

II PERFORMANCE DE PRODUCTION

Élevage sans apport de nourriture

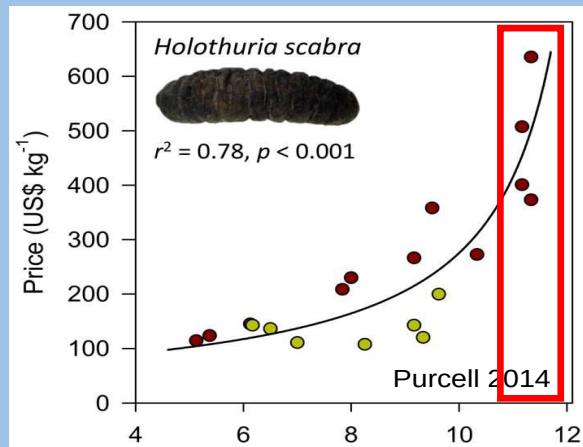
Cultures en bassin sans ajout de nourriture:

D'après Bell et al. (2007) et Purcell et al. (2012)

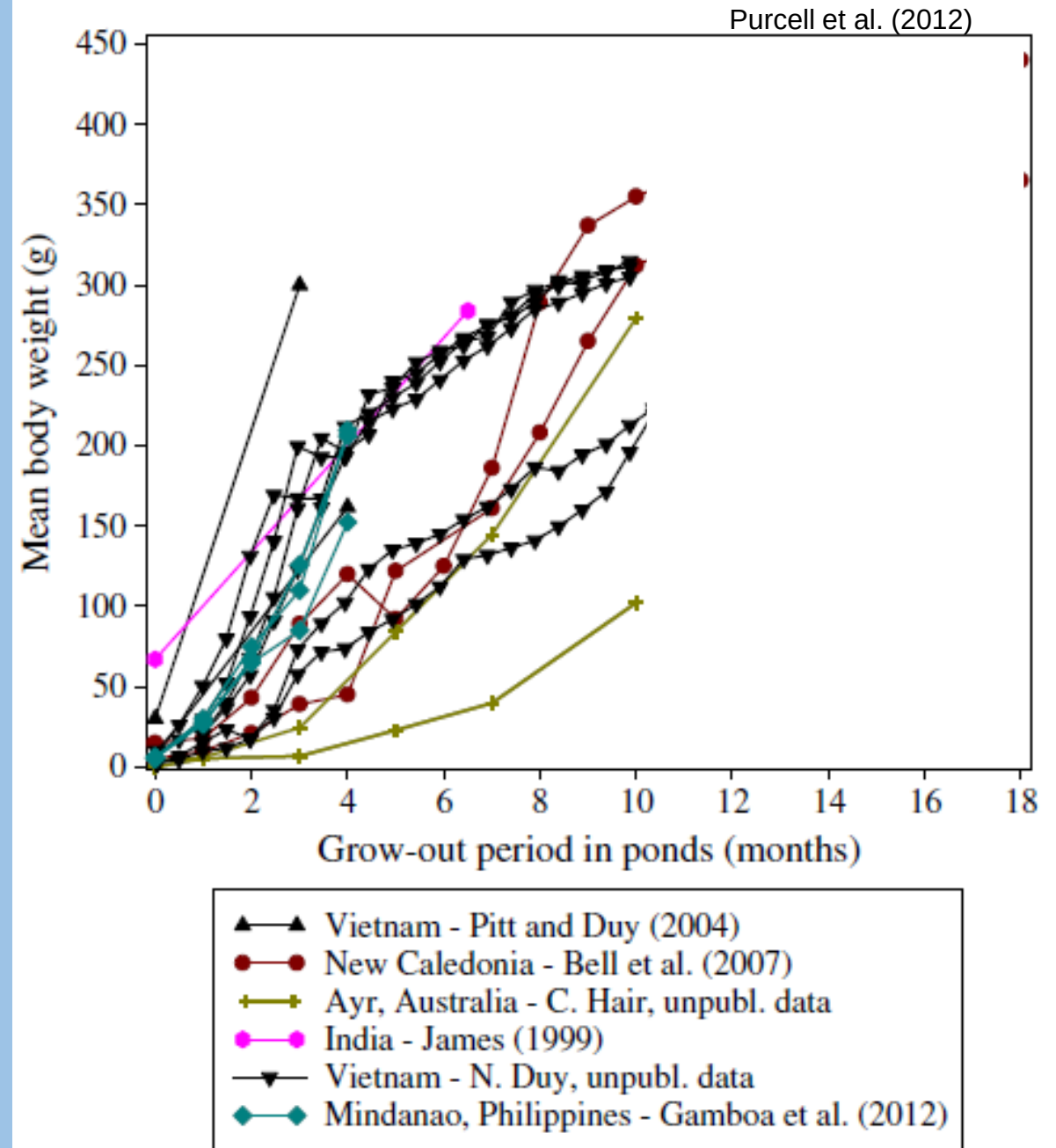
Dans des conditions optimales

Forte croissance de 1 à 3 g.j⁻¹

Il est possible de produire des animaux de 700g en 18 mois.



=> l'aquaculture de *H. scabra* peut être rentable



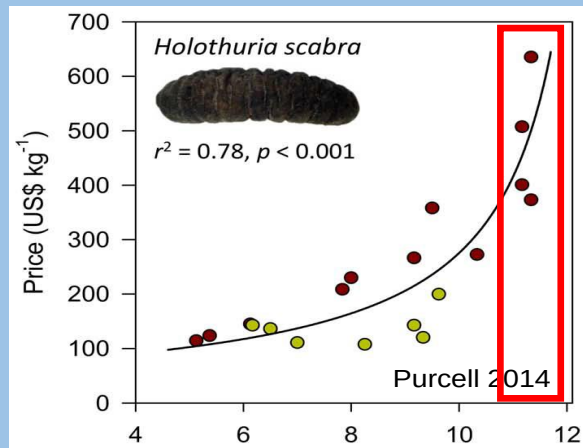
Culture en bassin sans ajout de nourriture:

D'après Bell et al. (2007) et Purcell et al. (2012)

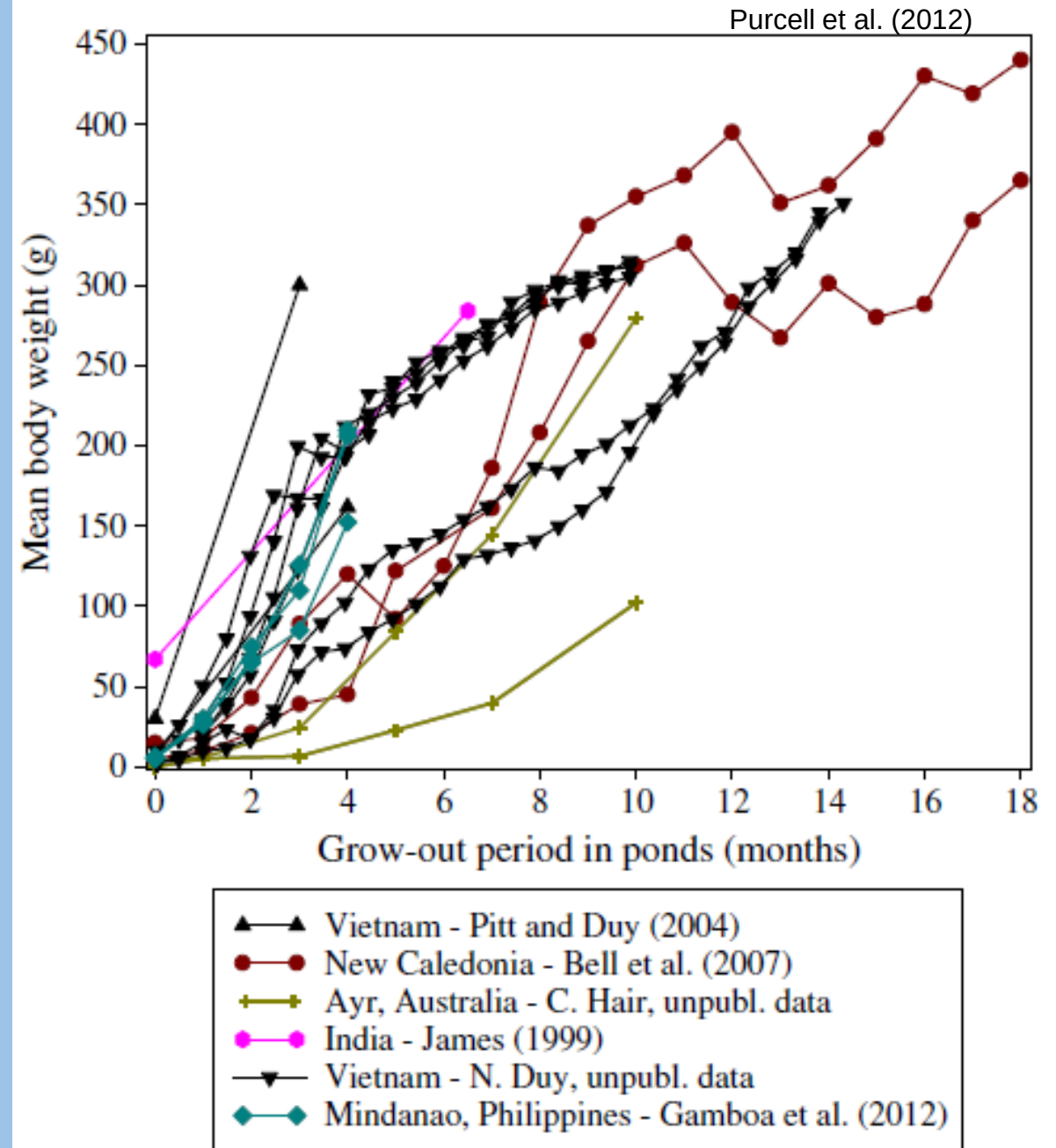
Dans des conditions optimales

Forte croissance de 1 à 3 g.j⁻¹

Il est possible de produire des animaux de 700g en 18 mois.



