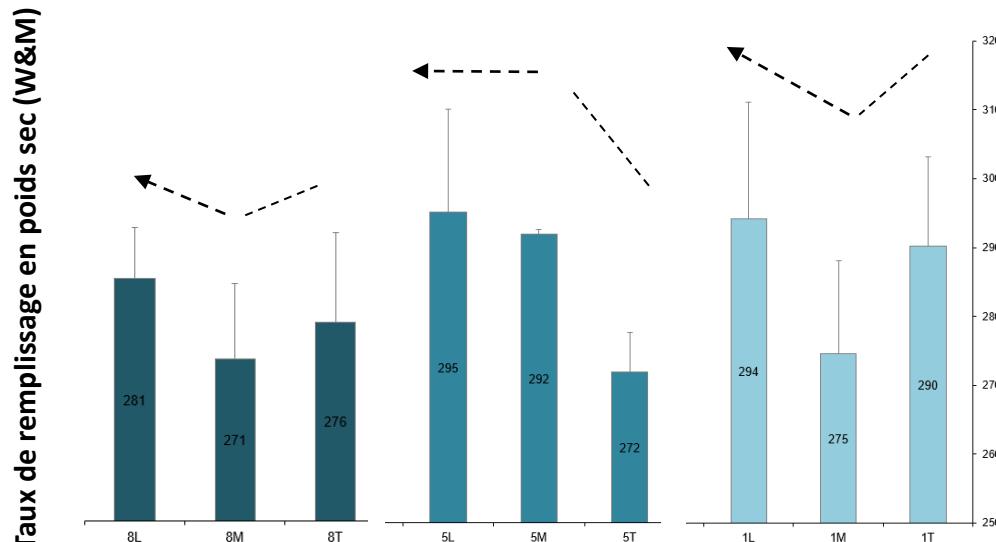
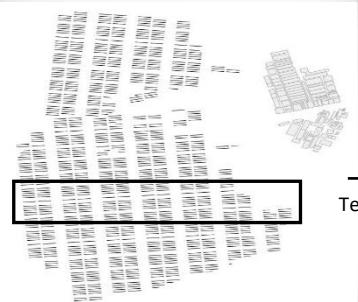
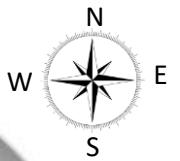


11-Résultats

En fonction des niveaux bathymétriques ?

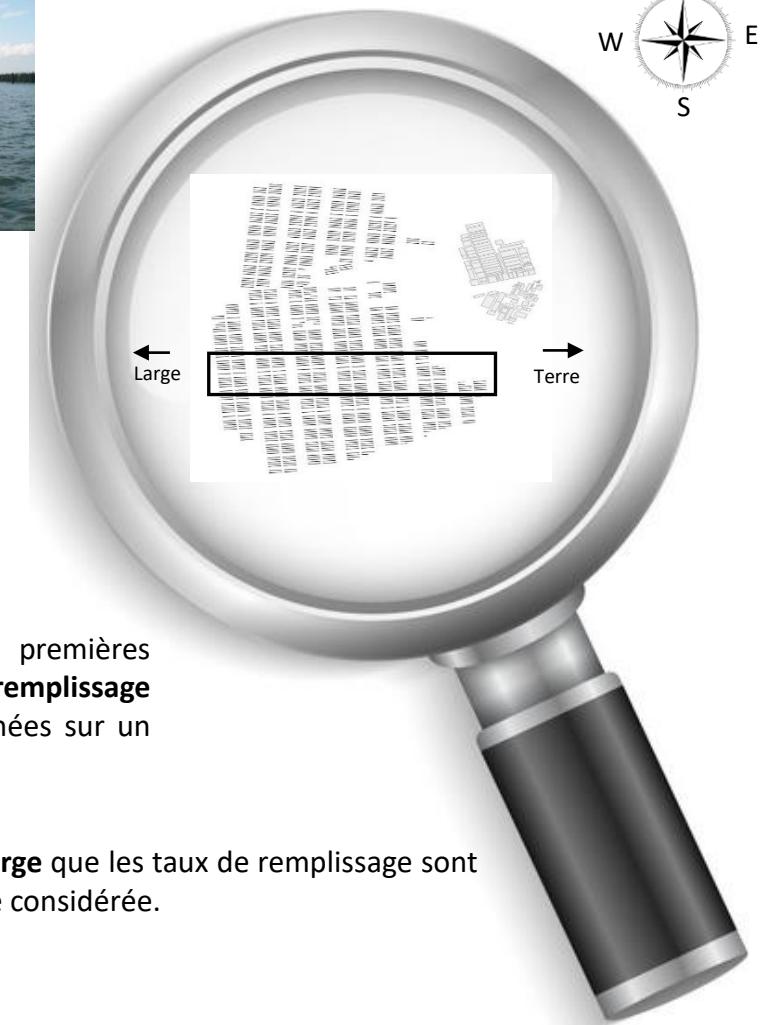


Suivi en panier dans le milieu



Globalement, la résultante de ces premières observations induit des valeurs de **taux de remplissage qui sont très peu différentes** et non alignées sur un gradient bathymétrique Est → Ouest

C'est plutôt **en fin de file de pieux vers le large** que les taux de remplissage sont **les plus importants** quelle que soit la rangée considérée.





11-Résultats

En fonction des niveaux bathymétriques ?

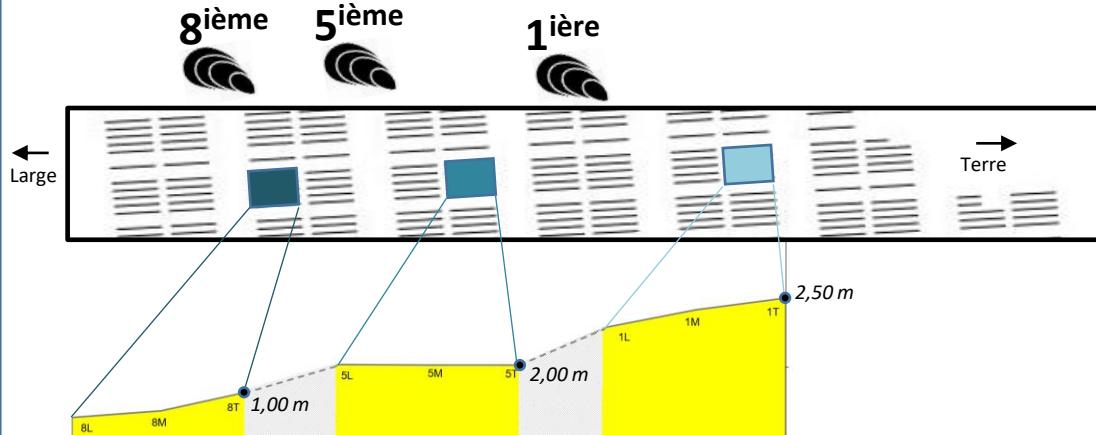
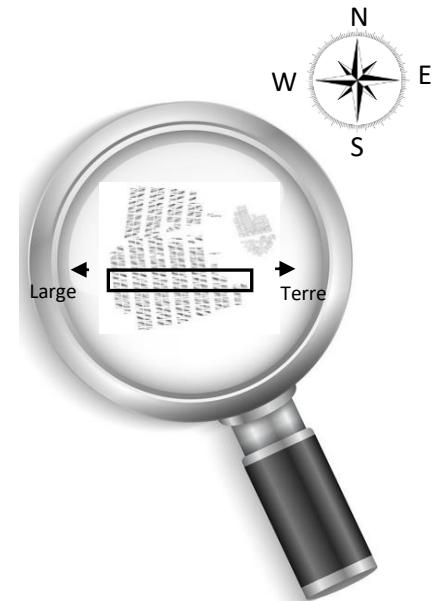


Schéma du différentiel de croissance en fonction de la bathymétrie (hauteur d'eau approximative d'accès m)



Bilan

Dans des conditions d'élevage non limitantes (en panier) :

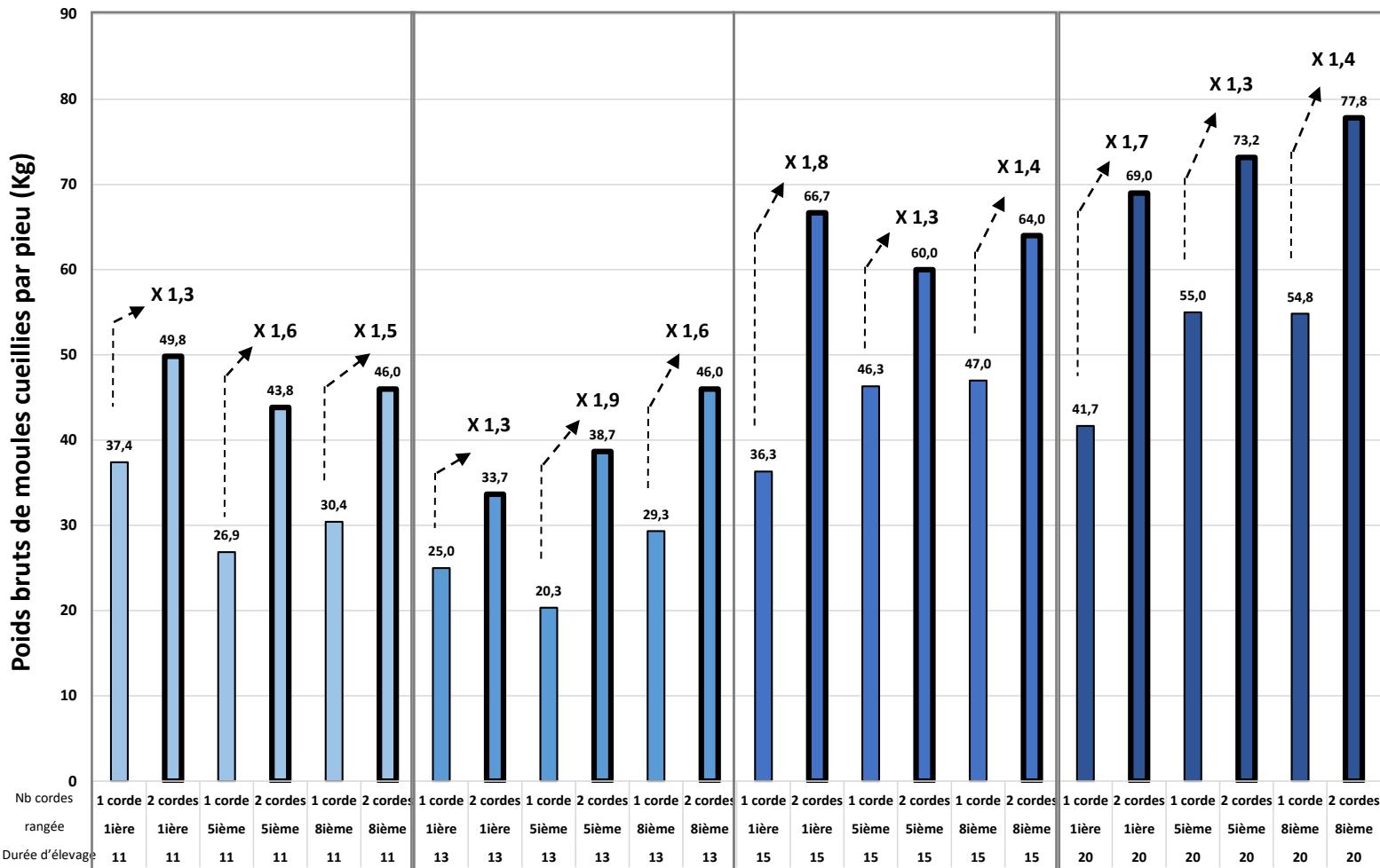
- Le **gradient de croissance linéaire et pondéral** (poids total et poids de coquille) est très significatif et nettement **en lien avec les niveaux bathymétriques** et la topographie comme le montre le schéma ci-dessus.
- La **croissance en chair** quant à elle **est équivalente sur chaque rangée** avec sur les **parties « large » des files** de pieux des poids de chair supérieurs.
- Ainsi, les **taux de remplissage** en chair observés sont **similaires quelle que soit la rangée** avec des taux tout de même plus importants dans les **parties « larges »** de chaque rangée.
- Les élevage expérimentaux testant deux densités de cordes sur chaque rangée sont donc bien soumis à un **définitif significatif de croissance**.



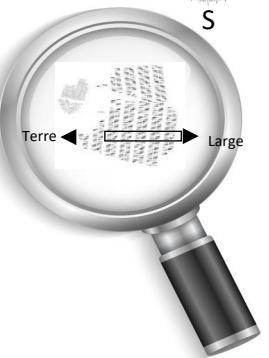
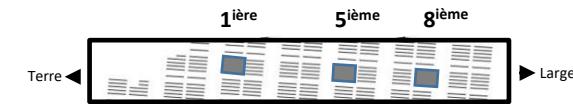
12-Résultats

Sur le rendement brut

Pour un doublement des effectifs en début d'élevage (1 corde → 2 cordes)



En conditions réelles d'élevage



Doubler les effectifs en début d'élevage, ne génère pas un doublement de la productivité brute quelle que soit la durée et le niveau bathymétrique de l'élevage.

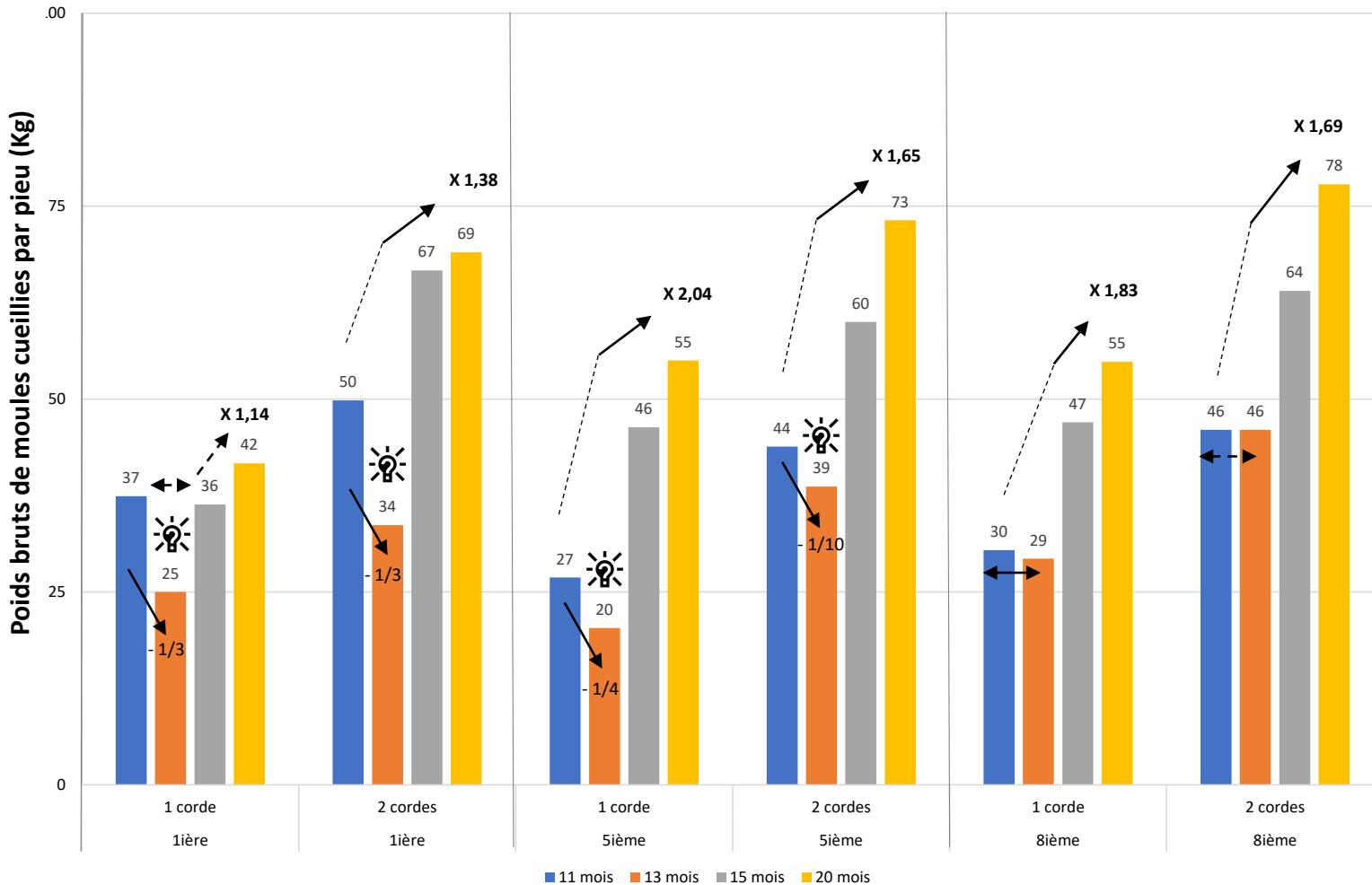
En moyenne, le rendement brut est multiplié par 1,5 quelle que soit la durée d'élevage ou le niveau bathymétrique. Au minimum il est x 1,3 et au maximum x 1,9.

- En **1ière rangée**, le rendement brut n'est multiplié que par **1,3** pour 11 et 13 mois d'élevage alors que pour 15 et 20 mois d'élevage il est multiplié par **1,8 et 1,7**.
- En **5ième rangée**, le constat est inverse. Ce sont pour les durées d'élevage **les plus courtes que le gain de rendement brut est plus élevé** : passant **x 1,6 et x 1,9** (11 et 13 mois d'élevage) à **x 1,3** (15 et 20 mois d'élevage). Précisons que c'est à ce niveau bathymétrique que l'augmentation maximale de rendement est observée.
- Plus au large en **8ième rangée**, l'augmentation de rendement varie de **36% à 57%**. Une tendance similaire à celle observée en **5ième rangée** est notée mais avec de beaucoup plus faibles écarts d'augmentation de rendement.



12-Résultats

Sur l'évolution du rendement brut



En conditions réelles d'élevage



1^{ère} récolte : 11 mois

2^{nde} récolte : 13 mois

3^{ème} récolte : 15 mois

4^{ème} récolte : 20 mois

Juillet
2020

Septembre
2020

Novembre
2020

Avril
2021



En 1^{ière} et en 5^{ème} rangée, des chutes de poids brut sont constatées lors de la récolte à 13 mois à l'issue de la période estivale.

En 8^{ème} rangée, aucune baisse n'est constatée mais le poids brut par pieux n'a pas du tout évolué.

La perte de poids bruts est d'environ 1/3 en 1^{ère} rangée. Elle est respectivement de 1/4 et 1/10 en 5^{ème} rangée sur les pieux ensemencés avec 1 corde et avec 2 cordes.

Bilan

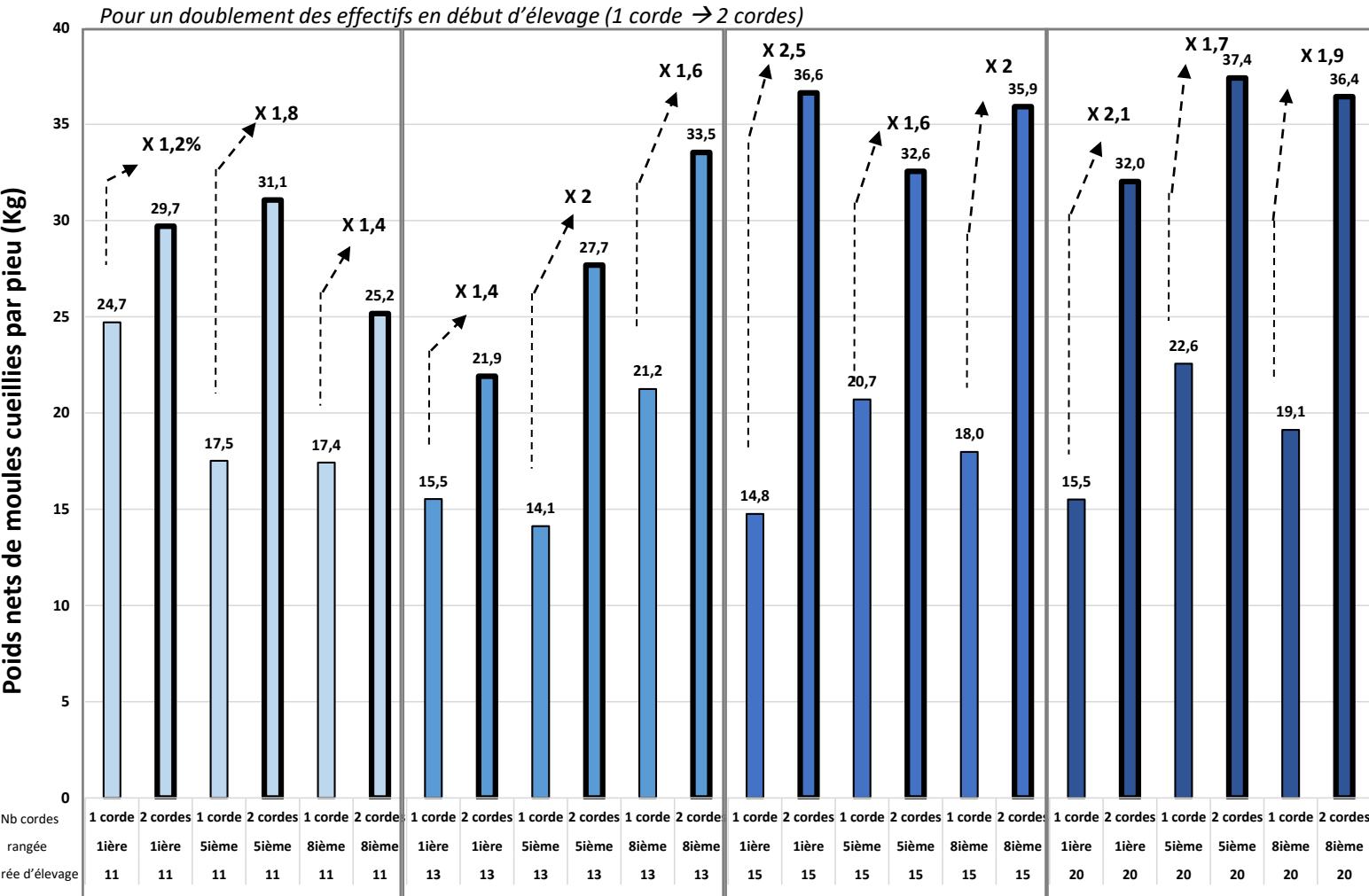
Un poids brut par pieu de **50 Kg** est atteint ou dépassé :

- En 1^{ière} rangée mais si 2 cordes ont été installées (max 69 Kg)
- En 5^{ème} rangée après 20 mois d'élevage avec 1 corde par pieu (55 Kg) et à partir de 15 mois d'élevage avec 2 cordes par pieu (60 Kg) max 73 Kg à 20 mois.
- En 8^{ème} rangée après 20 mois d'élevage avec 1 corde par pieu (55 Kg) et à partir de 15 mois d'élevage avec 2 cordes par pieu (64 Kg) max 78 Kg à 20 mois.

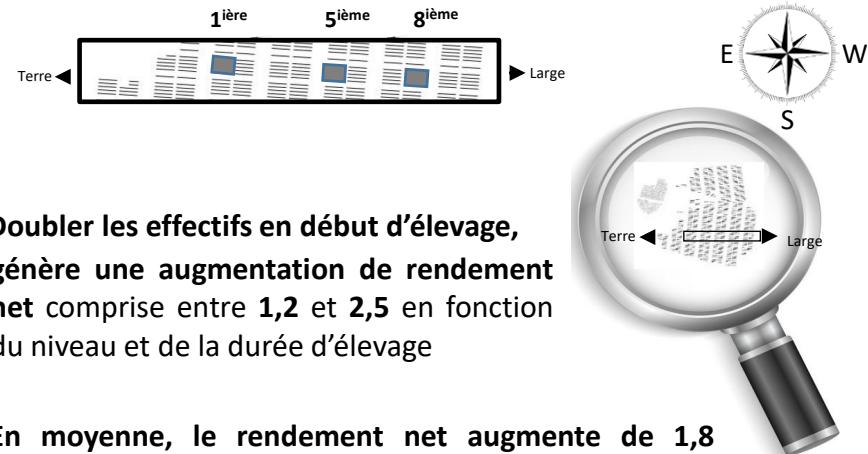


12-Résultats

Sur le rendement net



En conditions réelles d'élevage



En moyenne, le rendement net augmente de 1,8 quelle que soit la durée ou le niveau bathymétrique d'élevage.

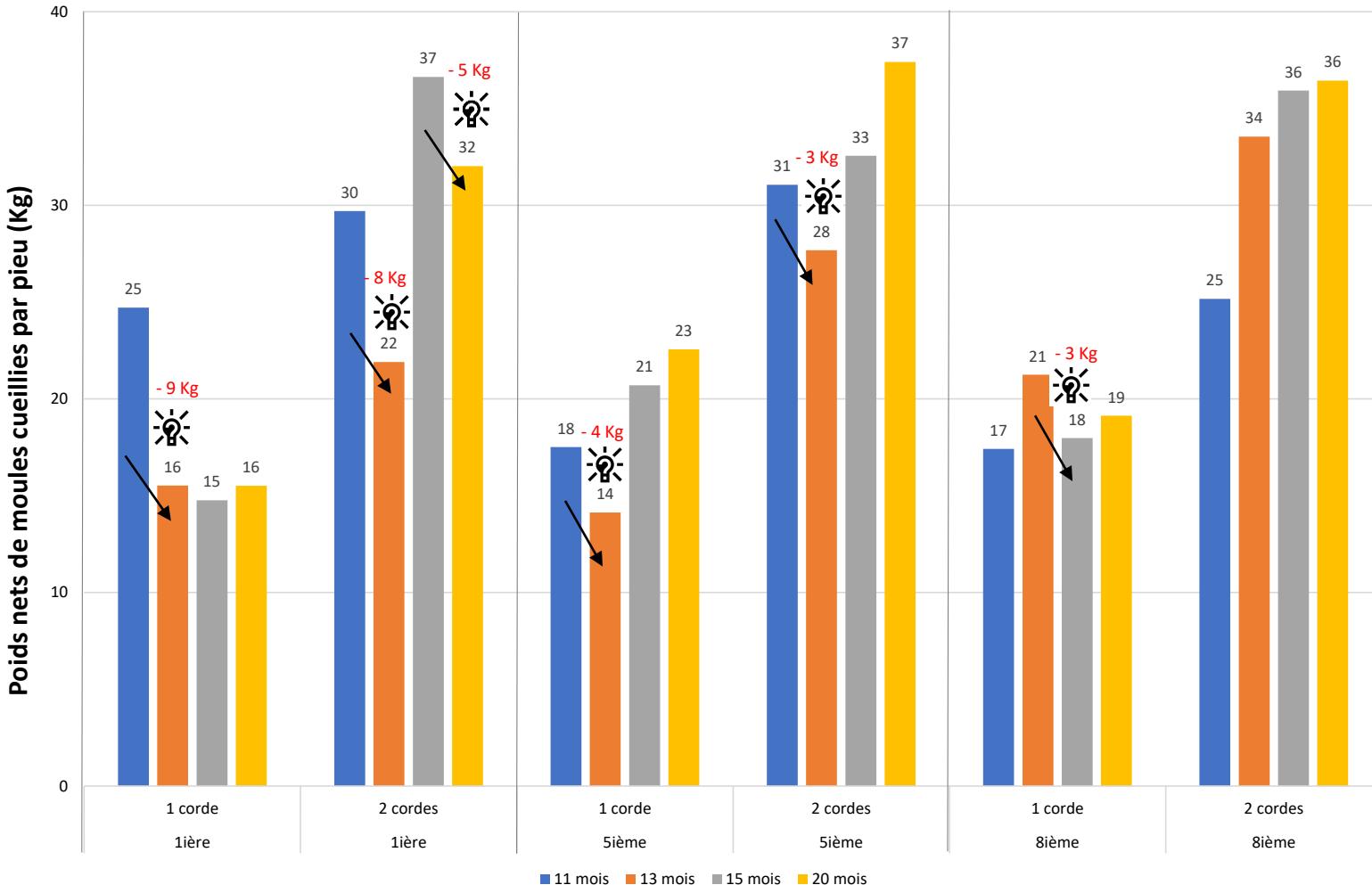
L'augmentation de rendement net passe de :

- 1,2 à 1,4 pour 11 et 13 mois d'élevage, à 2,5 et 2,1 pour 15 et 20 mois d'élevage en 1ière rangée.
- 1,2 à 1,4 pour 11 et 13 mois d'élevage, à 2,5 et 2,1 pour 15 et 20 mois d'élevage en 5ième rangée.
- 1,2 à 1,4 pour 11 et 13 mois d'élevage, à 2,5 et 2,1 pour 15 et 20 mois d'élevage en 8ième rangée.



12-Résultats

Sur l'évolution du rendement net



En conditions réelles d'élevage



1^{ère} récolte : 11 mois

2^{nde} récolte : 13 mois

3^{ème} récolte : 15 mois

4^{ème} récolte : 20 mois

Juillet
2020

Septembre
2020

Novembre
2020

Avril
2021



Des chutes de rendement net sont constatées lors de la récolte à **13 mois** (à l'issue de la période estivale) en **1^{ière} rangée** (-8 à 9 Kg) et en **5^{ème} rangée** (-3 à 4 Kg), sur l'ensemble des pieux (1 et 2 cordes ensemencées).

En **1^{ière} rangée**, sur les pieux ensemencés avec **1 corde**, une chute de **5 Kg** est mesurée lors de la récolte à **20 mois**.

En **8^{ème} rangée**, sur les pieux ensemencés avec **1 corde**, une chute de **3 Kg** est mesurée lors de la récolte à **15 mois**.