=> l'aquaculture de *H. scabra* peut être rentable

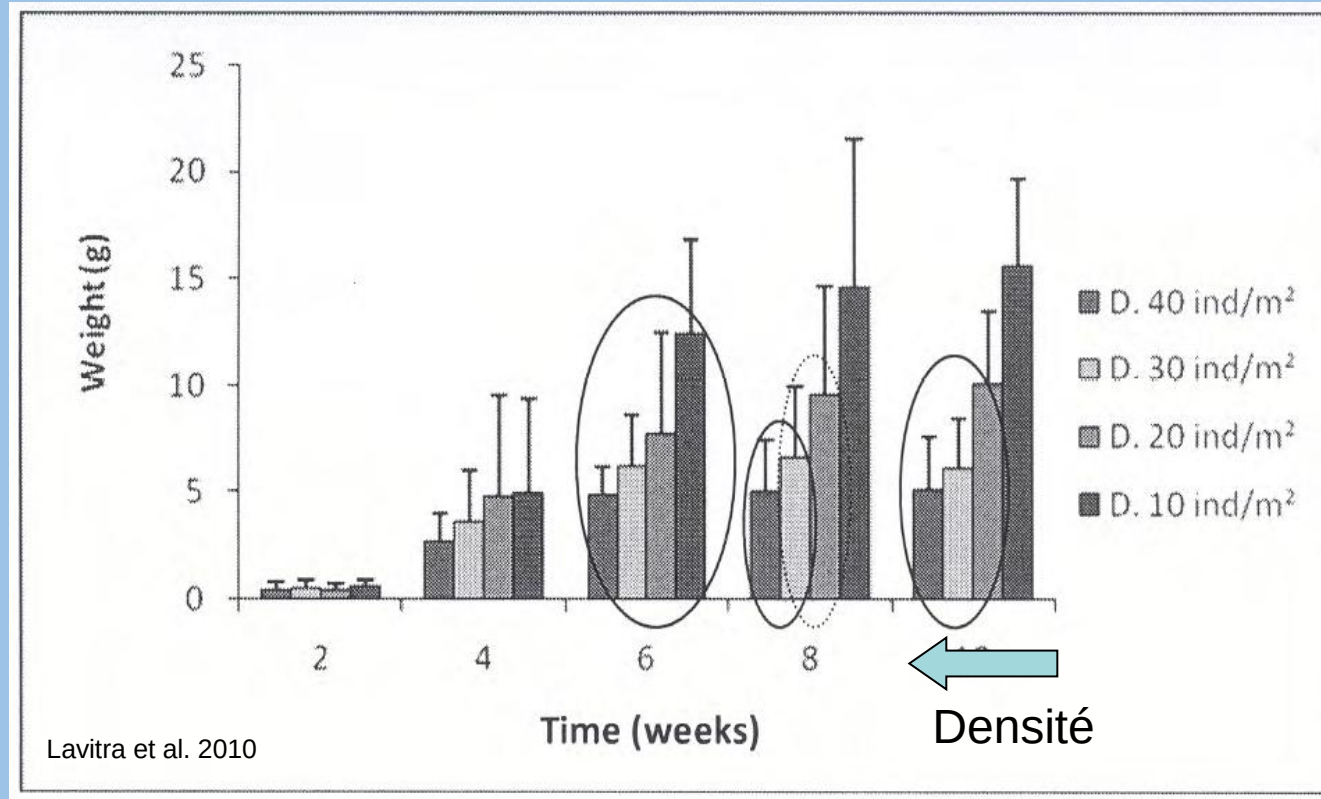


Quels sont les facteurs contrôlant les performances de production en l'absence d'ajout de nourriture?

Quels sont les facteurs contrôlant les performances de production en l'absence d'ajout de nourriture?

- LA CROISSANCE EST DENSITE DEPENDANTE**
- IL EXISTE UNE CAPACITE DE CHARGE A PARTIR DE LAQUELLE IL N Y A PLUS DE CROISSANCE**

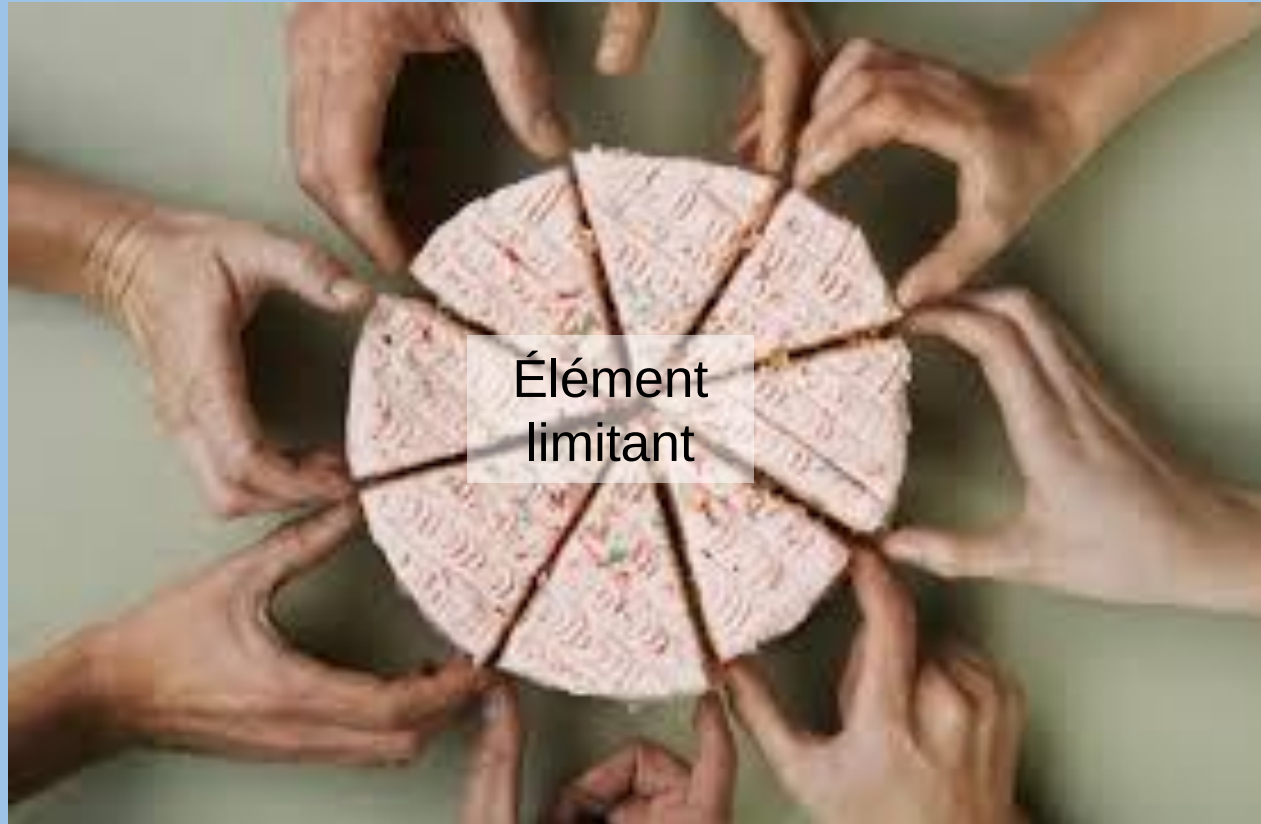
LA CROISSANCE EST DENSITE DEPENDANTE



⇒ Relations intra spécifique forte

- Compétition pour l'exploitation des sources de nourriture.
- Relation « winner-looser »

Compétition pour l'exploitation des sources de nourriture.



Relation « winner-looser »

Les holothuries sont caractérisés par une forte hétérogénéité de croissance entre les individus.

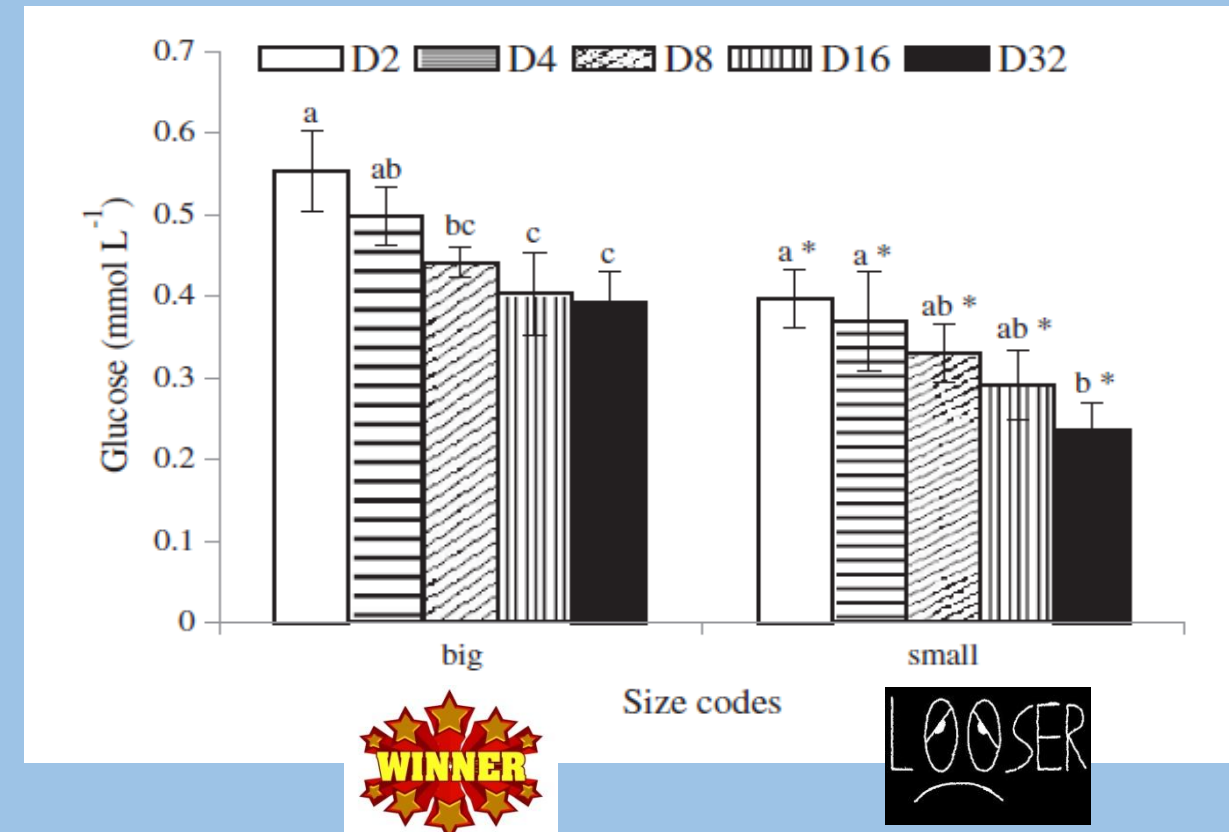
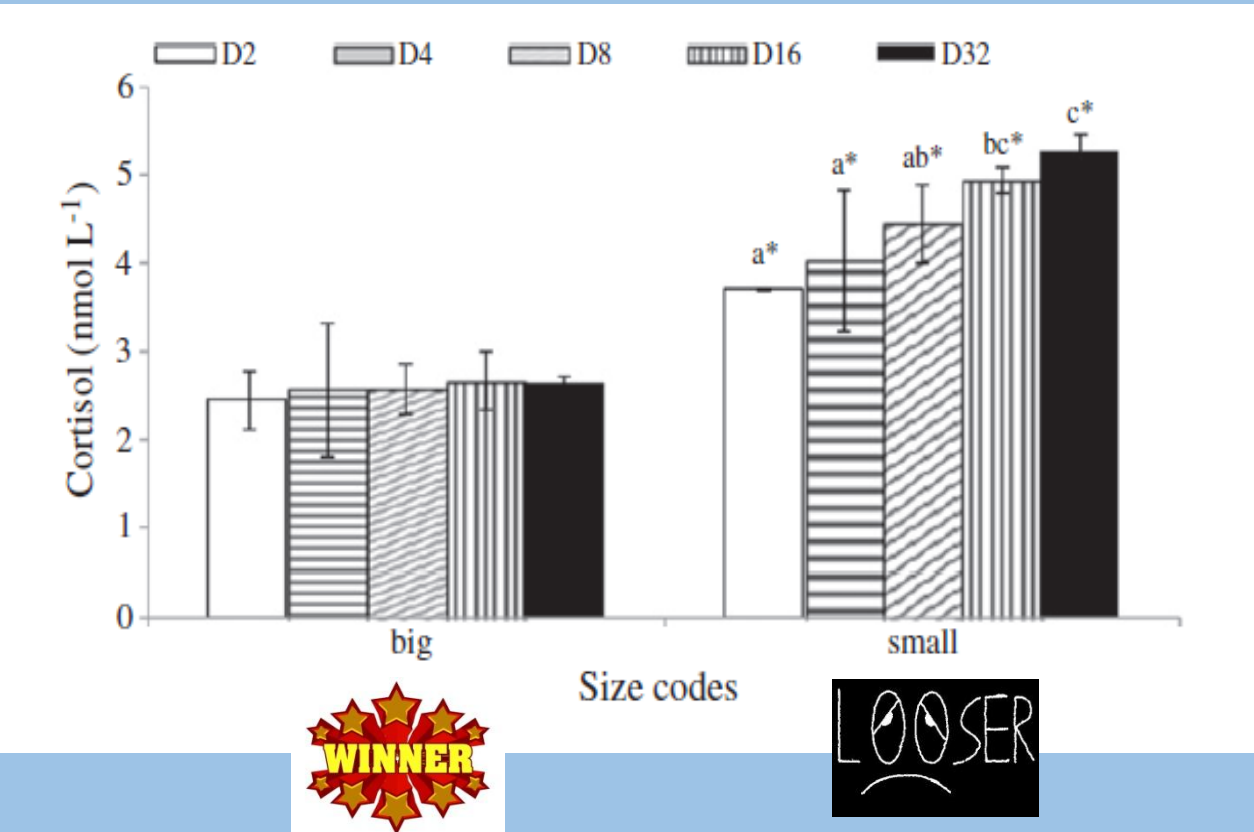
L'origine de cette hétérogénéité est génétique.

Elle se traduit par la présence de gros et de petits individus au sein d'une même cohorte.

Le projet HOBICAL

Relation « winner-looser »

Expérience réalisée pour *A. japonicus* nourrie ad libitum



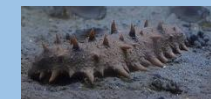
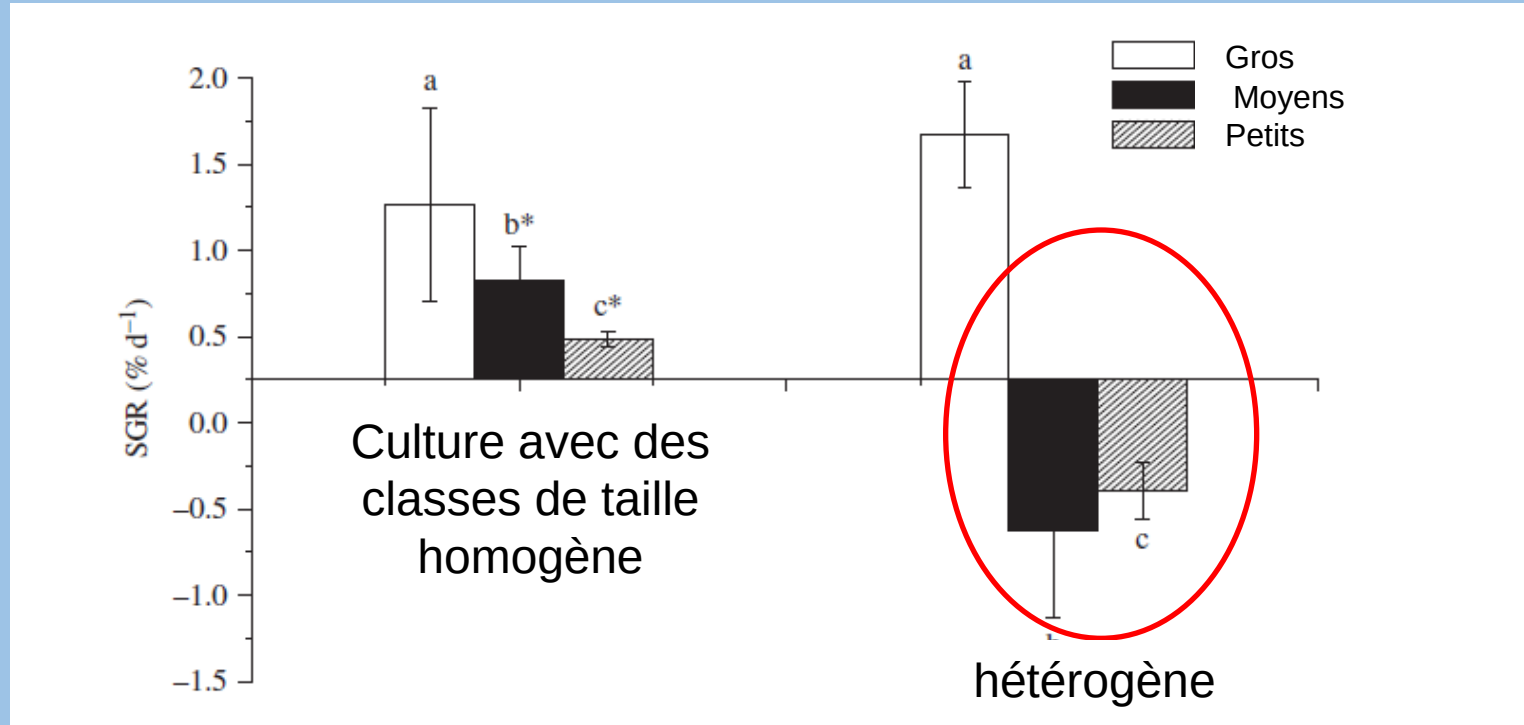
Les gros animaux stressent les petits

Le niveaux de stress augmente avec la densité

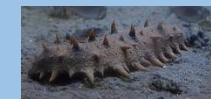
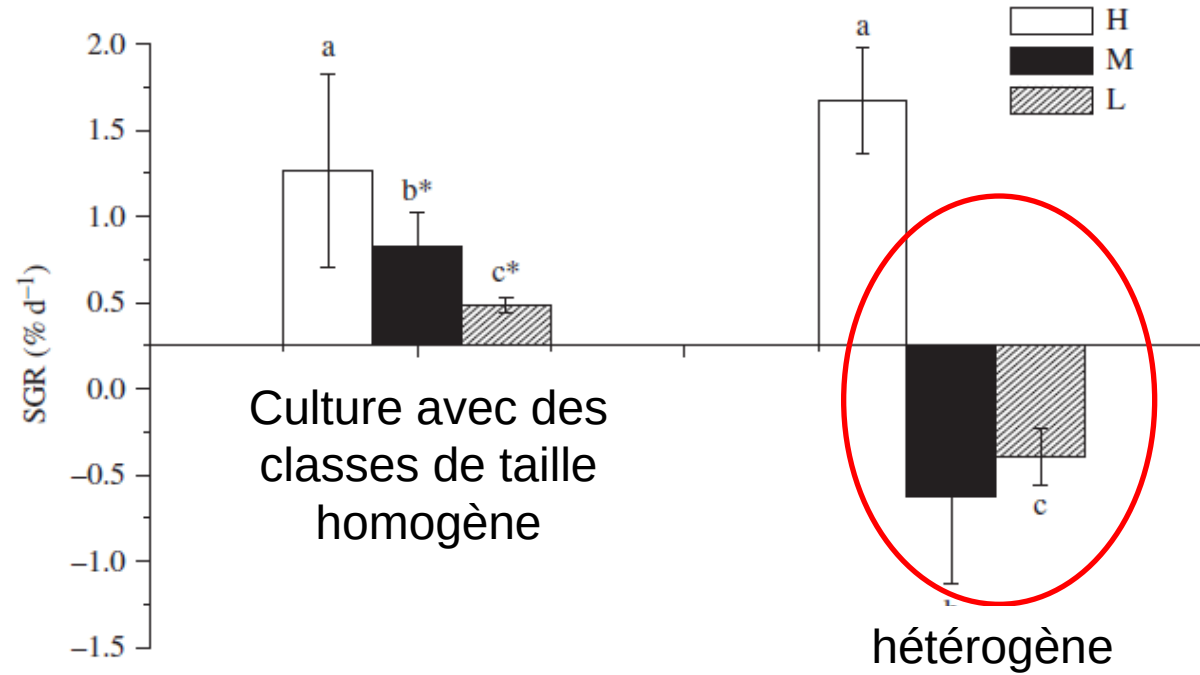
Le statut nutritif des gros animaux est meilleur

Relation « winner-looser »

S'applique via des « agressions physiques »



« Dieu a dit, dans la vie il y aura des durs il y aura des mous, et pour celui que sera petit et mou, ce sera très dur ! » Coluche.

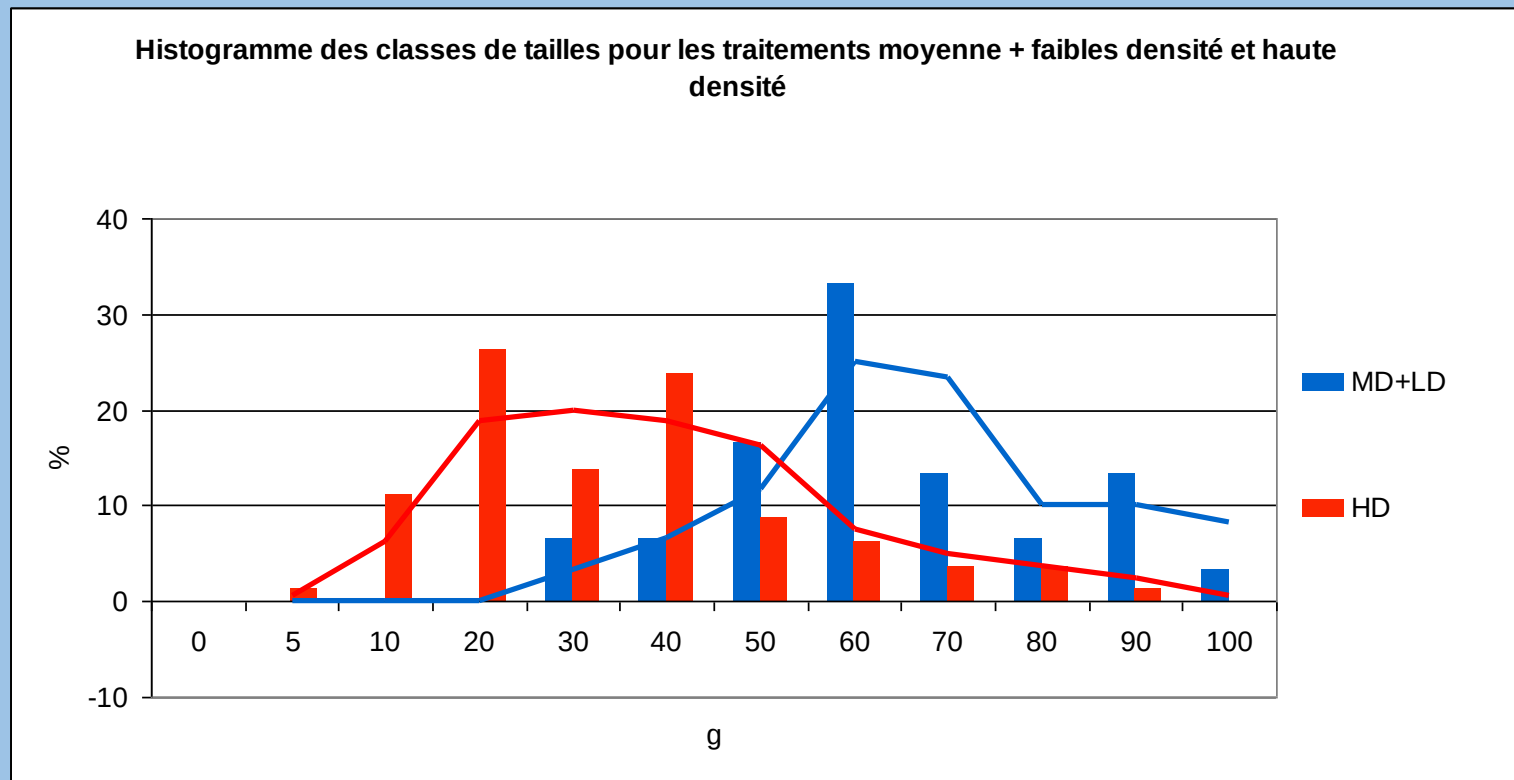


Conséquences:

Pour un même temps de culture, une plus forte densité implique:

Une diminution du poids moyen des animaux

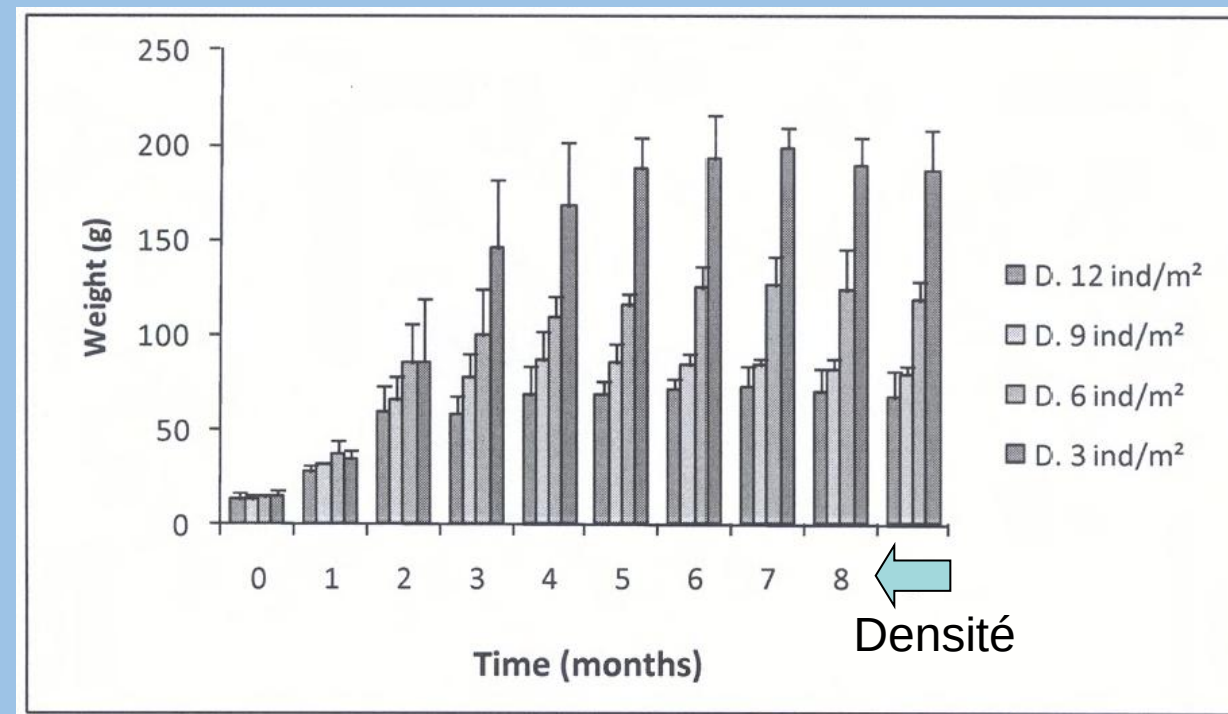
Une augmentation de la dispersion des poids des individus



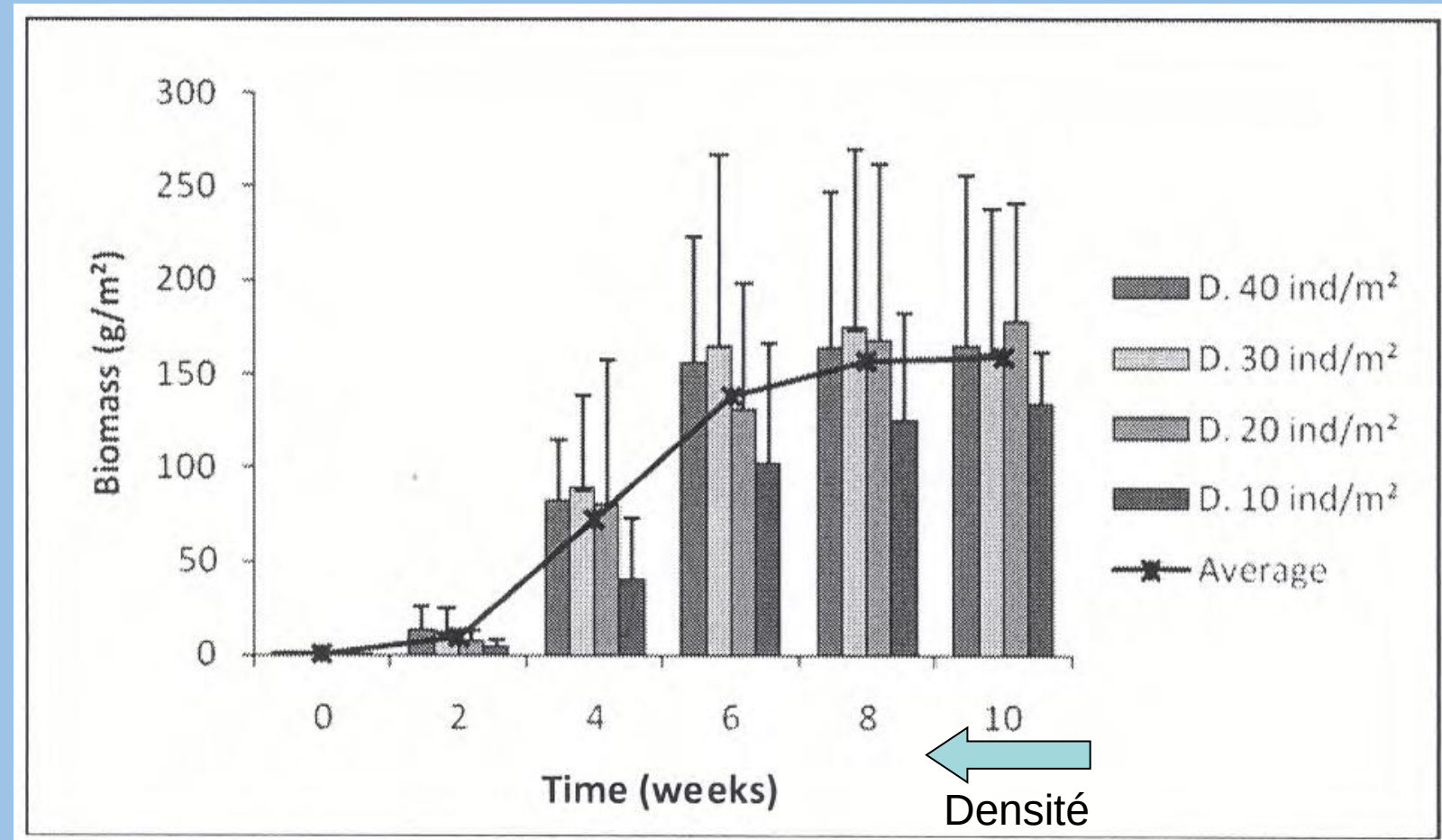
Remarques:

L'impact de ce phénomène n'est pas assez documenté pour des densités d'élevages faibles ($< 3 \text{ ind.m}^{-2}$).

Certaines observations suggèrent qu'il pourrait s'appliquer même pour de très faibles densités ($< 1 \text{ ind.m}^{-2}$, Laurent Burgy, comm. Pers.)



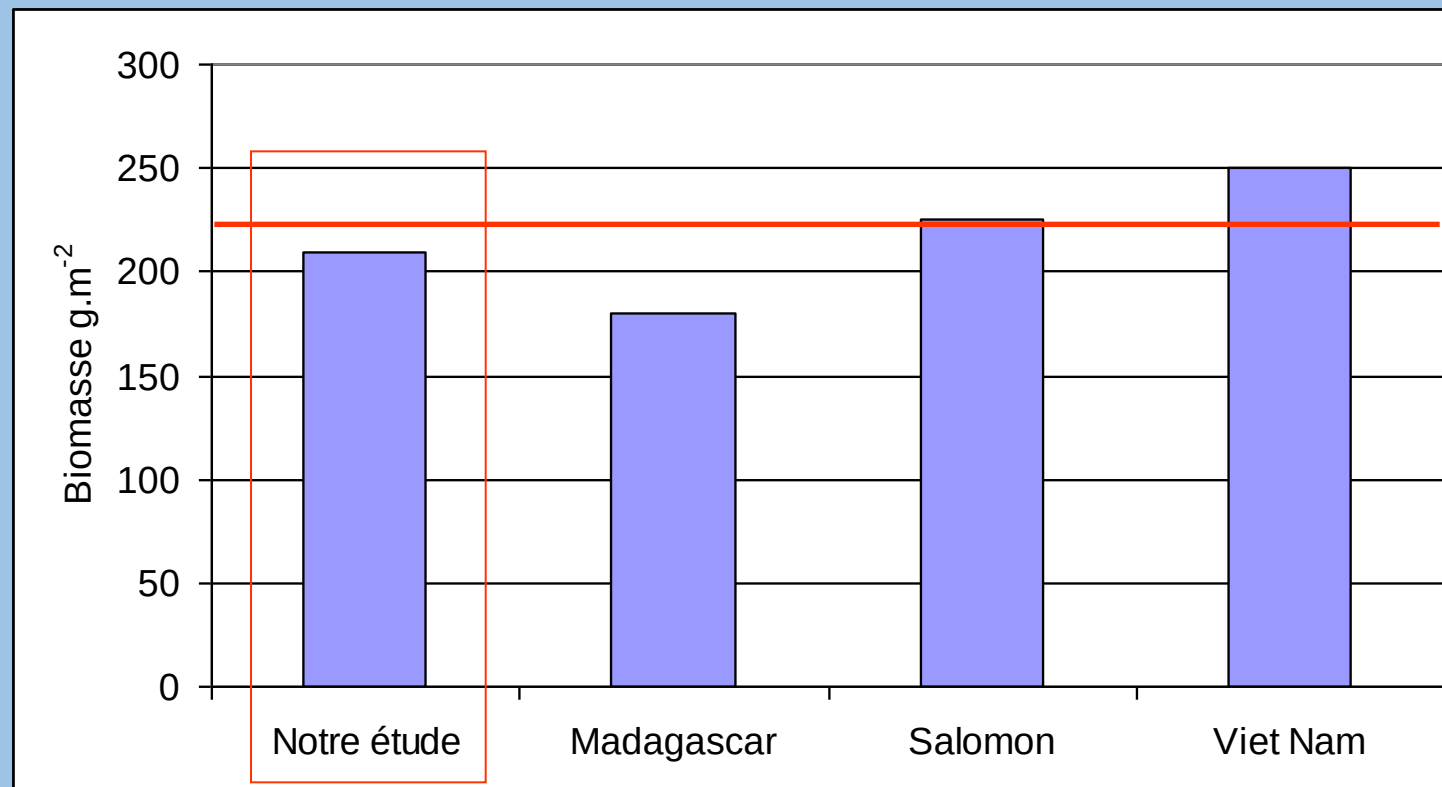
IL EXISTE UNE BIOMASSE CRITIQUE A PARTIR DE LAQUELLE IL N Y A PLUS DE CROISSANCE



IL EXISTE UNE BIOMASSE CRITIQUE A PARTIR DE LAQUELLE IL N Y A PLUS DE CROISSANCE

La biomasse à partir de laquelle un arrêt de croissance est observé est assez robuste.