Bilan

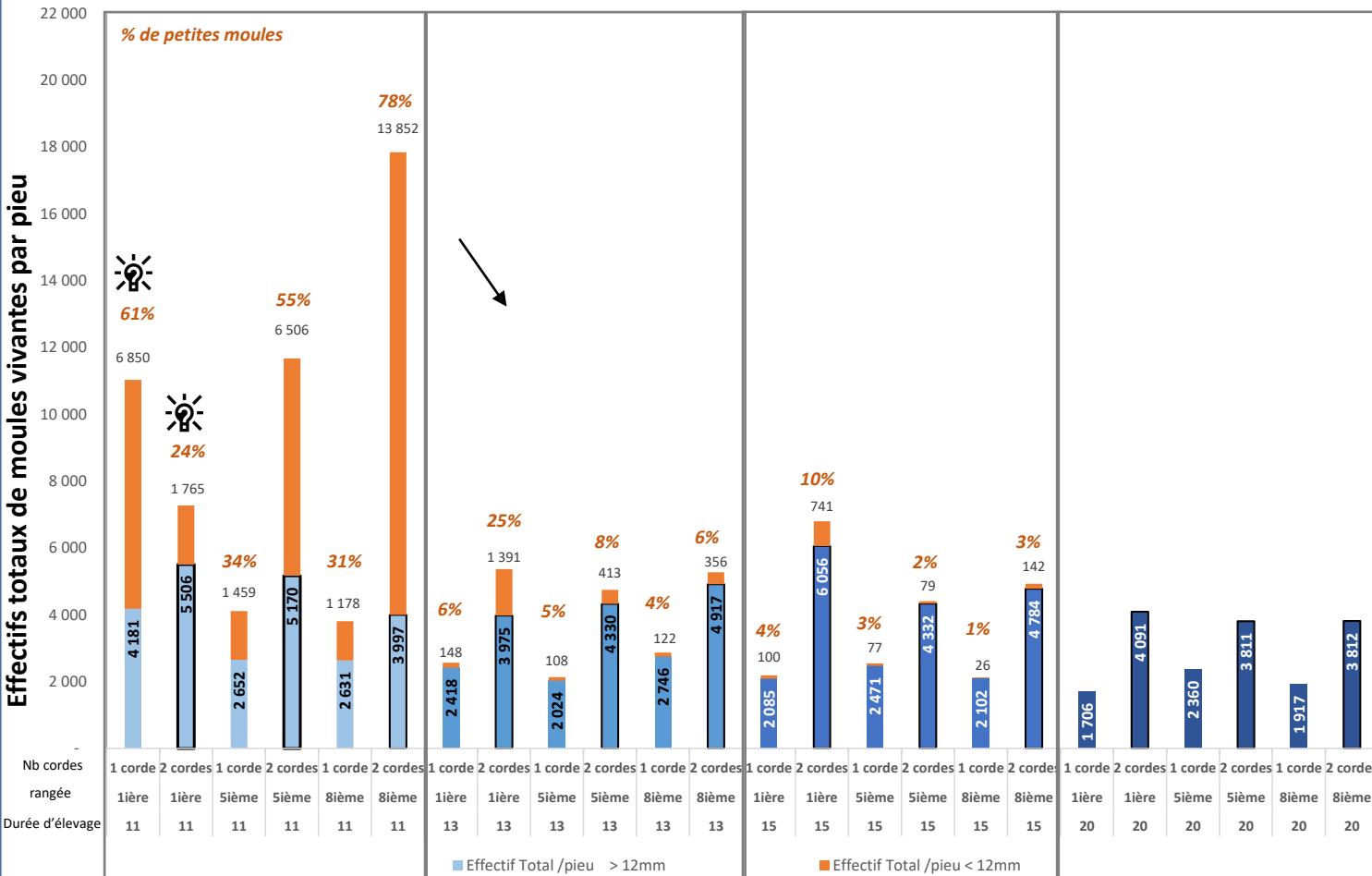
- En **1^{ière} et 5^{ème} rangée**, seules 2 cordes permettent d'atteindre **30 Kg** de moules commercialisables (dès 11 mois d'élevage). En **8^{ème} rangée** c'est à partir de 13 mois d'élevage.
- Avec 1 seule corde, la productivité nette varie de **16 Kg** en **1^{ière} rangée** à environ **20 à 23 Kg** sur les autres niveaux bathymétriques.



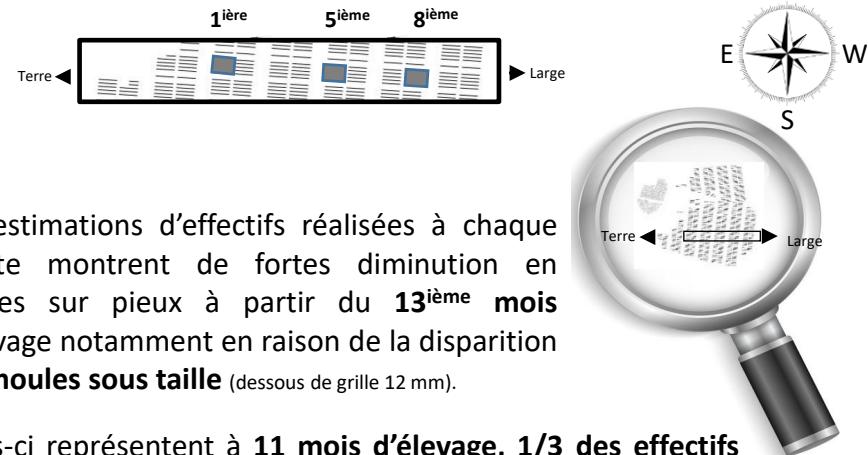
12-Résultats

Sur les effectifs de moules vivantes

Effectifs initiaux : de 6 à 11 000 moules /pieu avec 1 corde et de 12 à 21 000 moules /pieu avec 2 cordes



En conditions réelles d'élevage



Ces estimations d'effectifs réalisées à chaque récolte montrent de fortes diminution en moules sur pieux à partir du **13^{ème} mois d'élevage** notamment en raison de la disparition **des moules sous taille** (dessous de grille 12 mm).

Celles-ci représentent à **11 mois d'élevage**, **1/3 des effectifs** en **5^{ième} et 8^{ième} rangées** à partir de 1 corde ensemencée par pieu alors que leur proportion atteint **55%** à **78%** sur des pieux ensemencés avec 2 cordes.

Cette tendance est inversée en **1^{ière} rangée** puisque c'est à partir de **2 cordes** ensemencées au départ que la proportion de moules sous taille n'est que de **24%** alors qu'avec 1 seule corde elle est de **61%**

Bilan

D'une manière générale, la proportion de moules sous taille est **toujours plus importante sur les pieux ensemencés avec 2 cordes**.

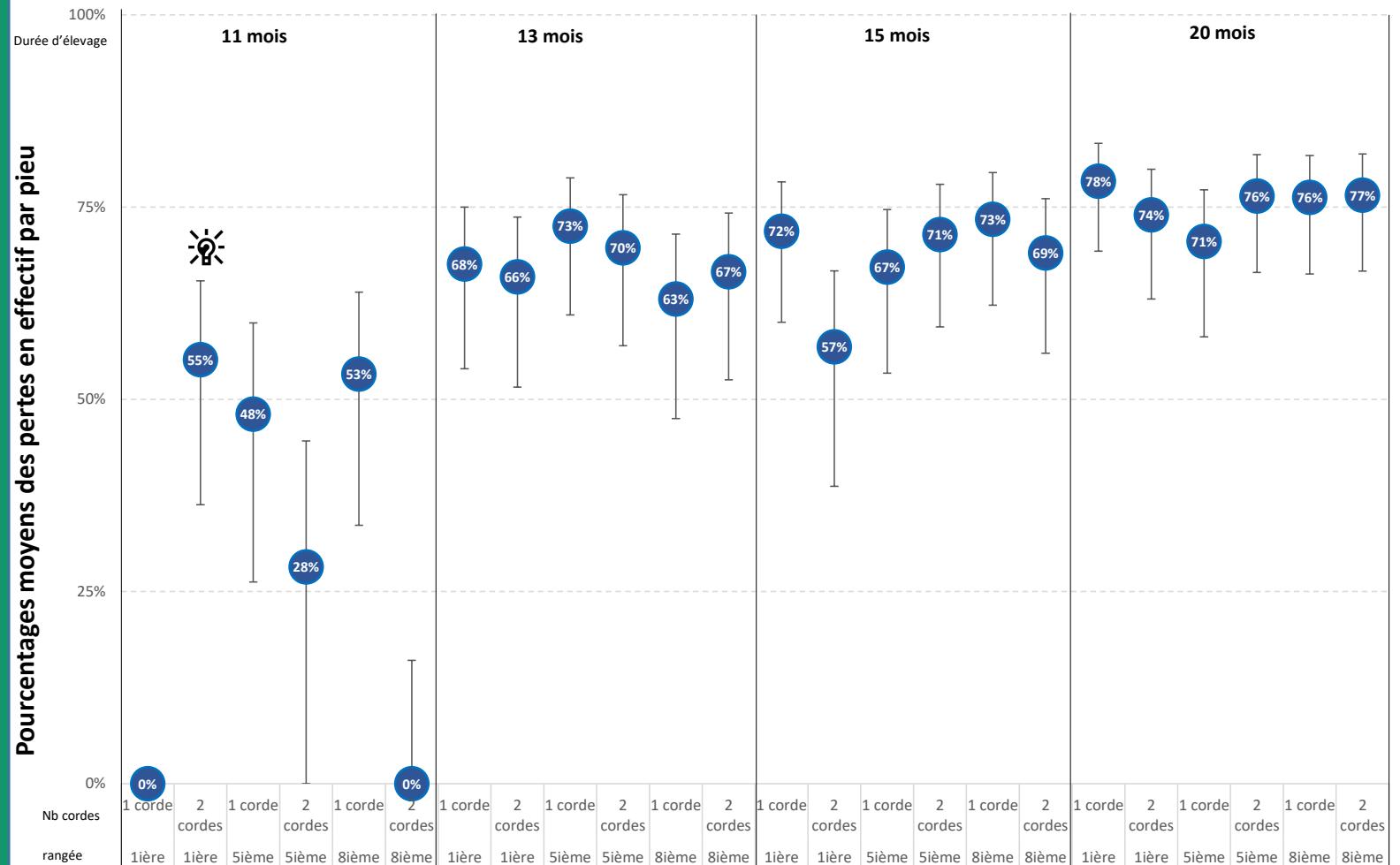
Au fur et à mesure de la croissance, cette catégorie de moules **disparaît progressivement** jusqu'à 15 mois d'élevage et n'est plus du tout retrouvée au bout de **20 mois d'élevage**.



12-Résultats

Sur les pertes globales de moules vivantes

% : % perte moyen par rapport à l'effectif initial moyen – barre d'erreur : différence entre effectif final et effectifs min et max



En conditions réelles d'élevage



L'estimations des effectifs finaux permet de calculer les % de perte à chaque récolte.



A 11 mois d'élevage, en 5^{ème} et 8^{ème} rangées, le % de perte atteint déjà 55% sur les pieux ensemencés avec 1 corde. Sur les pieux ensemencés avec 2 cordes ces pertes sont plus faibles voire nulle.

💡 Notons qu'en 1^{ère} rangée, aucune perte n'est décelée sur les pieux initialement ensemencé avec 1 corde alors que ceux ensemencés avec 2 cordes présentent une perte de 55%.

A 13 mois d'élevage, les pertes enregistrées vont de 63% à 73% et restent stables jusqu'au 15 mois d'élevage.

Bilan

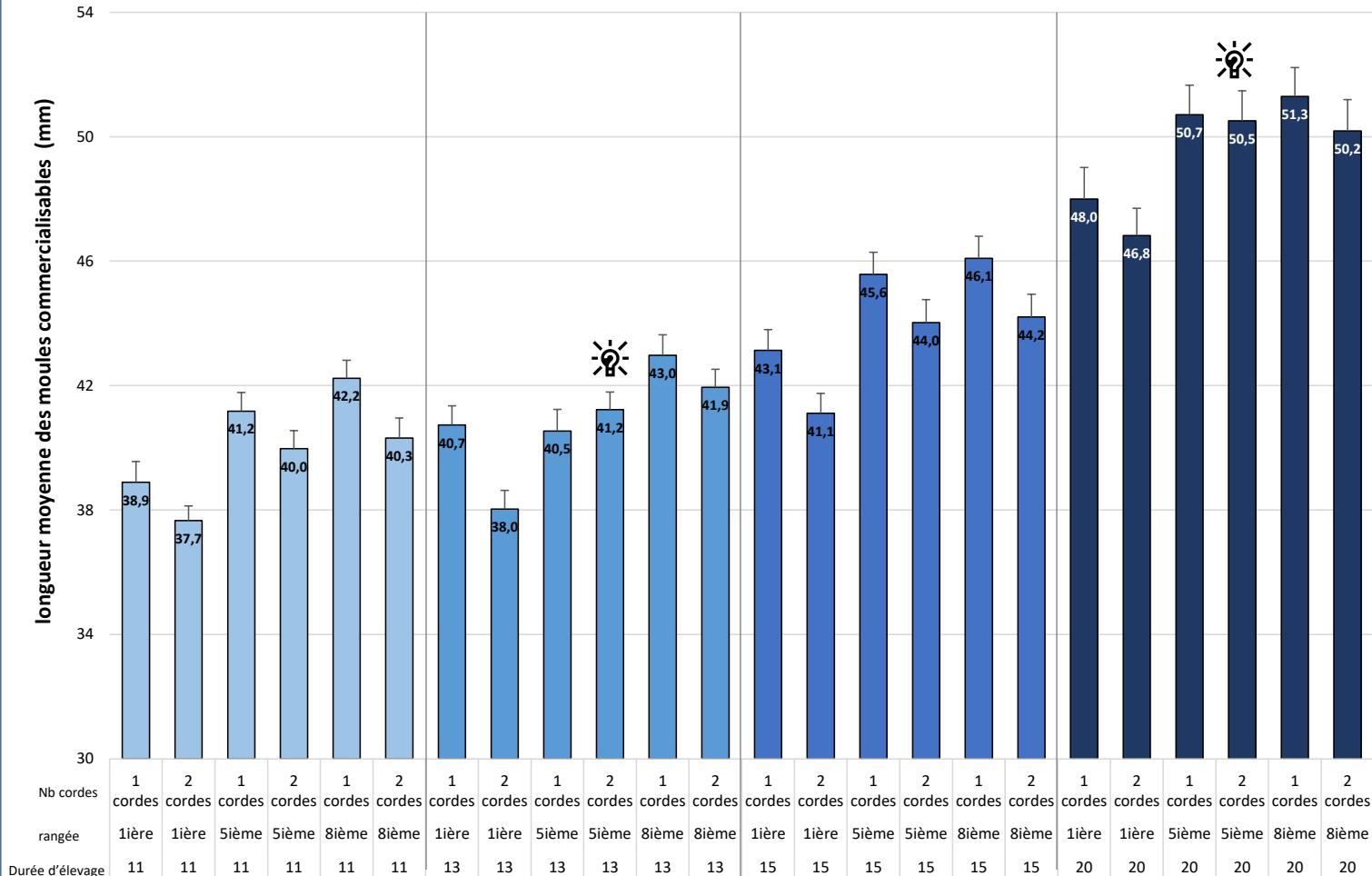
Au bout de 20 mois d'élevage le % de perte est **sensiblement identique** quelle que soit la hauteur bathymétrique d'élevage et la densité initiale.

Il est compris entre **71% et 78%**.

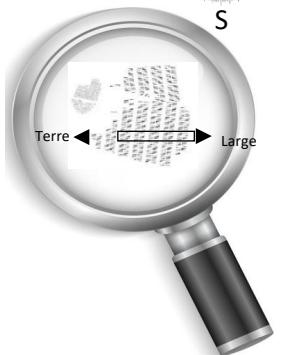


12-Résultats

Sur la croissance linéaire des moules commercialisables



En conditions réelles d'élevage



Quelle que soit la hauteur bathymétrique d'élevage, la longueur moyenne des moules commercialisables est **significativement plus faible** sur les pieux avec **une double densité initiale**.

💡 Les deux seules exceptions sont observées en 5^{ième} rangée à 13 mois et à 20 mois d'élevage

C'est en 1^{ière} rangée que la **croissance linéaire est la plus faible** et ce jusqu'à 20 mois d'élevage. Il faut attendre 13 mois d'élevage pour obtenir une longueur supérieure à 40 mm sur les pieux ensemencés avec 1 corde.

Le différentiels de croissance linéaire entre 5^{ième} et 8^{ième} rangée est visible jusqu'au 13^{ième} mois d'élevage mais ensuite, les **longueurs moyennes des moules commercialisables sont identiques**.