De nombreuses études rapportent des valeurs entre 200 et 250 g.m⁻²

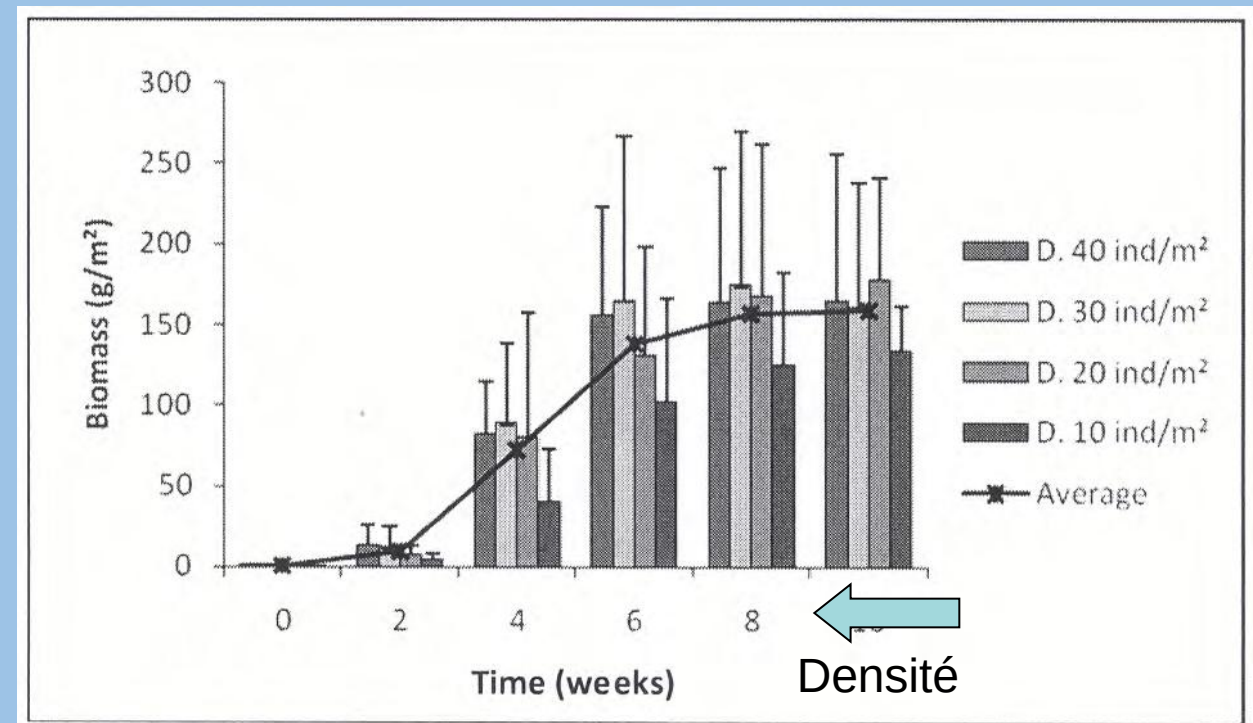


IL EXISTE **UNE CAPACITE DE CHARGE** A PARTIR DE LAQUELLE IL N Y A PLUS DE CROISSANCE

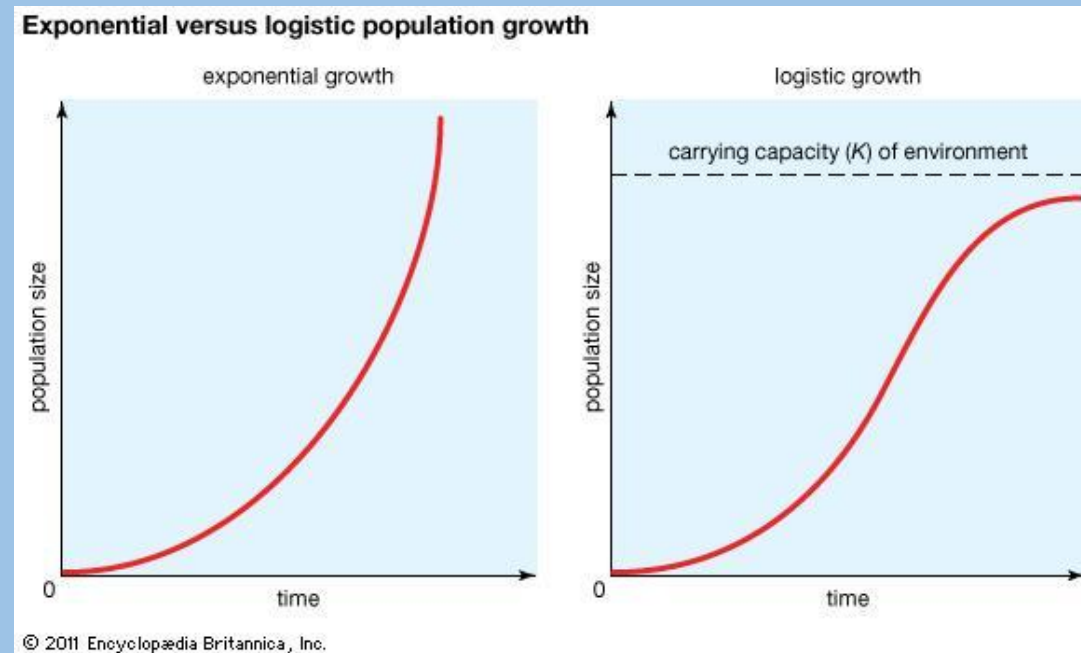
La biomasse critique est indépendante de la densité d'élevage.

=> Elle n'est pas due à des relations intra spécifiques

Elle est liée à la capacité du milieu à produire de la nourriture, c'est à dire à sa capacité de charge



IL EXISTE UNE CAPACITE DE CHARGE A PARTIR DE LAQUELLE IL N Y A PLUS DE CROISSANCE



A l'échelle d'une population:

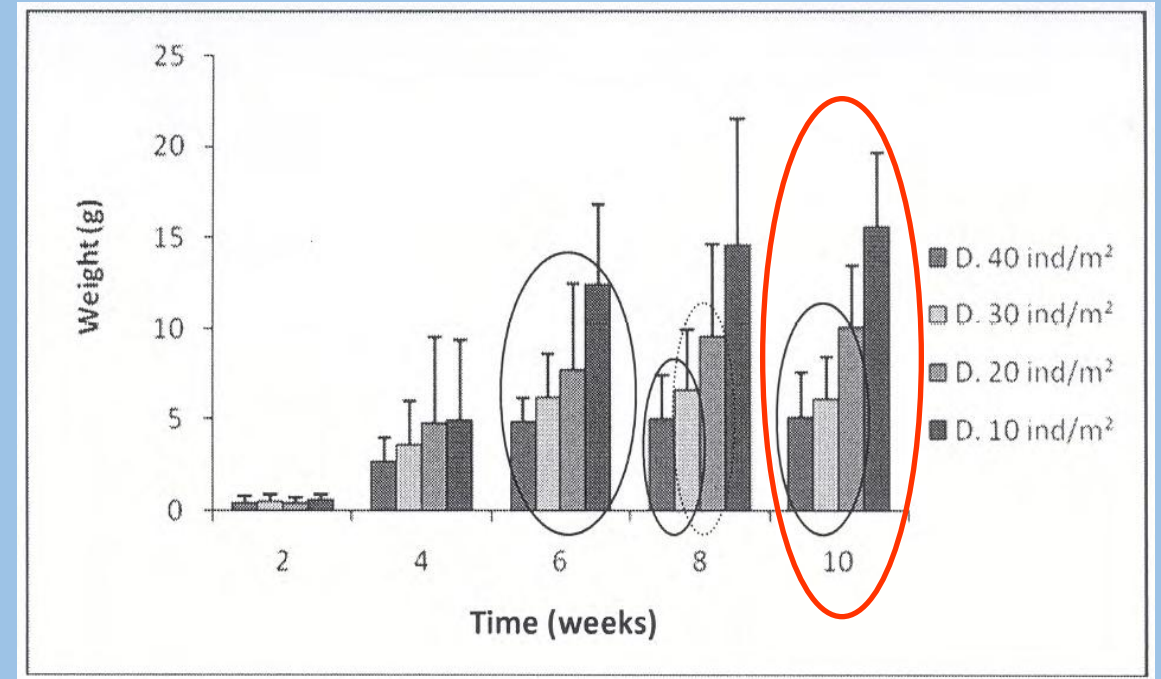
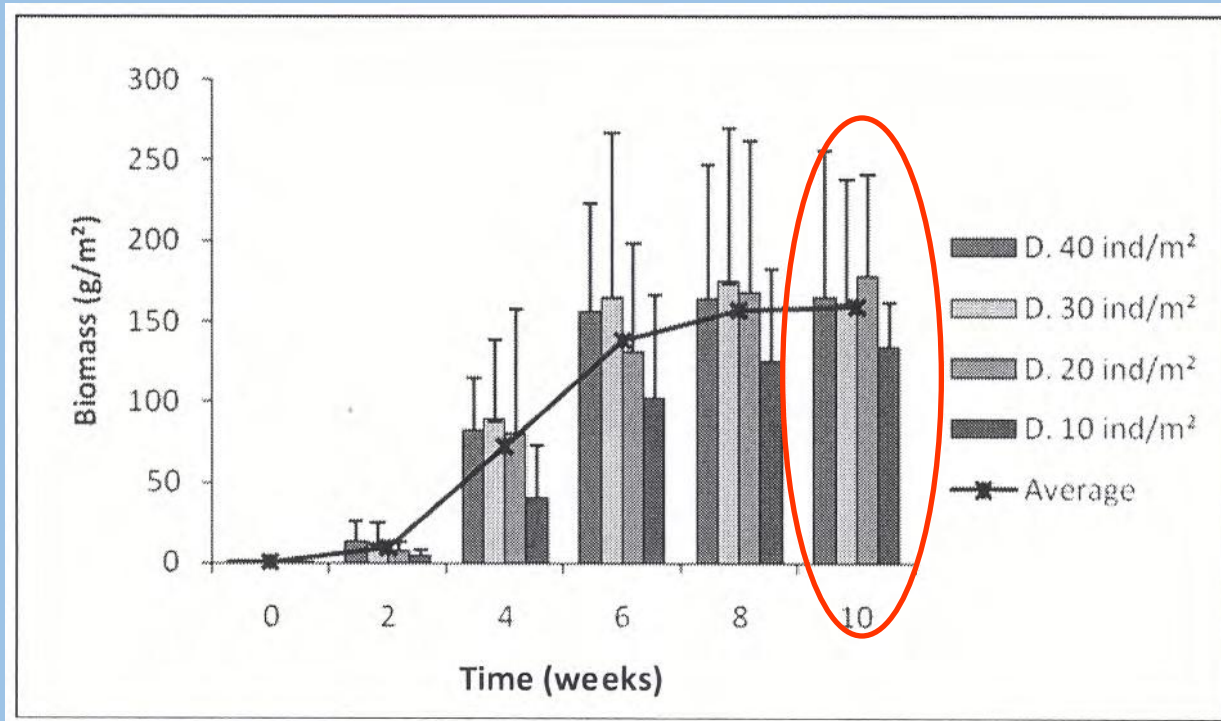
La capacité de charge est la taille maximale de la population d'un organisme qu'un milieu donné peut supporter.

A l'échelle d'un individu

Pour un individu, la capacité de charge est définie par la concentration en nourriture à partir de laquelle

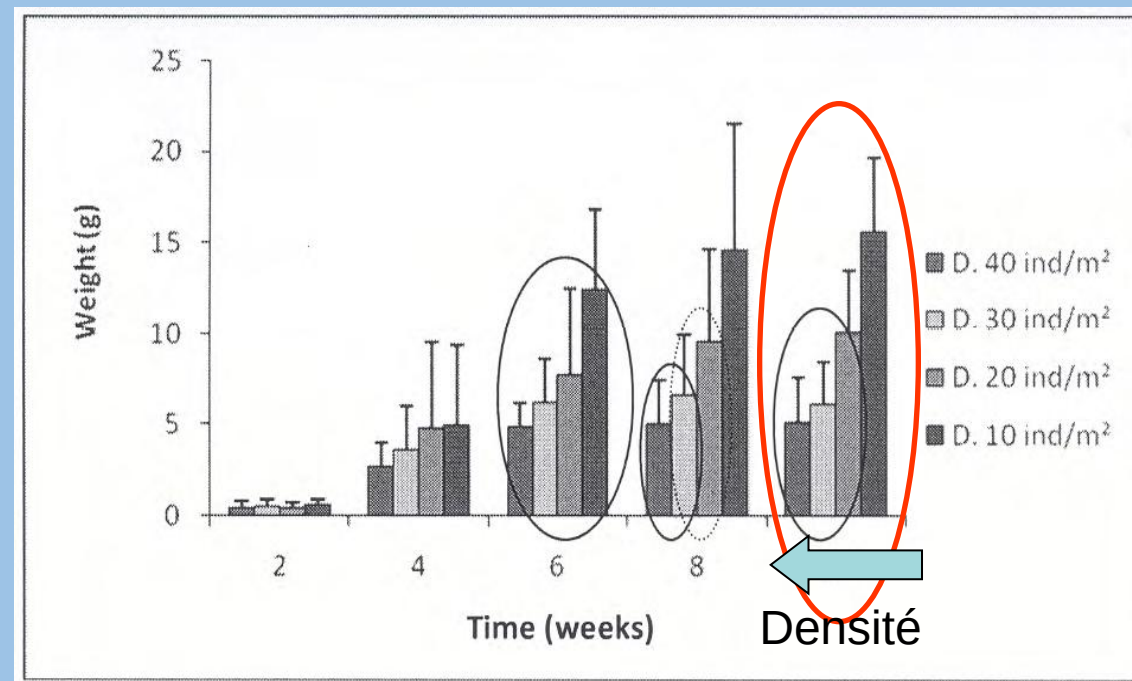
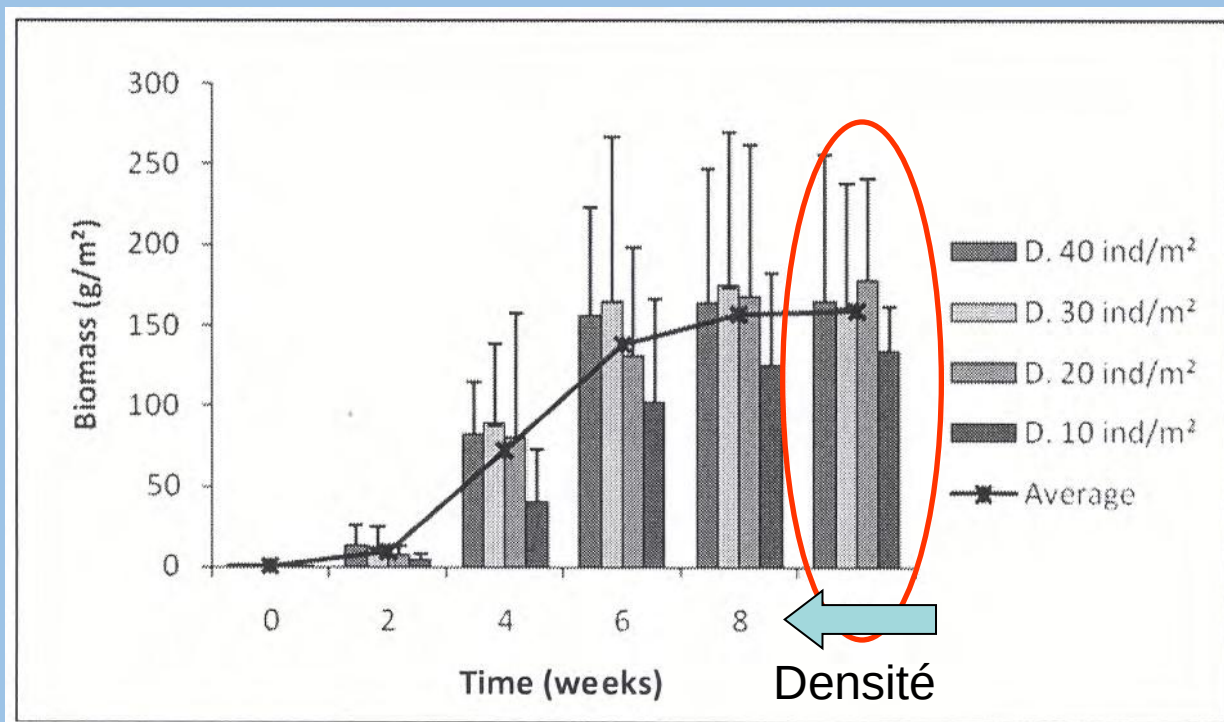
L'énergie apportée par la nourriture = l'énergie dépensée pour acquérir cette nourriture

Conséquences



Plus la densité des animaux est grande, plus le poids moyen maximum est faible

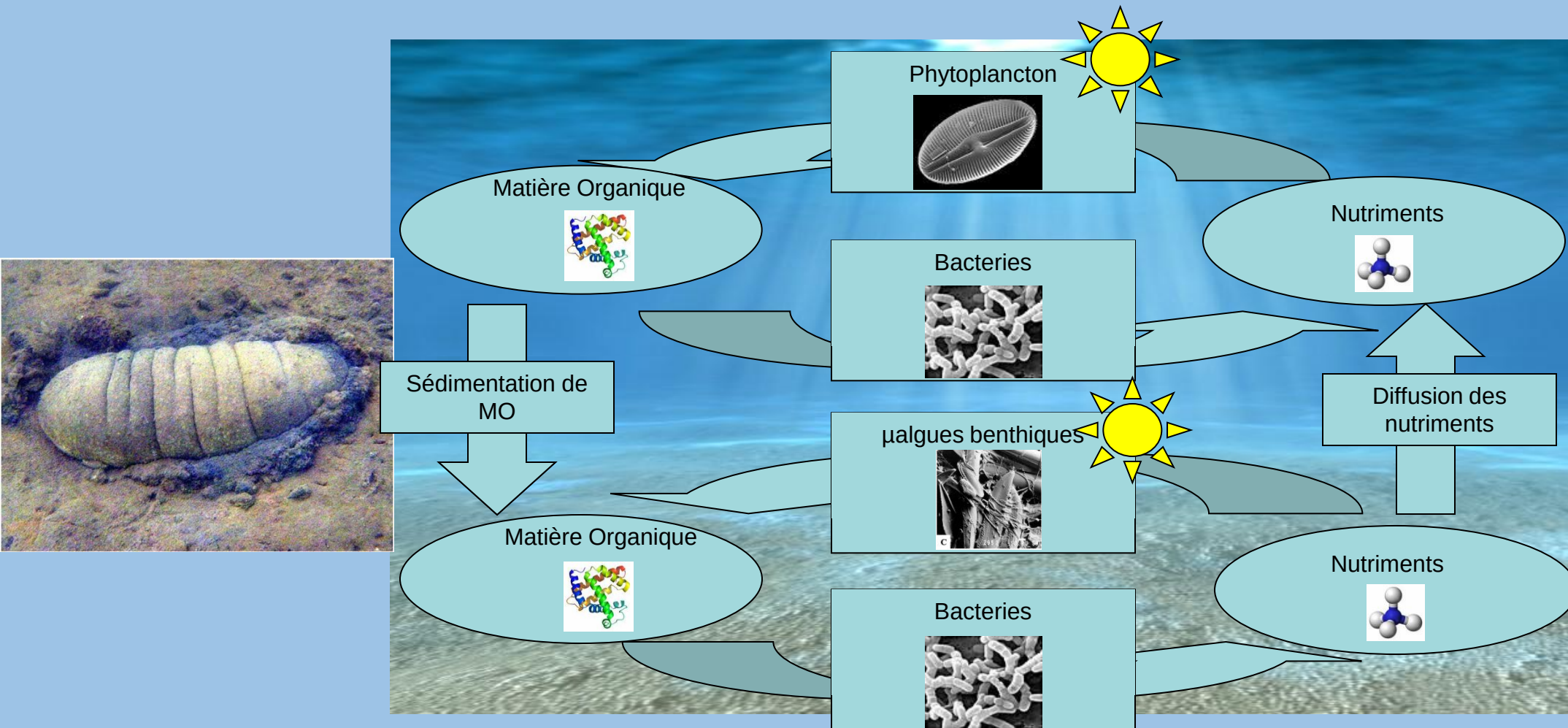
Conséquences



Plus la densité des animaux est grande, plus le poids moyen maximum est faible

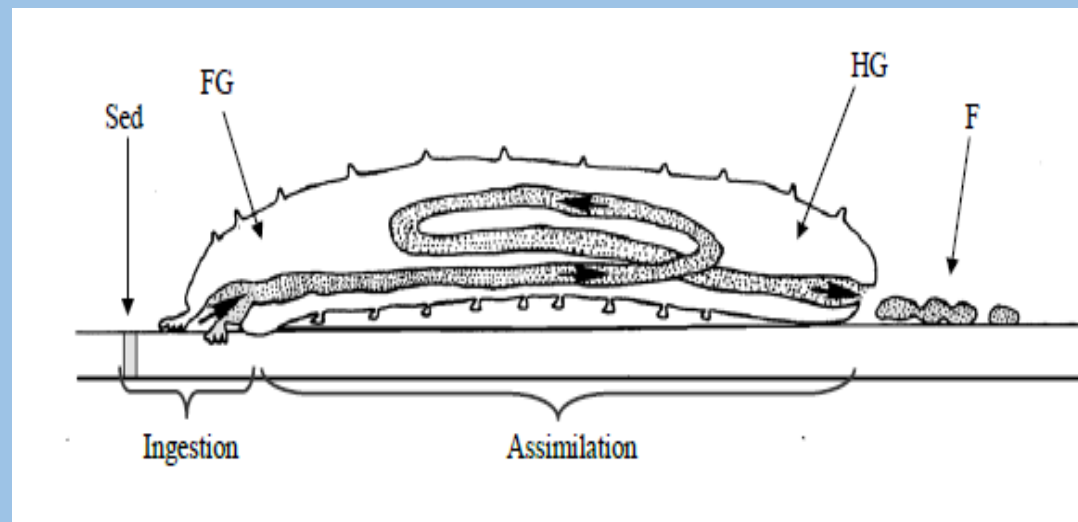
Si les animaux sont maintenus à une biomasse trop élevée, le manque de nourriture semble entraîner des mortalités