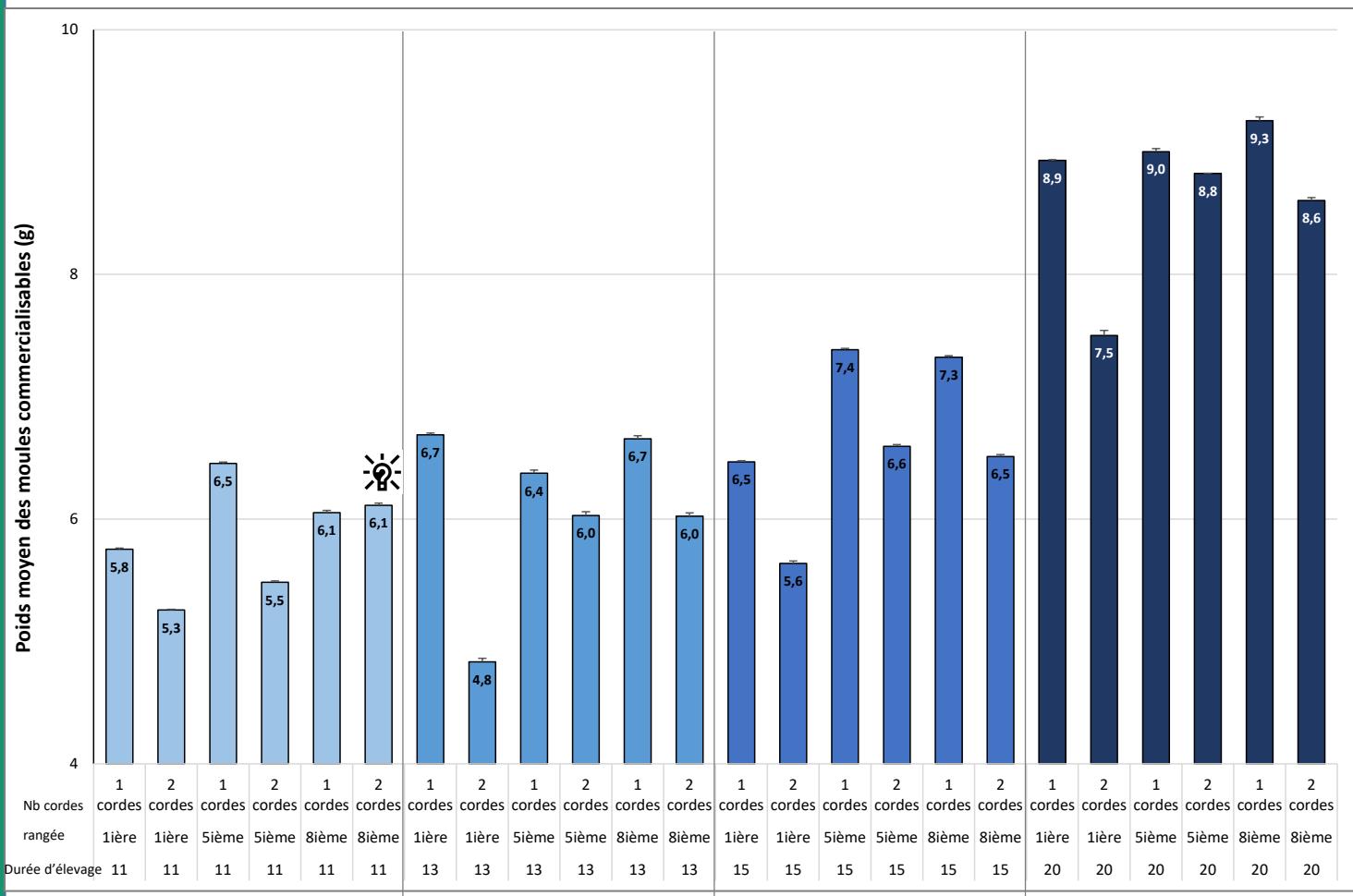
Bilan

La densité initiale a un impact significatif sur la longueur moyenne des moules commercialisables.

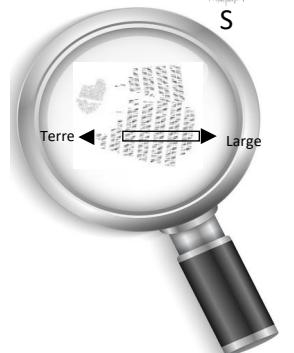
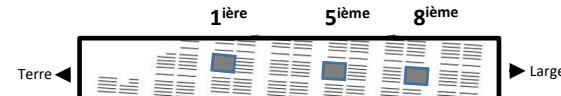


12-Résultats

Sur la croissance pondérale des moules commercialisables



En conditions réelles d'élevage



De manière encore plus nette qu'avec la longueur de coquille, le poids moyen des moules commercialisables est très significativement inférieur sur les pieux avec une double densité initiale.

La seule exception est observée en 8ème rangée à 11 mois d'élevage où aucune différence n'est notée malgré des effectifs très contrastés.

En 1ère rangée la croissance pondérale est la plus faible sur les pieux ensemencés avec 2 cordes. Mais notons que sur ceux ensemencés avec 1 corde, le poids moyens des moules commercialisables est pratiquement équivalent à ceux obtenus sur les autres rangées (au moins équivalent).

Le différentiel de croissance pondérale entre la 5ème et 8ème rangée se gomme à partir de 15 mois d'élevage.

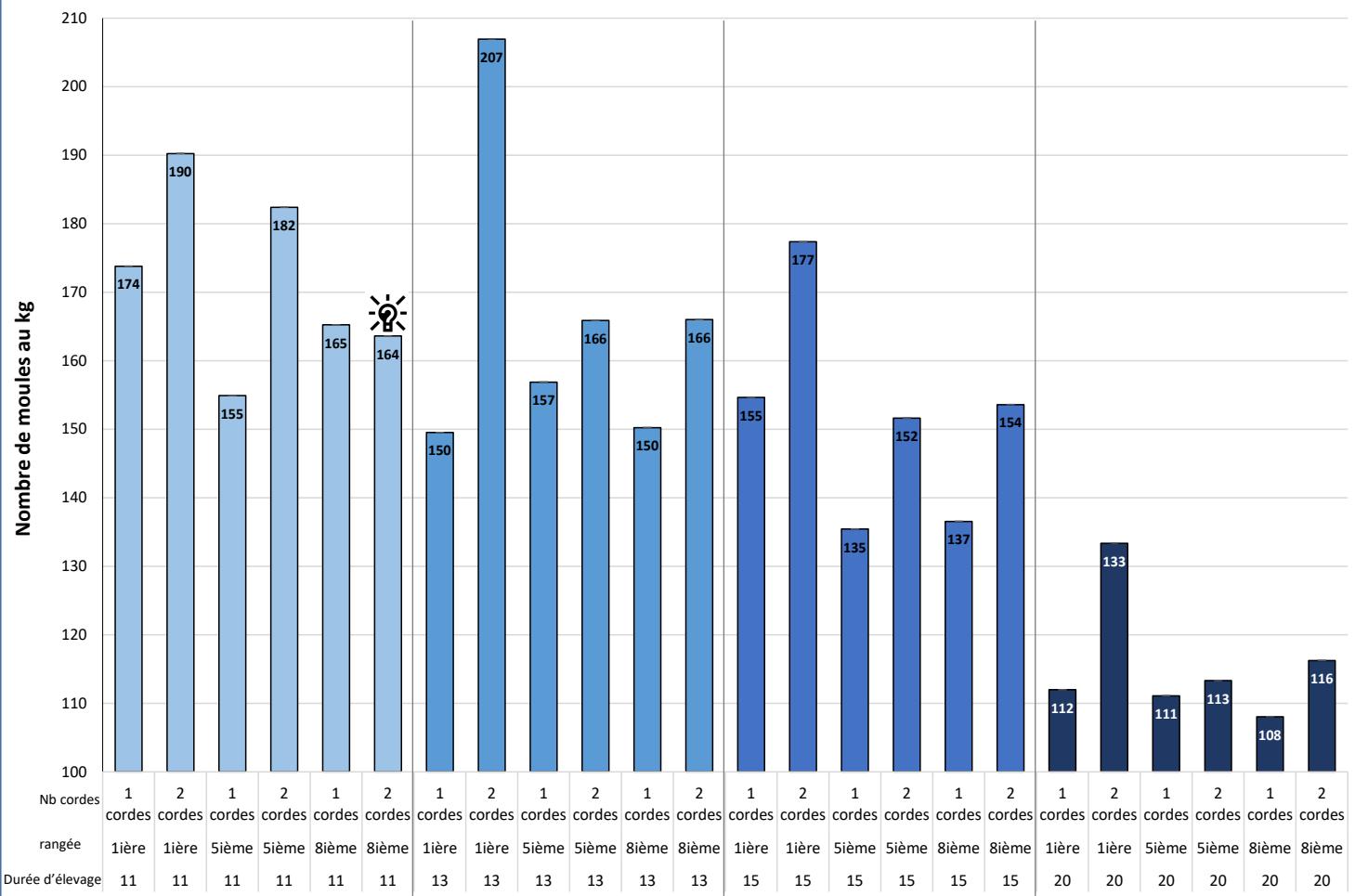
Bilan

La densité initiale a un impact très significatif sur le poids moyen des moules commercialisables.

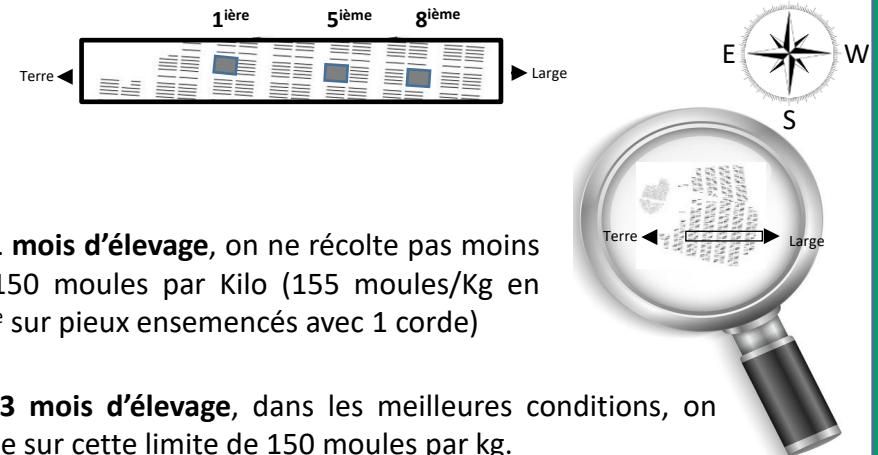


12-Résultats

Sur le nombre de moules commercialisables par kilo



En conditions réelles d'élevage



A **11 mois d'élevage**, on ne récolte pas moins de 150 moules par Kilo (155 moules/Kg en 5ième sur pieux ensemencés avec 1 corde)

A **13 mois d'élevage**, dans les meilleures conditions, on reste sur cette limite de 150 moules par kg.

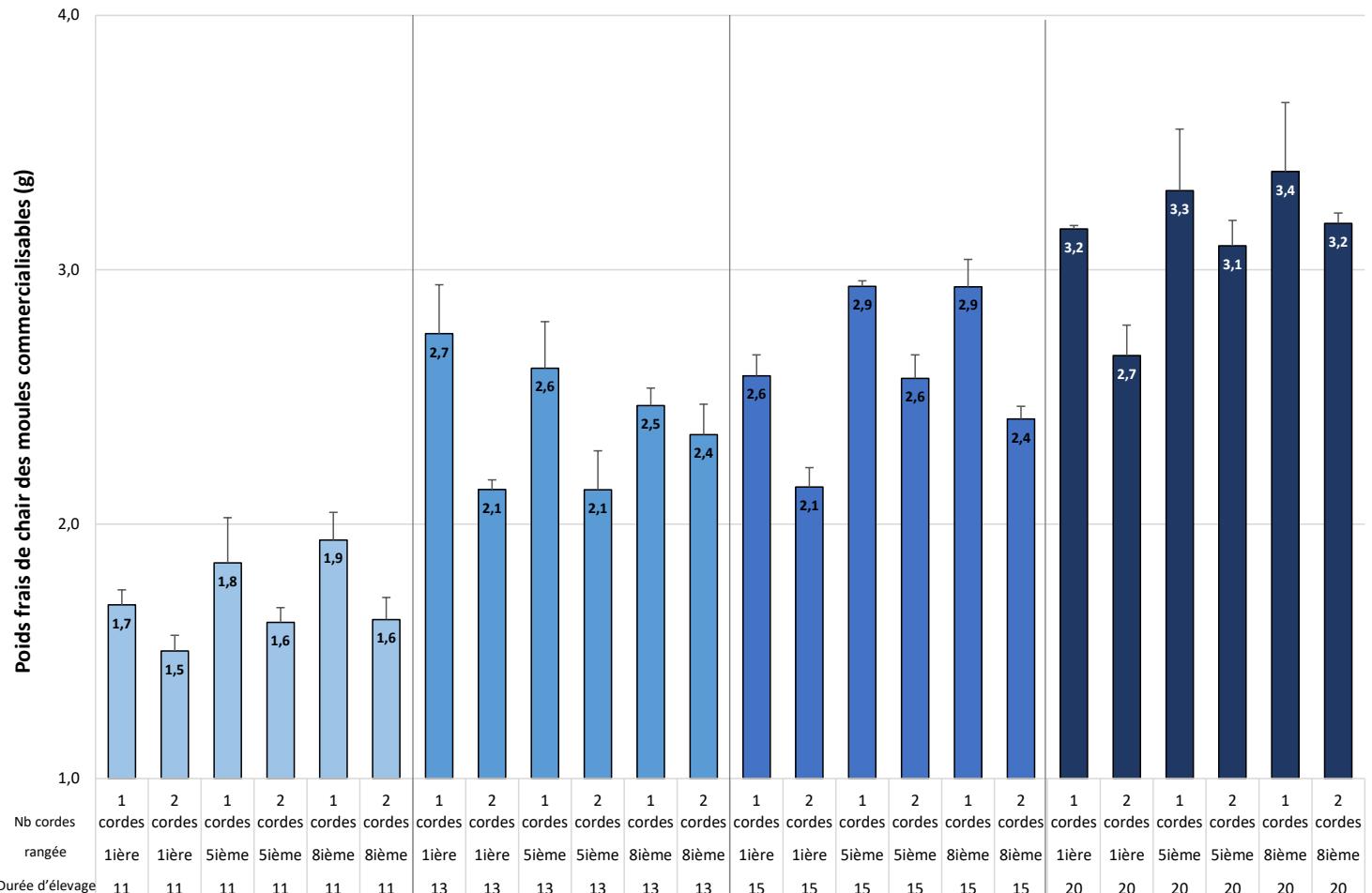
A **15 mois d'élevage**, de façon très significative, on récolte **135 moules par Kg** uniquement à partir des pieux ensemencés avec **1 corde**. Sur les pieux avec 2 cordes, on reste à des valeurs d'environ 150 moules par Kg.

A **20 mois d'élevage**, on récolte 108 à 116 moules par Kg uniquement quelque soit la densité initiale et le niveau bathymétrique, exception faite des pieux en 1ière rangée avec les pieux à double densité initiale (restent en rendement à 133 moules/Kg)

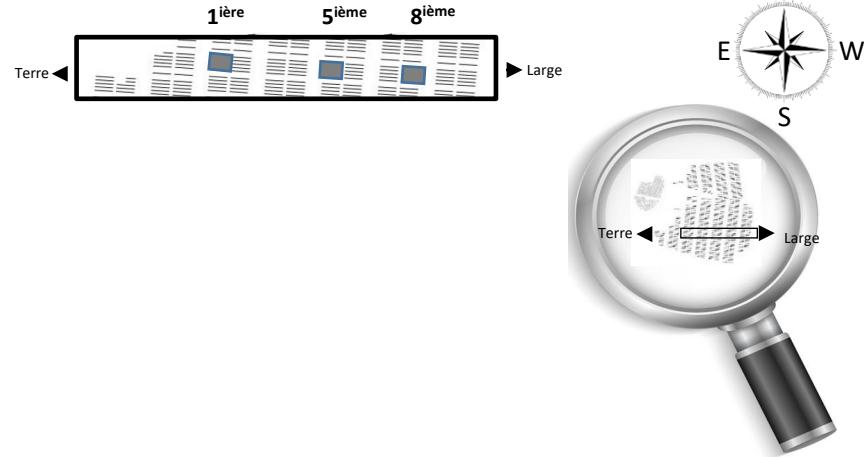


12-Résultats

Sur le poids frais de chair des moules commercialisables



En conditions réelles d'élevage



Le poids frais de chair moyen des moules commercialisables est toujours **significativement inférieur** sur les pieux à **double densité initiale**.