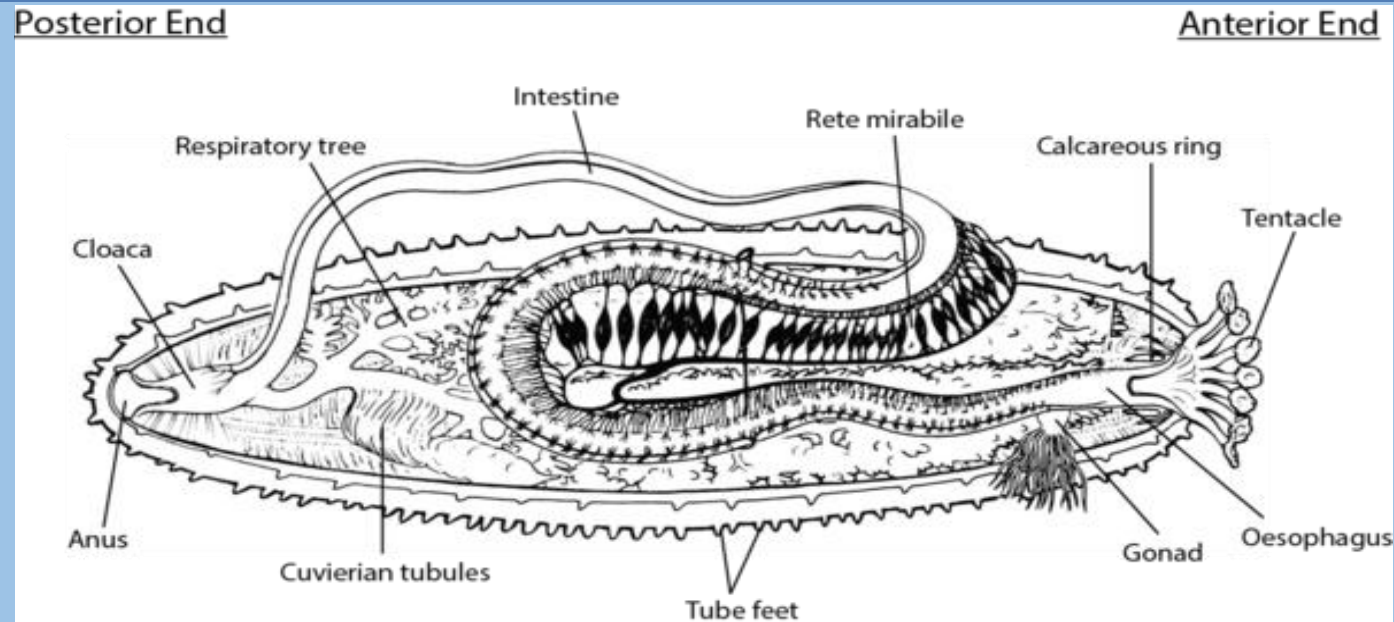
Afin de mieux comprendre ces phénomènes, il est important de mieux connaître la nutrition de *H. scabra*.



Afin de mieux comprendre ces phénomènes, il est important de mieux connaître la nutrition de *H. scabra*.

Comment se nourrit une holothurie?





H. Scabra a un système digestif très simple. (elle s'éviscère... et puis repart...)

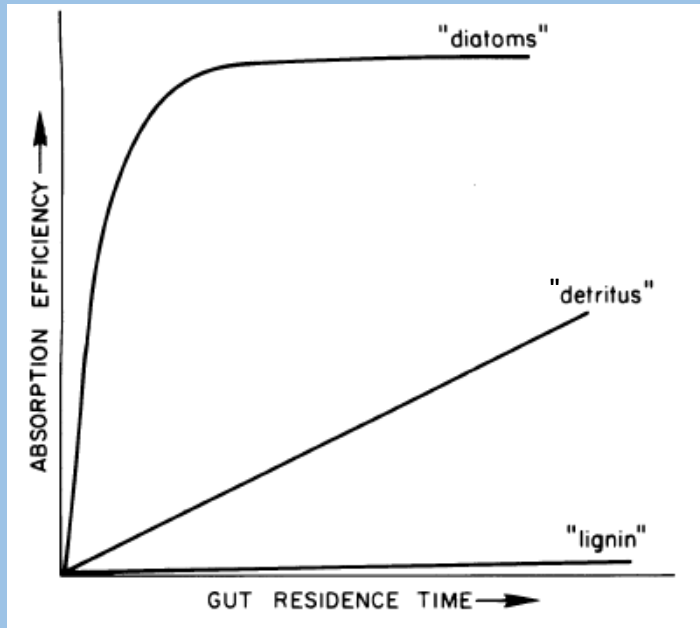
H. scabra a une faible activité enzymatique (Zarate et al. 2012).

Principaux enzymes connus:

alpha amylase et protease (trypsine et chymotrypsine)

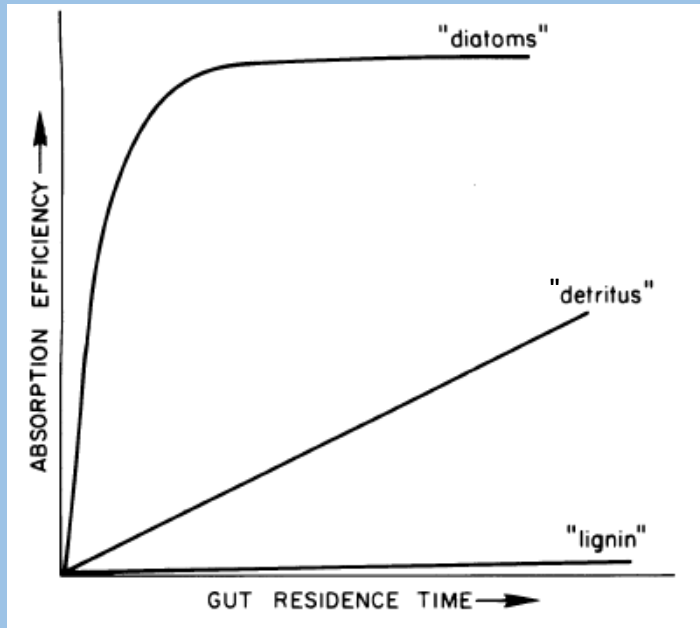
Enzymes pour composés complexes en de très faibles quantités (sûrement exo enzymes de bactéries).

alginate lyase, cellulase, mannanase, agarase et xylanase



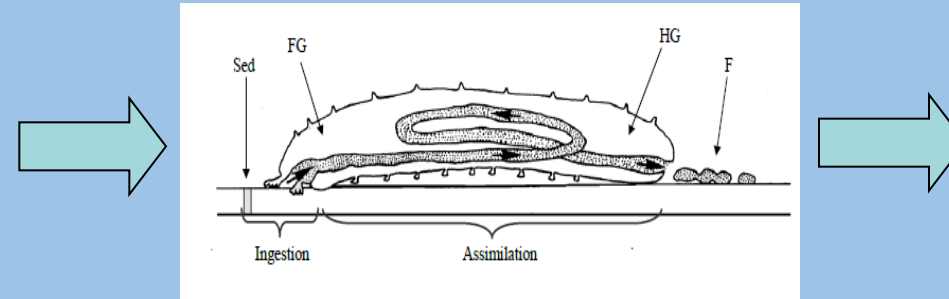
Lopez and Levinton 1987

Relation entre le temps de résidence du sédiment dans l'intestin et la capacité d'assimilation pour différente source de nourriture.

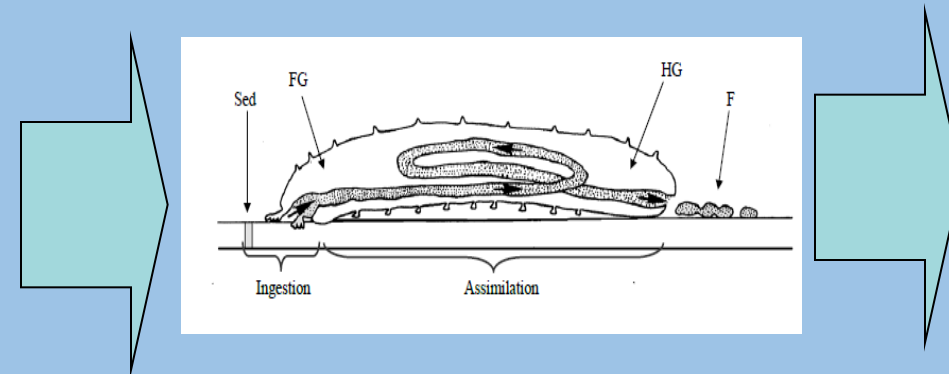


Lopez and Levinton 1987

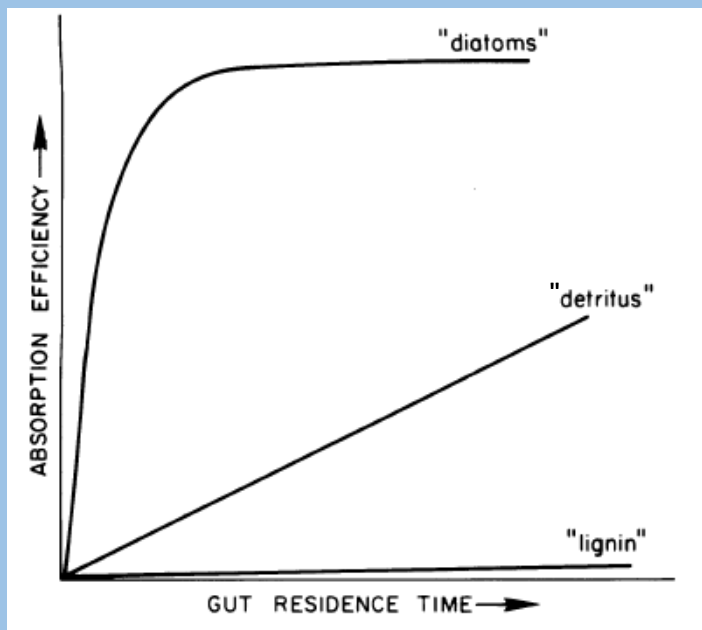
Relation entre le temps de résidence du sédiment dans l'intestin et la capacité d'assimilation pour différente source de nourriture.



- + le sédiment passe de temps dans son intestin.
- les holothurie ingère de sédiment

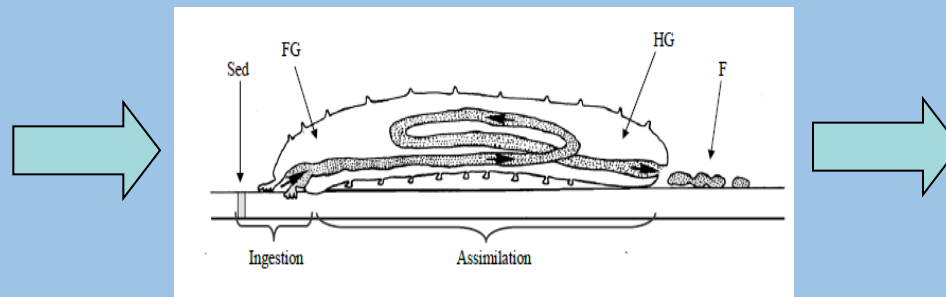


- + les holothurie ingère de sédiment
- le sédiment passe de temps dans son intestin.



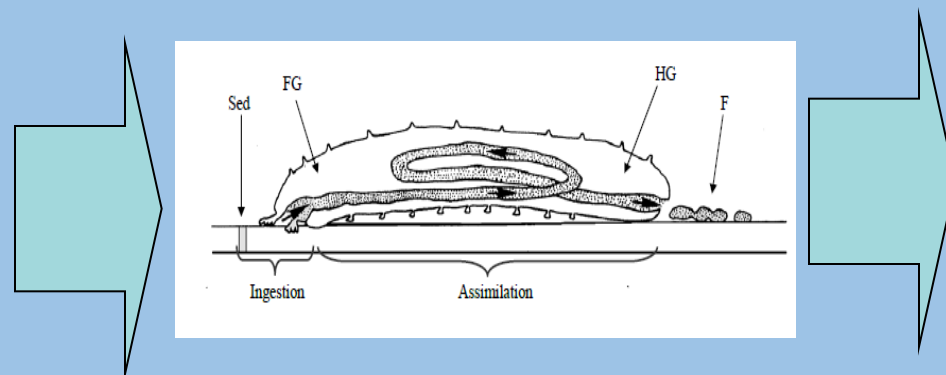
Lopez and Levinton 1987

Relation entre le temps de résidence du sédiment dans l'intestin et la capacité d'assimilation pour différente source de nourriture.