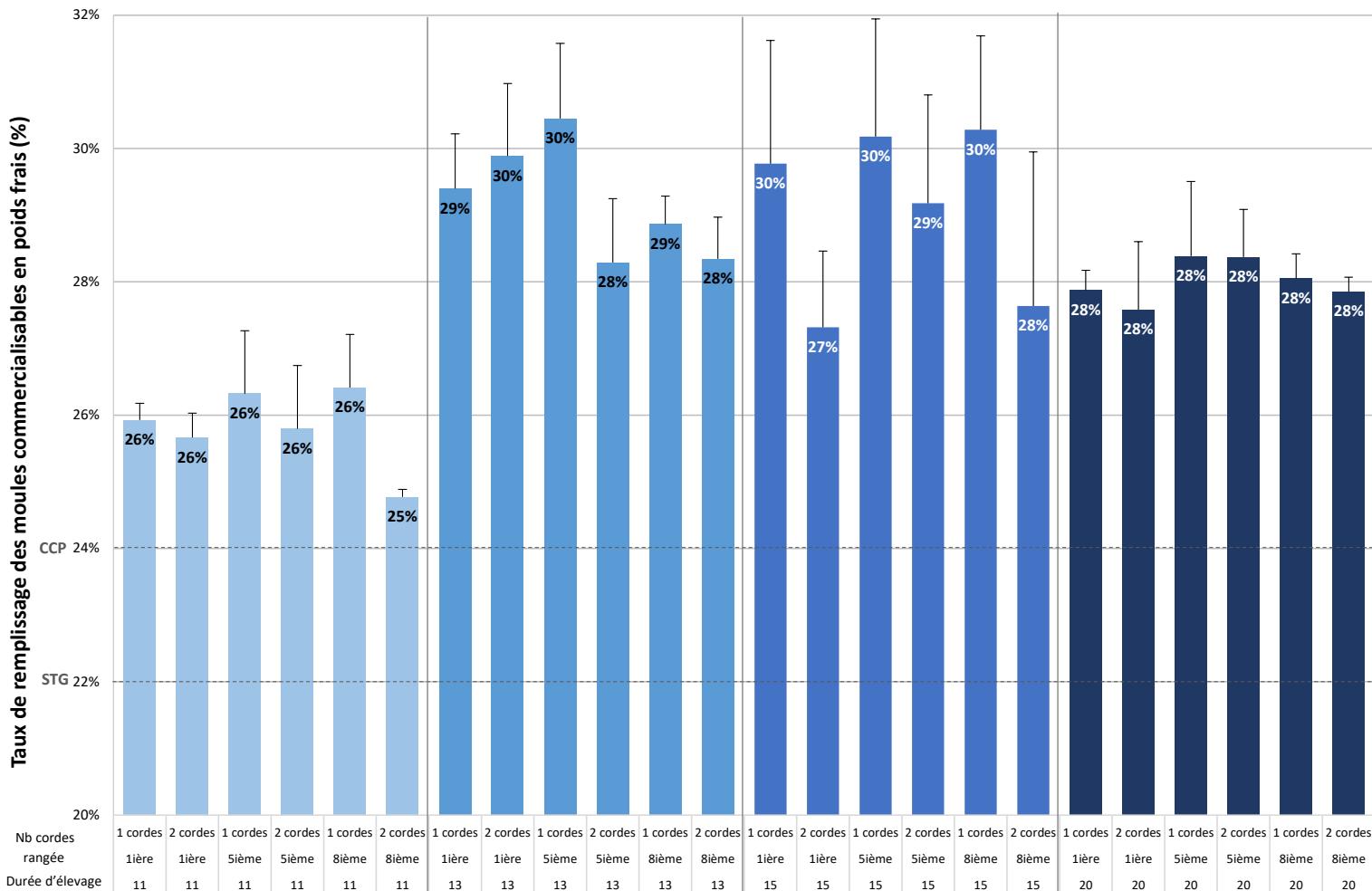
Bilan

La densité initiale a un **impact très significatif sur le poids frais de chair** des moules commercialisables traduisant une **limitation trophique liée à la charge** en moule sur les pieux

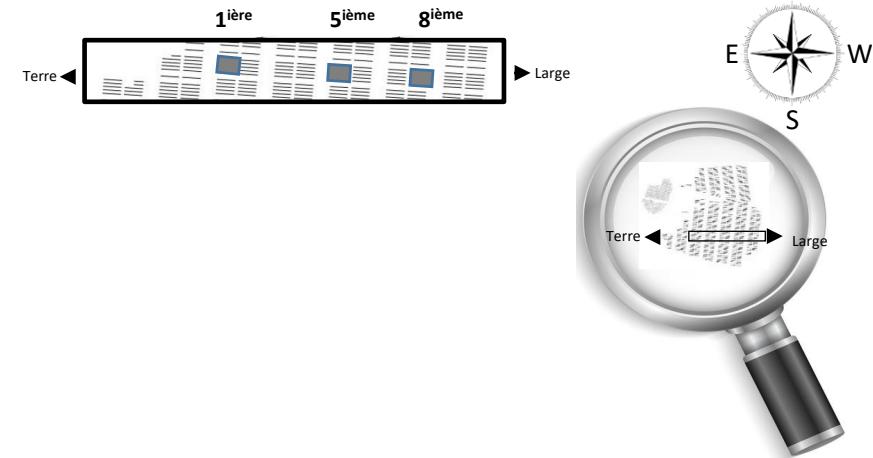


11-Résultats

Sur le taux de remplissage en poids frais des moules commercialisables



En conditions réelles d'élevage



Vu les variations des indicateurs poids totaux (croissance coquille) et poids de chair, le taux de remplissage qui est le rapport entre les deux ne suit pas les tendances des paramètres le constituant.

En effet, il est très difficile d'obtenir des valeurs significativement différentes entre conditions (exception fait des données à 15 mois d'élevage montrant un différentiel entre densité).

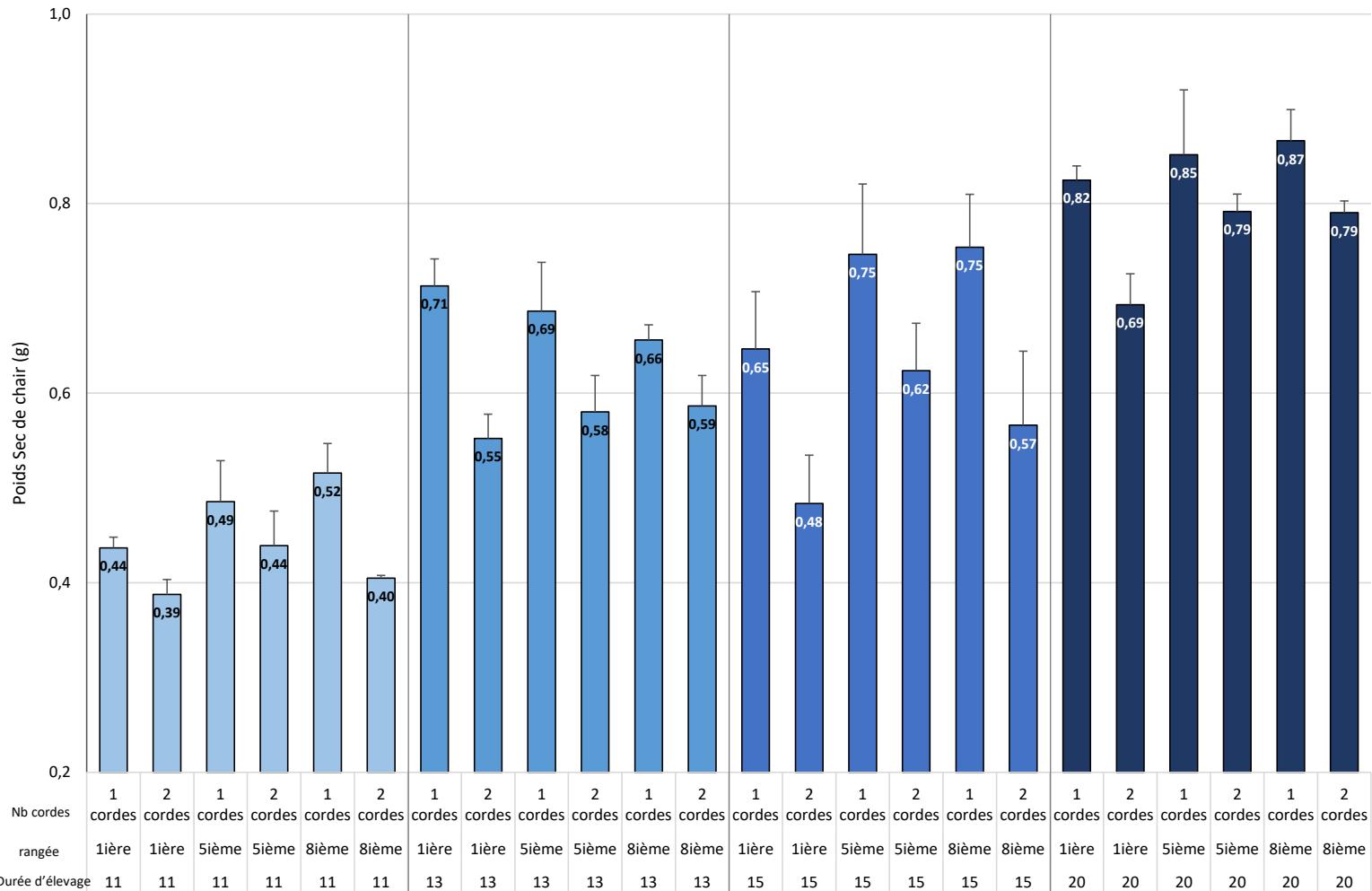
Bilan

En taux de remplissage, l'**impact des niveaux bathymétrique et de la densité peut être fortement compensé par les pertes (effectifs)** qui peuvent ainsi moduler la disponibilité en alimentation. Ce critère n'est donc que **très faiblement impacté par la densité initiale**.

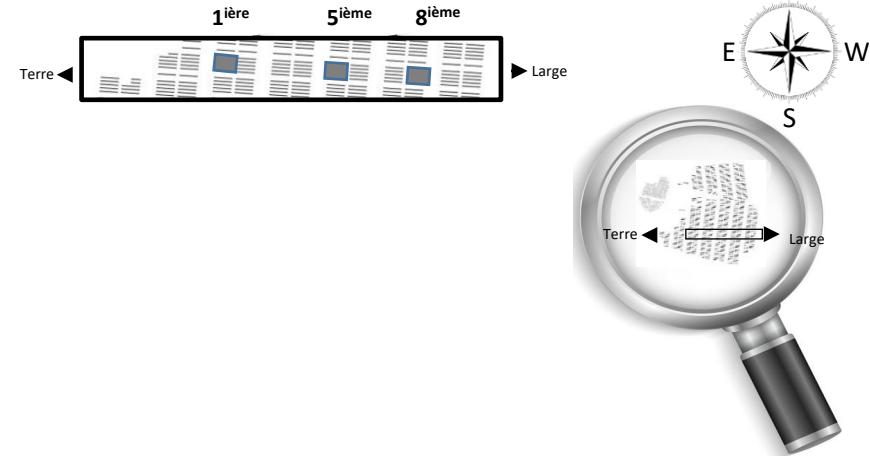


12-Résultats

Sur le poids sec de chair des moules commercialisables



En conditions réelles d'élevage



Comme avec le poids frais de chair, le poids sec moyen de chair moyen des moules commercialisables est toujours significativement inférieur sur les pieux à double densité initiale.

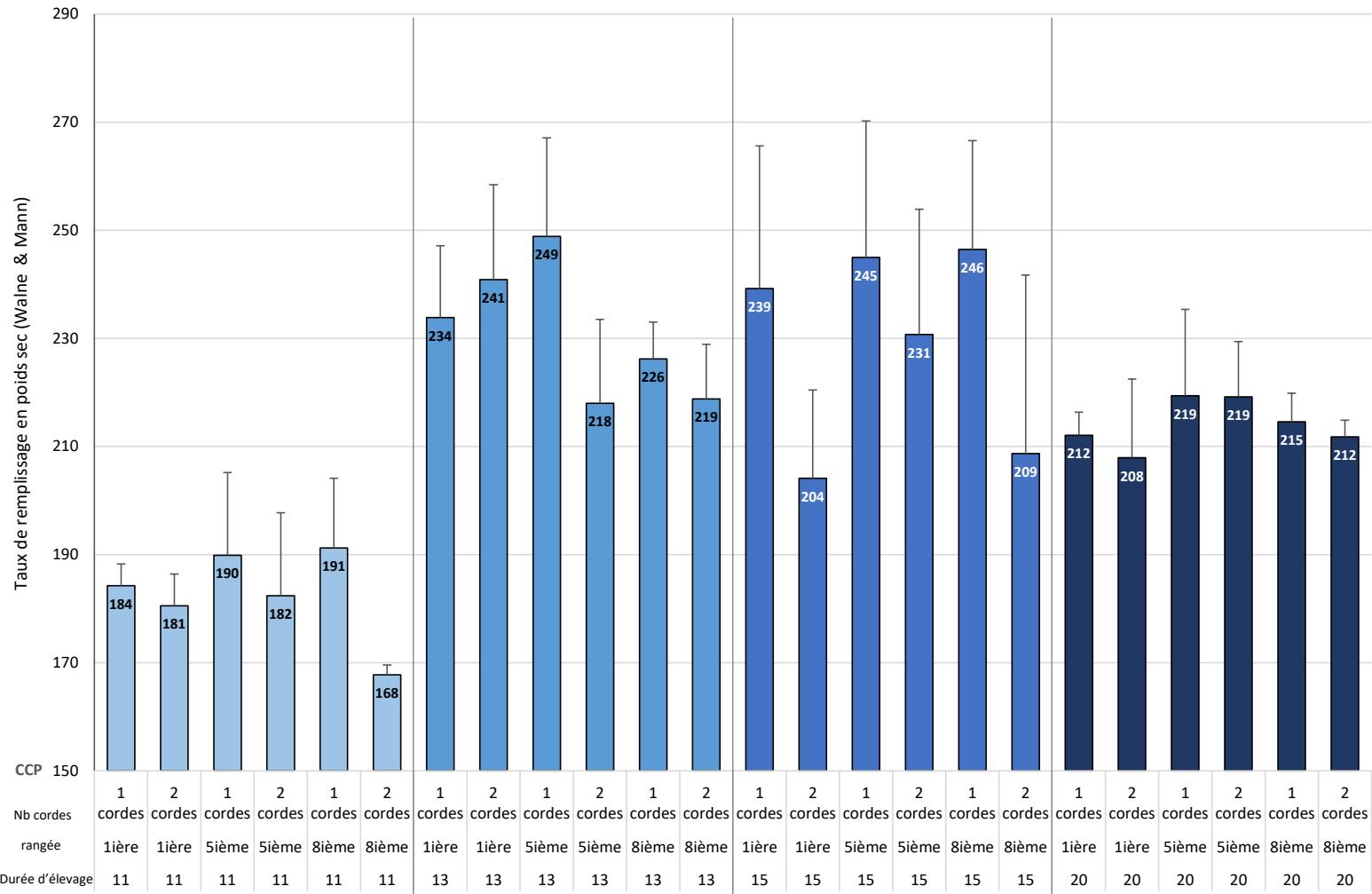
Bilan

La densité initiale a un impact très significatif sur le poids sec de chair des moules commercialisables traduisant une limitation trophique liée à la charge en moule sur les pieux.

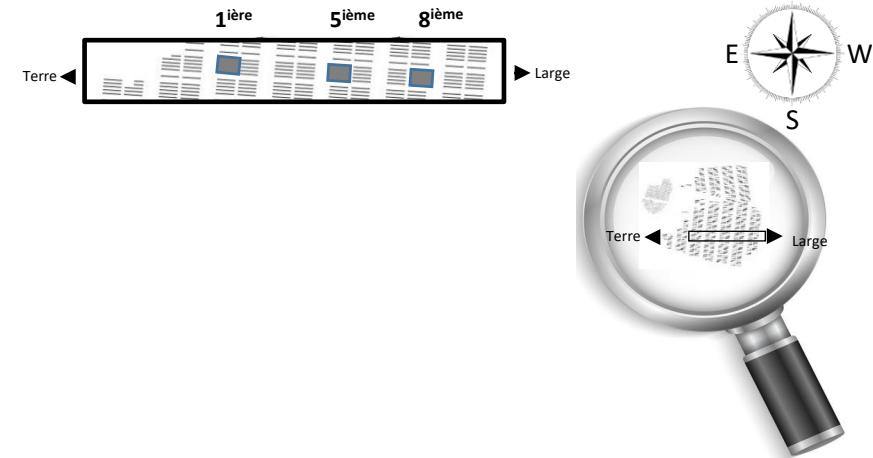


12-Résultats

Sur le taux de remplissage en poids sec des moules commercialisables



En conditions réelles d'élevage



Comme vu précédemment, il est très difficile d'obtenir des valeurs significativement différentes entre conditions.

Bilan

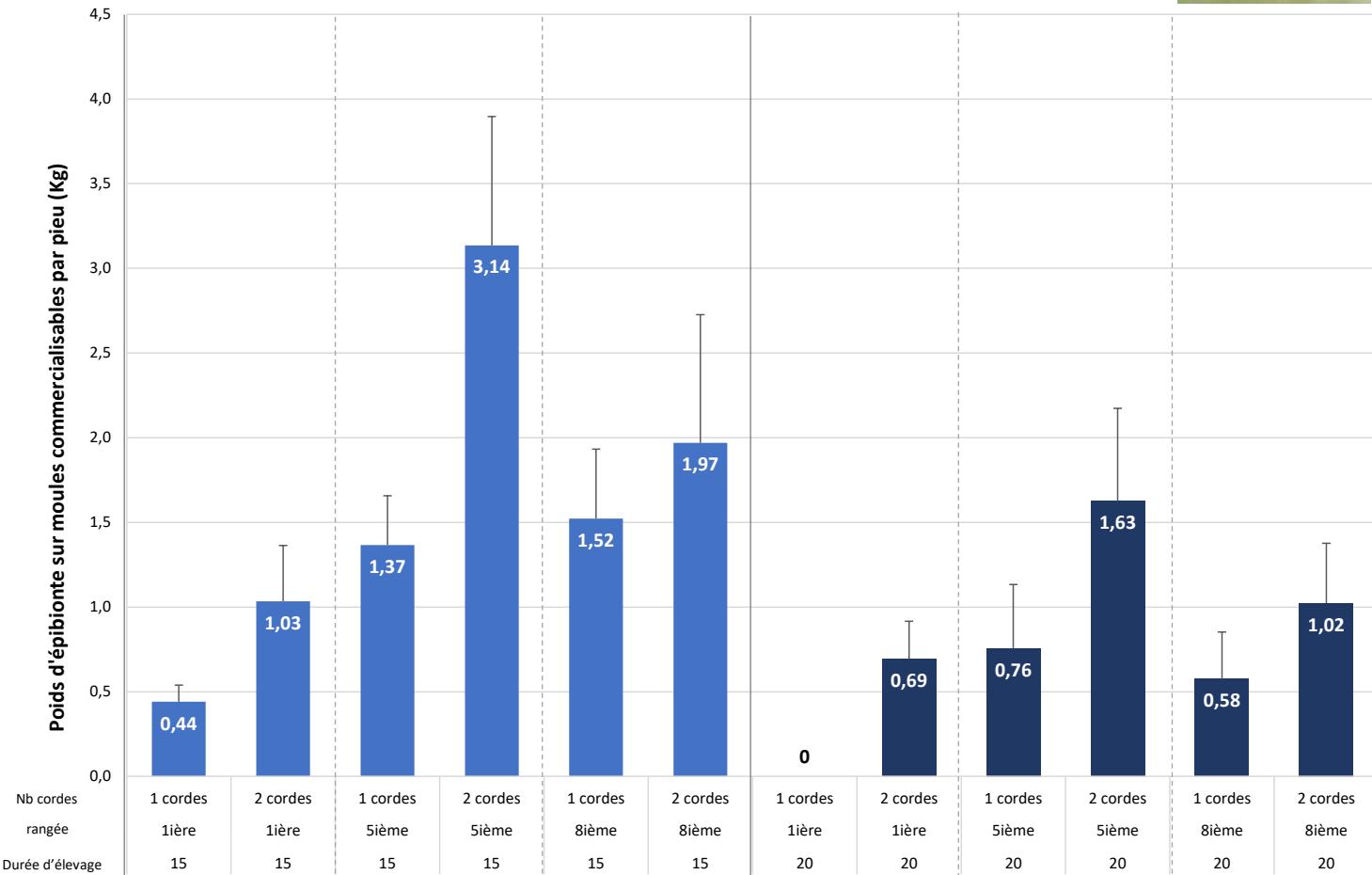
En taux de remplissage en poids sec, l'**impact des niveaux bathymétrique et de la densité peut être fortement compensé par les pertes (effectifs)** qui peuvent ainsi **moduler la disponibilité** en alimentation. Ce critère n'est donc que **très faiblement impacté par la densité initiale**.



12-Résultats

Sur le poids d'épibiontes des moules commercialisables

Poids d'épibionte évalué à 15 mois (novembre 2020) et 20 mois (avril 2021) d'élevage seulement



En conditions réelles d'élevage



Les épibiontes principalement représentés par « la galle » c'est-à-dire les balanes qui se fixent sur les coquilles des moules, sont particulièrement présents au 15^{ième} mois d'élevage c'est-à-dire au cours de l'automne et de manière moins importante jusqu'à 20 mois d'élevage. Notons qu'en 1^{ère} rangée, les moules commercialisables étaient sans épibionte.

Le poids d'épibionte varie avec les effectifs en moules évidemment.

Cela peut représenter toute même jusqu'à **3 Kg / pieu** (5^{ième} rangée 2 cordes).

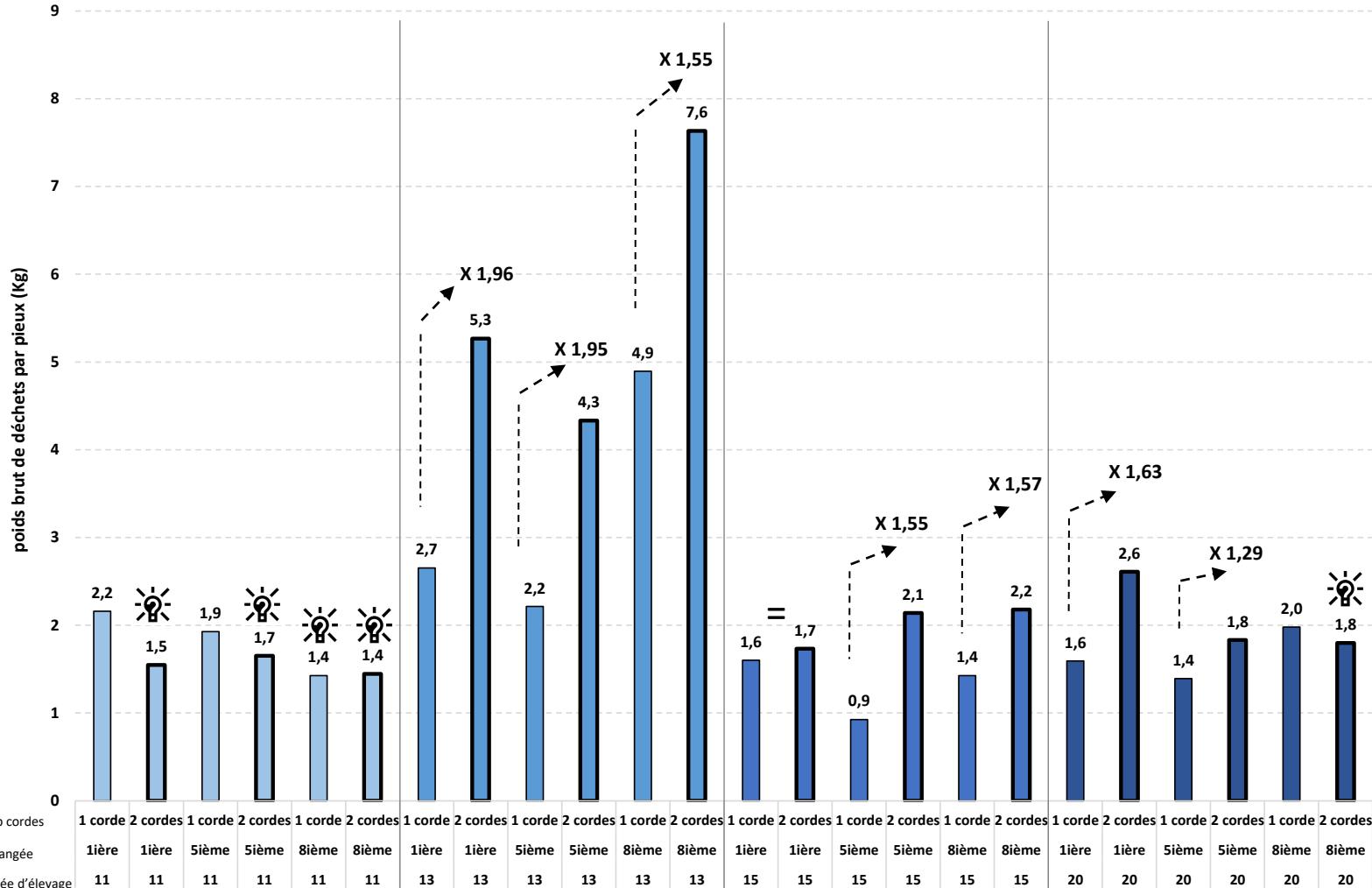
Bilan

Il n'est pas possible ici d'évaluer la « qualité » visuelle des produits selon ce critère à savoir proportion de moules avec épibiontes (aspect peu favorable commercialement) dans un lot global. Un des arguments poussant la profession à installer deux cordes au lieu d'une étant notamment de « diluer » visuellement cette blancheur due à « la galle », ne peut donc être objectivé.

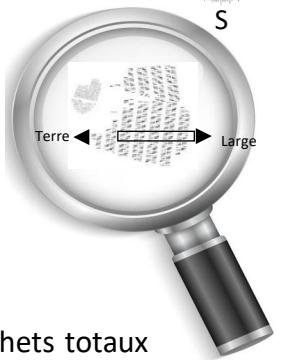


12-Résultats

Sur la quantité de déchets totaux



En conditions réelles d'élevage



C'est au 13^{ème} mois d'élevage que la quantité de déchets totaux est la plus importante atteignant **7,6 Kg** par pieux en 8^{ème} rangée sur les pieux ensemencés avec 2 cordes.

Dans certains cas, cette quantité de déchets totaux est **plus importantes** à partir des pieux ensemencés avec **2 cordes** (de x 1,29 à x 1,96).

💡 Dans d'autres cas, cette quantité de déchets totaux est **plus faible ou identique quelle que soit la densité initiale**.

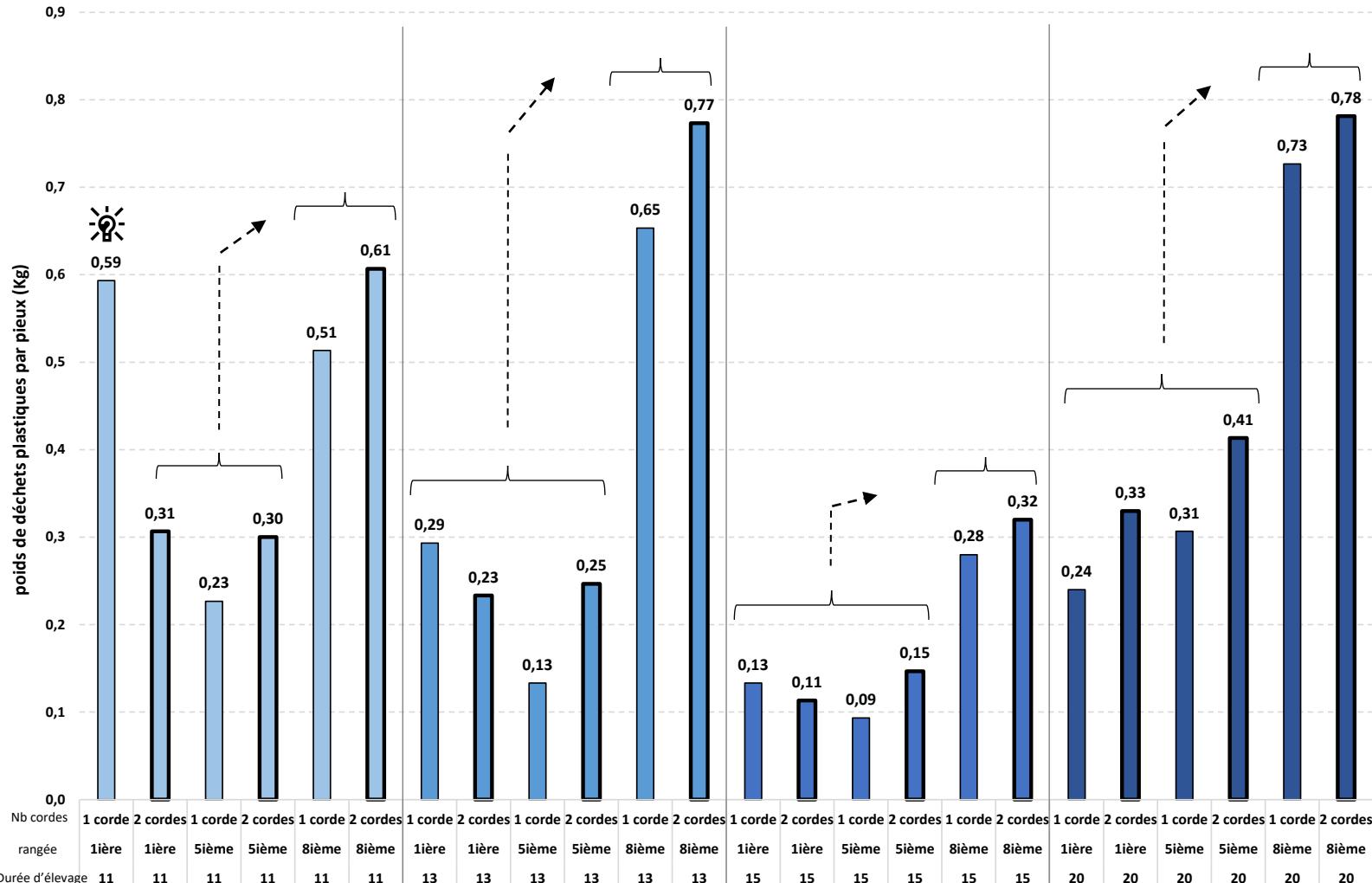
Bilan

La quantité de déchets totaux semble corrélée avec la densité initiale dans 7 cas sur 12 avec plus de déchets sur les pieux ayant accueilli 2 cordes.

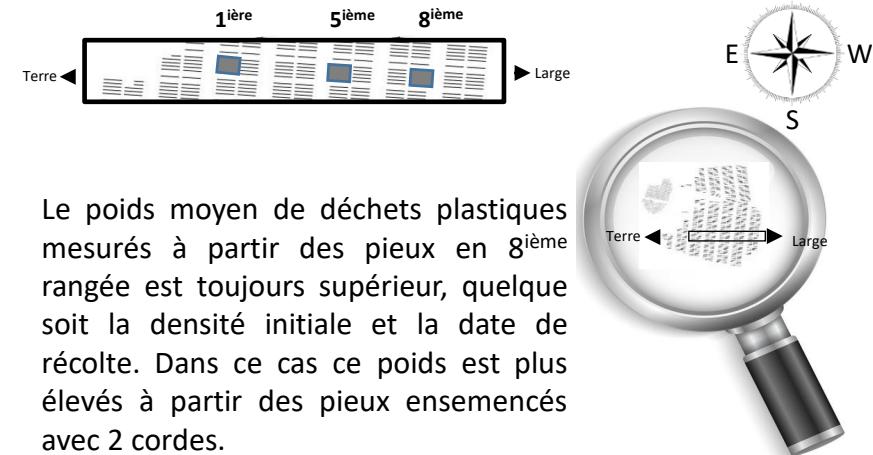


12-Résultats

Sur la quantité de déchets plastiques



En conditions réelles d'élevage



Le poids moyen de déchets plastiques mesurés à partir des pieux en 8^{ème} rangée est toujours supérieur, quelque soit la densité initiale et la date de récolte. Dans ce cas ce poids est plus élevés à partir des pieux ensemencés avec 2 cordes.

💡 Exception faite à 11 mois d'élevage de la 1^{ière} rangée où cette tendance est inversée (pieux pour lesquels la proportion de moules sous-taille était, particulièrement élevée contrairement aux autres conditions – cf page 36).

Bilan

Le poids de **déchets plastiques** semble en général un peu plus élevé sur les pieux ayant été ensemencés avec 2 cordes.

En **8^{ème} rangée**, un **3^{ème} filet** a dû être posé pour maintenir les moules en croissance ce qui génère un différentiel important de poids.

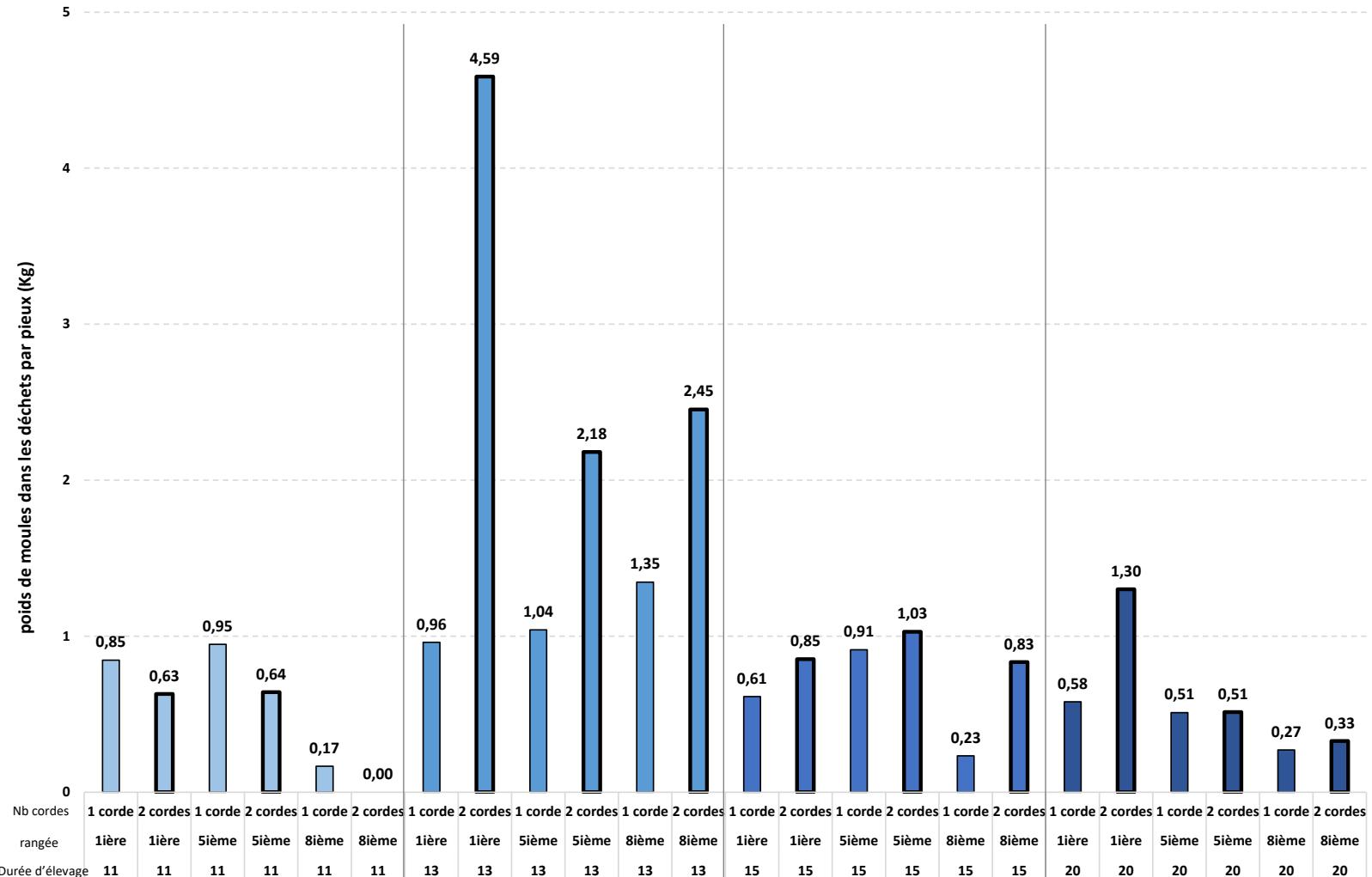


12-Résultats



En conditions réelles d'élevage

Sur la quantité de moules retrouvées dans les déchets



Une quantité de moules reste intégrée aux déchets à l'issue du dégrappage.

Cette quantité est relativement stable au cours des différents cycles d'élevage à l'exception du 13^{ème} mois d'élevage, période à laquelle des quantités plus importantes ont été retrouvées.

Cette fraction non valorisée représente en moyenne **13%** de l'effectif total des moules commercialisées.

Dans la plupart des cas, les moules retrouvées sont de taille commercialisable (> 12 mm) notamment liées aux filets plastiques.

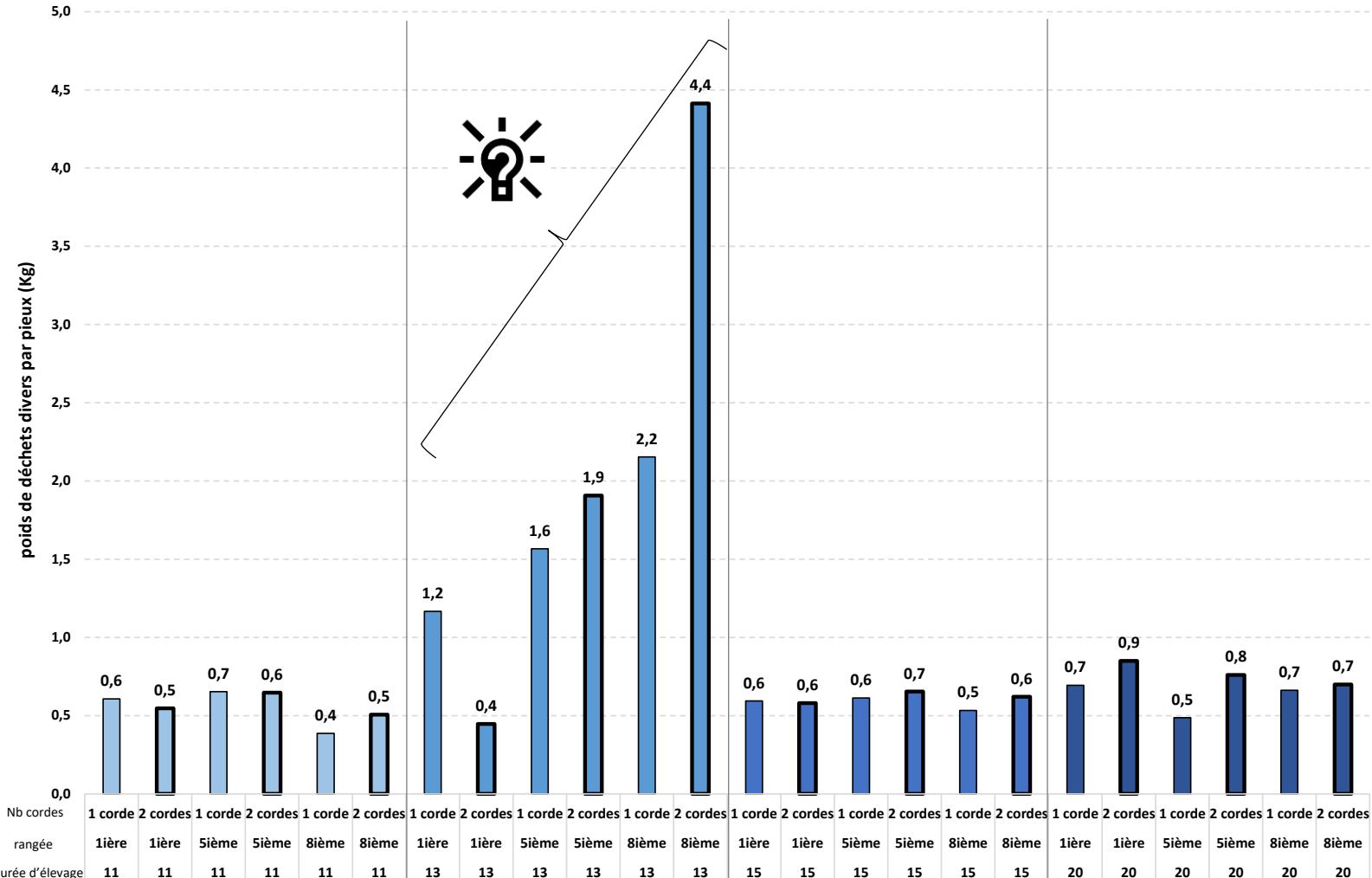
Bilan

Une quantité de **moules non valorisées existe** au cours du **traitement mais elle reste négligeable** selon la durée des élevages.

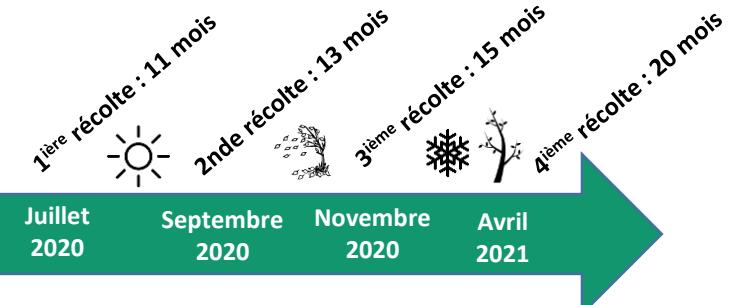


12-Résultats

Sur la quantité de déchets divers



En conditions réelles d'élevage



La quantité de déchets divers est relativement faible (< 1 Kg par pieu) la plupart du temps et quelle que soit la densité initiale.



Exception faite des quantités relevées au 13ième mois d'élevage, pour lequel beaucoup plus de déchets ont été observés selon un gradient croissant bathymétrique, allant jusqu'à 4,4 Kg par pieu en 8^{ième} rangée sur les pieux ensemencés avec 2 cordes.

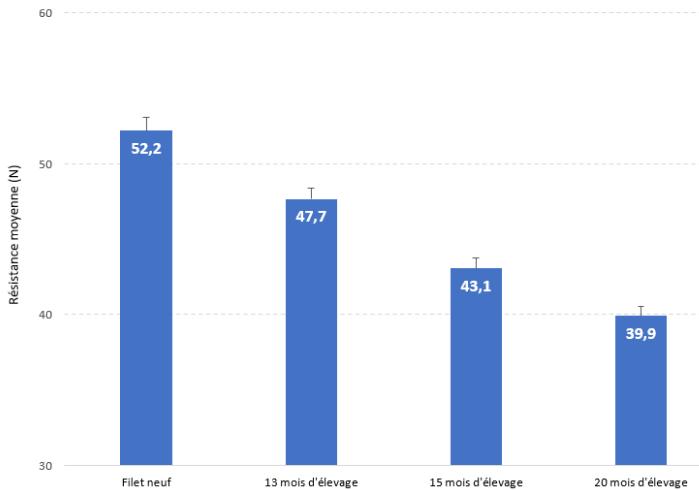
Bilan

La quantité de **déchets divers** est assez stable sur l'ensemble des cycles d'élevage à l'exception de la période de fin d'été, au cours de laquelle des poids plus importants ont été observés.

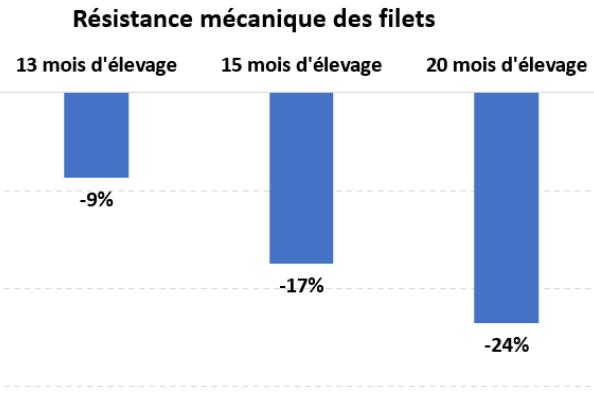


12-Résultats

Sur l'usure et la résistance des filets plastiques



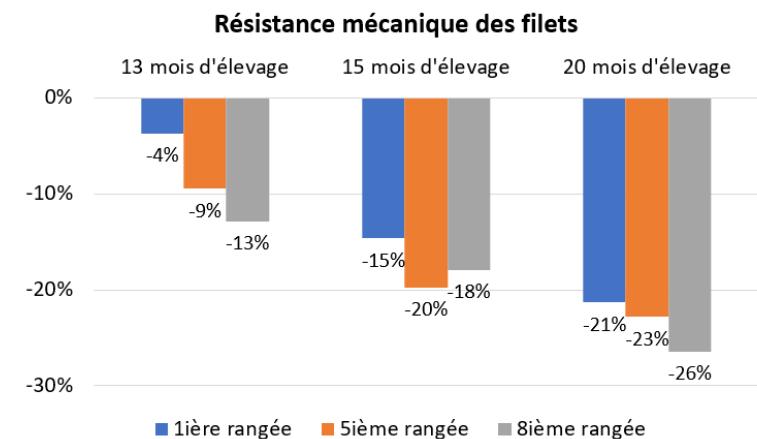
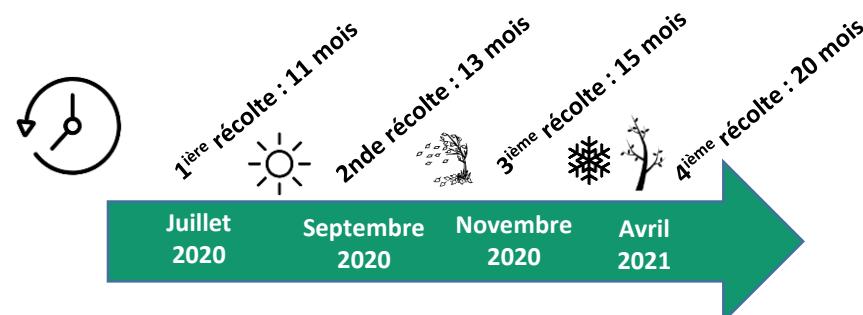
Au cours du temps, la résistance des filets plastiques utilisés pour maintenir les moules sur pieux diminue sous l'effet des rayons du soleil et de l'abrasion liée aux mouvements de l'eau.



Ainsi, la résistance mécanique des filets **chute au cours du temps**, allant de **-9% à 13 mois d'élevage** jusqu'à **-24% au bout de 20 mois d'élevage**.



En conditions réelles d'élevage



Il est constaté également que cette perte de résistance est **corrélée positivement avec les niveaux bathymétrique d'élevage**.

Bilan

L'usure des filets plastiques augmente avec le temps et est plus importante à des niveaux bathymétriques bas (exondation moins fréquente et volume pieu plus « important »).



12-Résultats



En conditions réelles d'élevage

Sur la présence de microplastiques

A chaque récolte, des échantillons (30 individus) ont été prélevés et stockés au congélateur dans le but de réaliser des observations concernant la présence de microplastique dans les moules.

- La prise en charge de ces analyses d'observation n'ayant pas été intégrée initialement dans ce projet, les échantillons ont été conservés pour analyse ultérieure.
- Il sera intéressant de corrélérer ces résultats avec les mesures de l'usure des filets plastiques utilisés au cours de l'élevage.

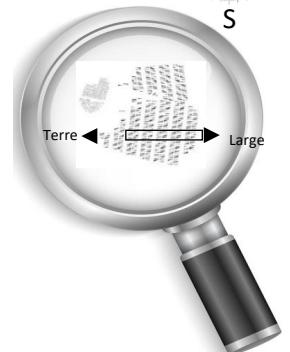
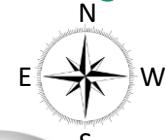
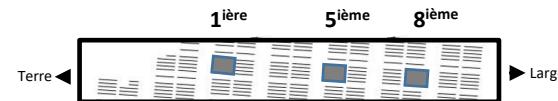
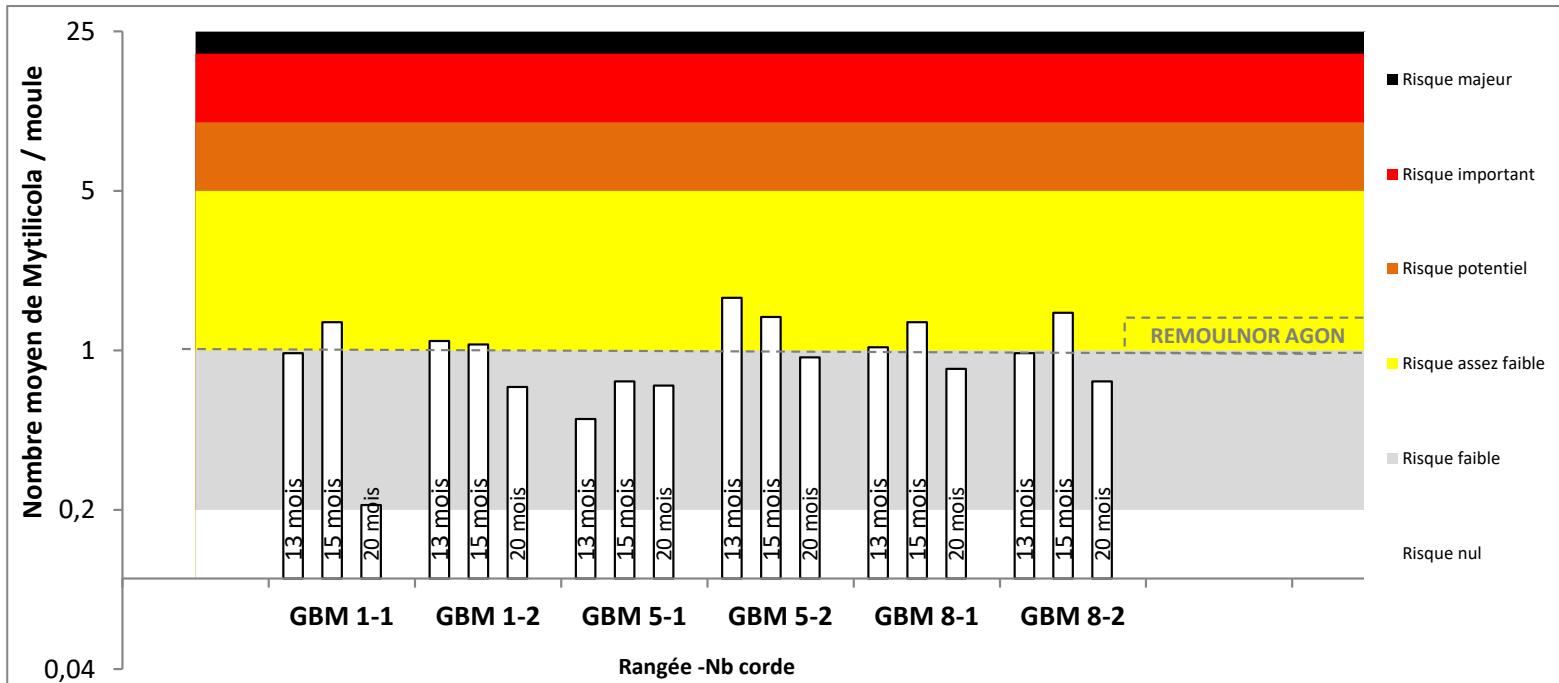


12-Résultats

Sur la présence de *Mytilicola intestinalis*



En conditions réelles d'élevage



Les analyses concernant la présence de *Mytilicola intestinalis* ont été réalisées à partir du 13^{ème} mois d'élevage de manière à obtenir des résultats pouvant être comparés aux données de la grille d'interprétation du niveau de risque de l'infestation (1)

- Globalement le niveau de risque lié à la quantité de *Mytilicola* dans les moules est majoritairement de catégorie « risque faible » (10 cas sur 18). Les quantités mesurées sont du même ordre de grandeur que celle mesurée dans le cadre du réseau REMOULNOR* - station d'Agon (1 *Mytilicola*/moule) ce qui indique un niveau d'infestation conforme à celui du secteur.
- En 1^{ière} rangée, le niveau d'infestation est similaire avec 1 ou 2 cordes au 13^{ème} et 15^{ème} mois d'élevage. Par contre il est beaucoup plus élevé avec les pieux à 2 cordes au bout de 20 mois d'élevage.
- En 5^{ème} rangée, le niveau d'infestation est systématiquement plus élevé dans les moules issues d'un ensemencement à 2 cordes.
- En 8^{ème} rangée, les niveaux d'infestation sont sensiblement identiques quel que soit la densité initiale et la durée d'élevage.

Code d'interprétation des résultats (1)

Nb moyen de <i>Mytilicola</i> /moule	Infestation très faible	Infestation faible	Infestation moyenne	Infestation notable	Infestation forte	Infestation très forte
Mars-Juin	0 - 0,04	0,04 - 0,2	0,2 - 1	1 - 2	2 - 4	> 4
Septembre Novembre	0 - 0,2	0,2 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Niveau de risque	nul	faible	assez faible	potentiel	important	majeur

(1) : Rapport Etude et cartographie de *Mytilicola intestinalis* sur les côtes du département de la Manche - SMEL/SRC - janvier 2011

* Rapports REMOULNOR 2020



12-Résultats

Sur la présence de *Francisella halioticida*

Connexion avec la sous-Tâche 2.c. du programme EMYNOR* (



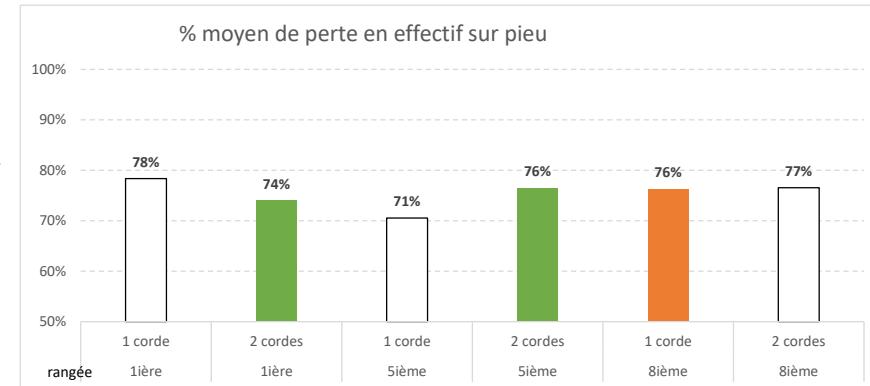
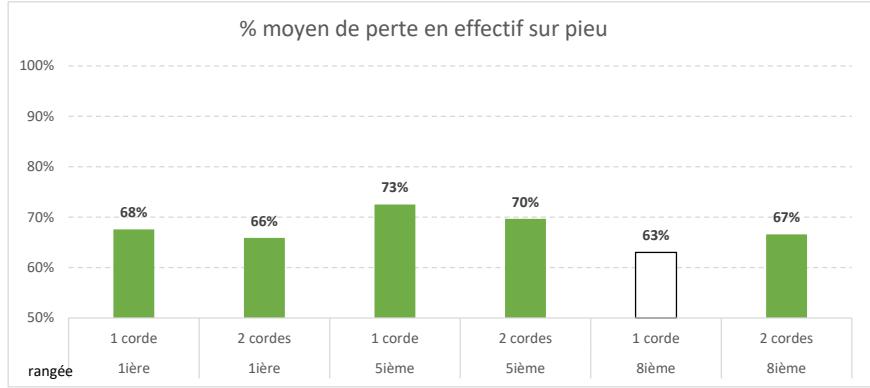
2019-2021)

Date de réception	Site	Moyenne
		4 pools
01/07/2020	ligne 1 Densité 1	nég
	ligne 1 Densité 2	38,24
	ligne 5 Densité 1	nég
	ligne 5 Densité 2	39,49
	ligne 8 Densité 1	33,84
	ligne 8 Densité 2	31,59
02/09/2020	ligne 1 Densité 1	nég
	ligne 1 Densité 2	nég
	ligne 5 Densité 1	nég
	ligne 5 Densité 2	nég
	ligne 8 Densité 1	37,00
	ligne 8 Densité 2	nég
03/11/2020	ligne 1 Densité 1	nég
	ligne 1 Densité 2	nég
	ligne 5 Densité 1	nég
	ligne 5 Densité 2	nég
	ligne 8 Densité 1	nég
	ligne 8 Densité 2	nég
04/04/2021	ligne 1 Densité 1	38,32
	ligne 1 Densité 2	nég
	ligne 5 Densité 1	33,33
	ligne 5 Densité 2	nég
	ligne 8 Densité 1	29,42
	ligne 8 Densité 2	34,96

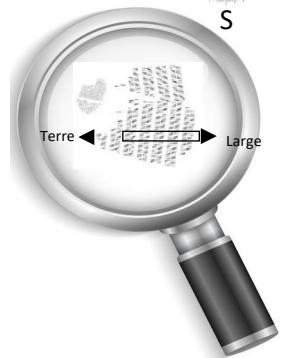
Résultats des analyses PCR (valeurs en Ct) pour la détection de l'ADN de *F. halioticida*

Moules de 1 an

Moules de 2 ans



En conditions réelles d'élevage



Tous les échantillonnages ont été réalisés de manière systématique à chaque récolte et non en raison de cas avérés de mortalité constatées in situ.

Bilan

- Le suivi indique une présence de *Francisella halioticida* mais avec des charges peu importantes sauf en avril 2020 sur des moules de 2 ans.
- Cependant, cette présence ne peut être mise en relation avec les pertes constatées au cours de l'élevage ce qui indique que ces dernières sont le fait d'autres facteurs.

* Etude des populations MYtilicoles sauvages et d'élevage en NORmandie



13-Discussion

- L'impact des densités d'élevage sur la physiologie des moules a été visualisé via les expérimentations en **milieu contrôlé**. Ainsi logiquement, à ration alimentaire égale, **plus les effectifs sont importants moins les animaux ont individuellement accès à suffisamment de nourriture**. Les moules plus jeunes (**1 an**) ayant un métabolisme croissance sans doute beaucoup plus actif, réagissent rapidement à des variations de nourriture. **L'impact des fortes densités** est donc directement visible en termes de **croissance et taux de remplissage** alors qu'avec des moules de 2 ans l'impact sur la croissance sur du court terme est un peu plus difficile à visualiser. Il n'en reste pas moins que cela génère, quel que soit l'âge, **une difficulté pour ces animaux à résister à des stress pathogènes** (exemple ici d'une infection expérimentale par *Vibrio splendidus*). Il est probable que ce déficit (en énergie) affecte la capacité des moules à pouvoir se défendre contre une agression bactérienne comme celle simulée dans cette expérimentation et que, plus ce déficit est important plus sensibles seront les moules.
- En fonction de **l'âge** des animaux, un **différentiel de taux de filtration** est notable, ce qui peut générer **des interactions différentielles entre les cheptels** lorsqu'ils sont dans le même milieu. Ainsi à fortes densités, **des conditions trophiques limitantes** vont **défavoriser les jeunes moules** directement en compétition avec les moules plus âgées plus performantes en taux de filtration. En condition trophique non limitante, les moules d'un an réussissent à profiter de la ration alimentaire ce qui leur confère des caractéristiques proches des moules de 2 ans. Dans ce cas, tout **stress pathogène** appliqué en **condition trophique défavorable** va générer de la **surmortalité notamment sur les moules de 1 an**.
- Dans le **milieu naturel**, tous les facteurs sont intimement liés les uns aux autres. Ainsi, l'accès à la nourriture dépend de la richesse du milieu au cours de l'élevage (variations saisonnières mais également interannuelles en fonction des conditions météorologiques etc...) mais également du profil de bathymétrie, qui par le biais des temps d'exondation différentiels va impacter les temps de prise de nourriture. Cependant, le **facteur « pertes » globales** d'effectifs induit soit par de la prédatation (le cas au cours de cette expérimentation), soit par des surmortalités liées à des pathogènes, soit par des pertes liées à du dégrappage (courants, frottement etc...), va **moduler les rendements obtenus** à la récolte et les **caractéristiques des moules commercialisables**. Ces pertes existent dès la phase de pré-grossissement sur chantier et peuvent être très élevées (dans le cas de cette étude pertes de 2/3 des effectifs entre juillet et septembre). Ensuite des pertes comprises entre **28% et 55% à 11 mois** sont observées. Puis, ces taux moyens se stabilisent **autour de 71% à 78% des effectifs pour un cycle long de 20 mois**.
- Dans tous les cas, un **doublement des effectifs** de moules en début d'élevage par le biais du nombre de cordes implantées sur pieu, **génère toujours plus de moules sous-taille** (pour les cycles courts) et a **toujours un impact sur la longueur des coquilles, leur poids total, leur poids de chair** (frais ou sec) quelle que soit la durée ou la hauteur bathymétrique d'élevage.
- Cette étude a également permis d'obtenir des chiffres de références concernant les **poids d'épibionte** et les **quantités de déchets** en fonction des charges initiales en moule.
- Si le **risque « infestation » par le *Mytilicola*** reste globalement toujours « **faibles** » à « **assez faible** » sur le secteur d'Agon, quelques petites variations ont montré un nombre de **moules infestées plus important dans le cas des plus fortes densités**.
- Enfin, le risque « **pathogène** » lié à la présence de *Francisella halioticida* a été très faible au cours de l'étude (très peu de détection) ce qui ne permet pas de conclure sur l'impact des densités.



14-Conclusion



La **gestion des biomasses** de moules en élevages reste une question importante pour la profession pour **maintenir une production de qualité** tout en ayant de **bons rendements**. Les leviers dont disposent la profession sont peu nombreux car la majeure partie de l'élevage se déroule dans un milieu ouvert.

Ainsi, le critère de densité d'élevage reste primordial. Les résultats de **cette étude** ont permis d'obtenir **des informations chiffrées sur l'impact des densités initiales** selon plusieurs durées d'élevage, montrant ainsi, **qu'un doublement de la charge a un impact indéniable sur plusieurs critères de suivi**, notamment ceux **caractérisant les moules commercialisables**. Même si un rendement net satisfaisant peut être obtenu, la taille, le poids et les taux de remplissage des moules commercialisables sont impactés. Si les valeurs obtenues restent correctes, il faudra toujours rester prudent lorsque les conditions du milieu sont défavorables (conditions trophiques limitantes) ou lorsqu'il y a très peu de pertes globales en effectifs au cours de l'élevage (ce qui génère plus de moules sur pieux avec un risque de dégradation de ces indicateurs de croissance ou taux de remplissage); Le pire des cas étant le cumul de ces deux cas : milieu pauvre et peu de pertes donc trop d'animaux.

Enfin, dans le cas de cette étude, hormis la problématique de prédatation venant perturber les effectifs en élevage, le risque « pathogène » a été faible. Il n'en reste pas moins être un élément important à surveiller.