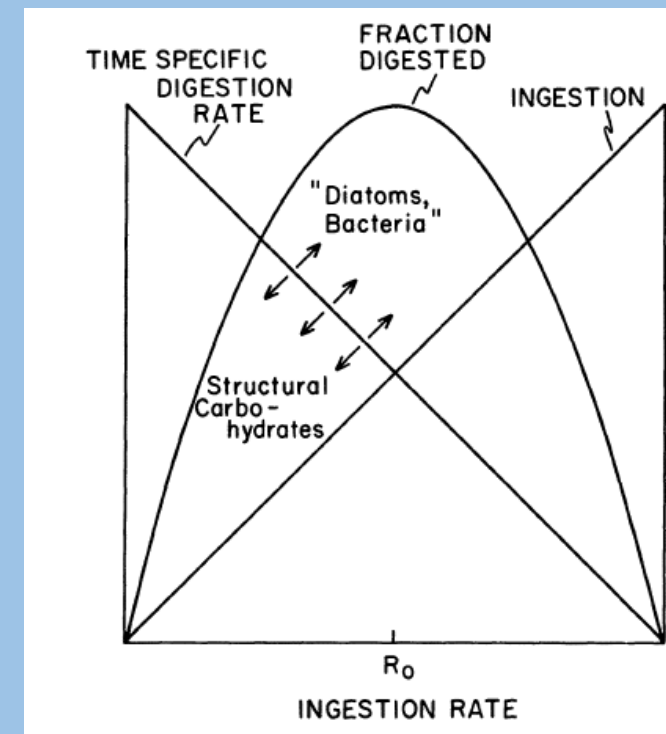
+ le sédiment passe de temps dans son intestin.

- les holothurie ingère de sédiment



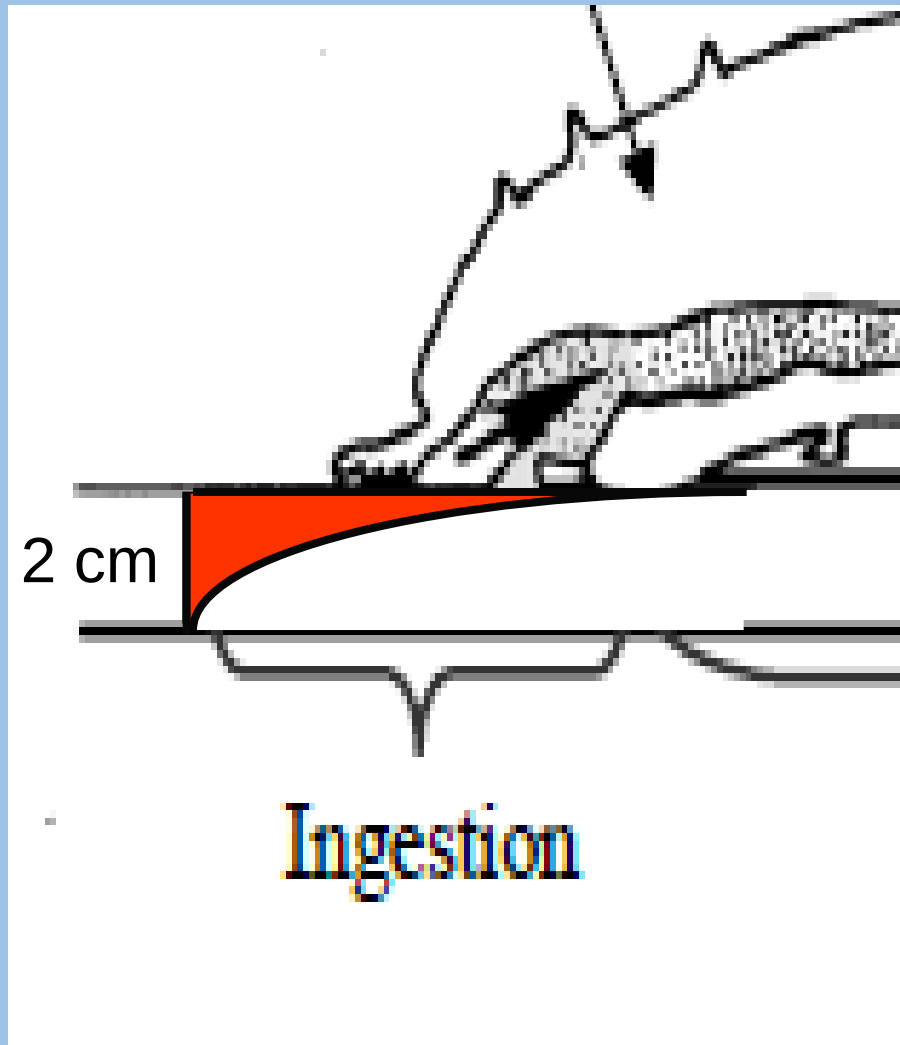
+ les holothurie ingère de sédiment

- le sédiment passe de temps dans son intestin.



Lopez and Levinton 1987

Les holothuries régulent leur taux d'ingestion pour trouver le meilleur compromis entre quantité de matière ingérée et quantité de matière assimilée.

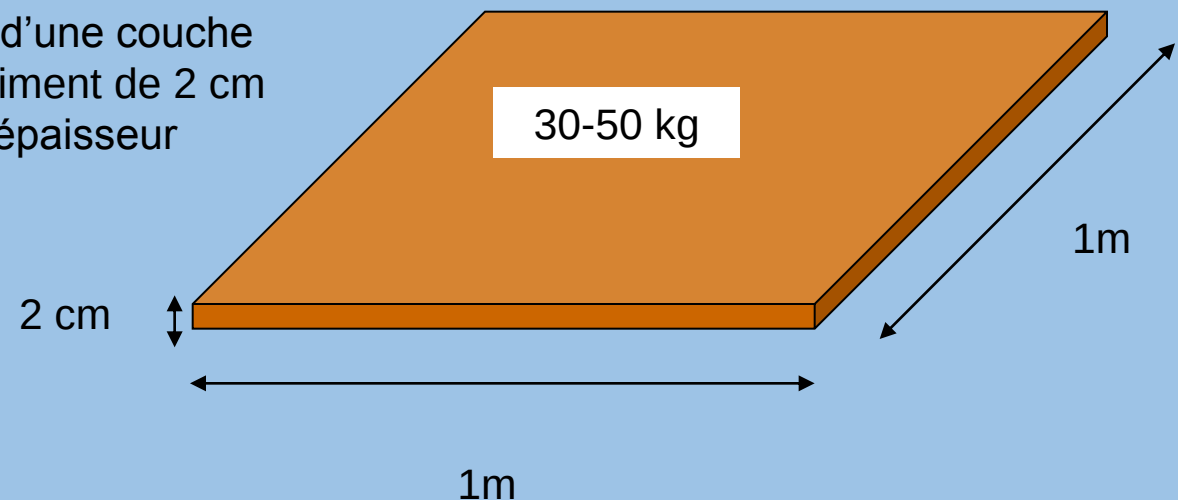


Les holothuries ne se nourrissent que sur la surface des sédiments (maximum 2 cm)

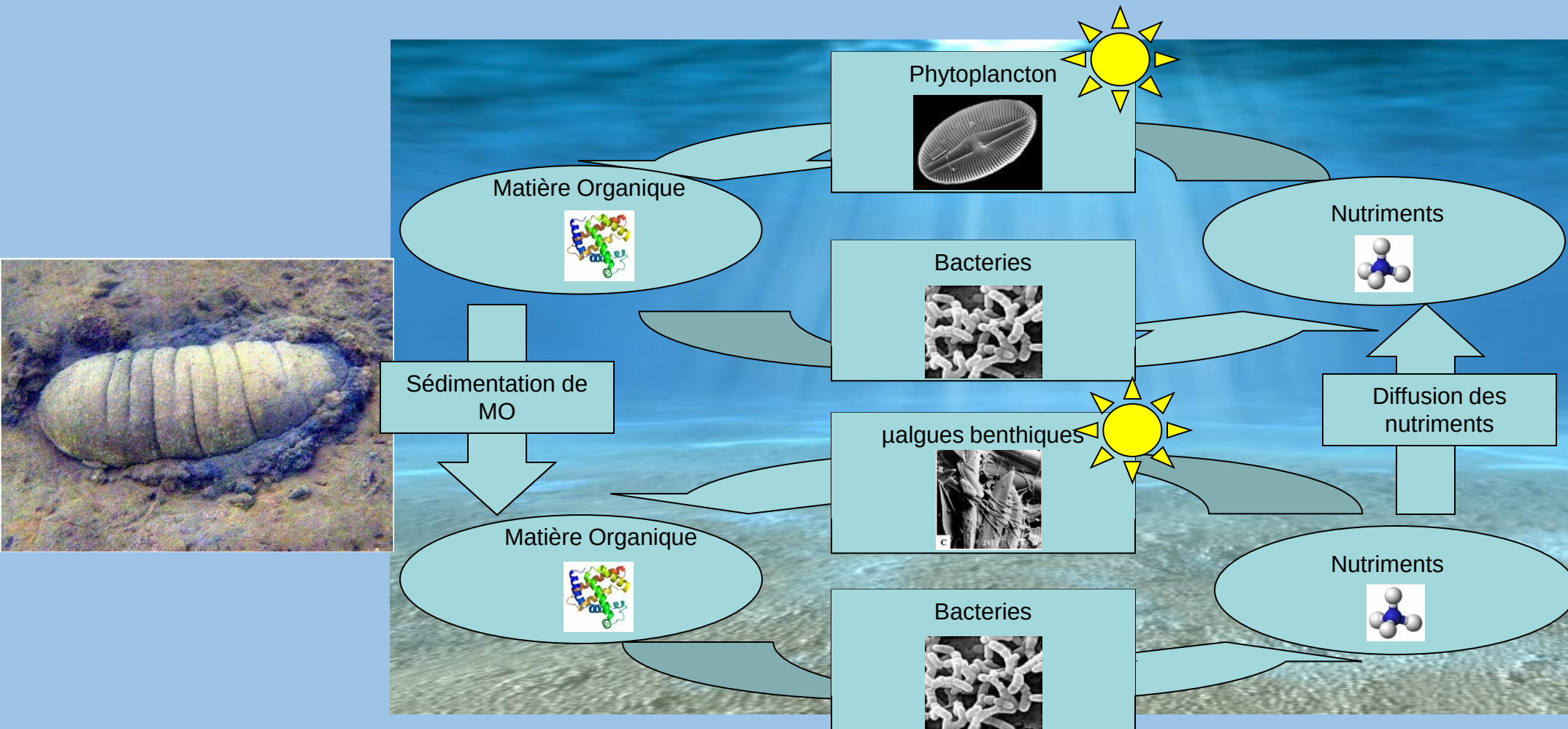
Une holothurie de 100g ingère entre 45 et 90 g de sédiment par jour (Mercier et al. 1999, Uthicke 2001 ...).

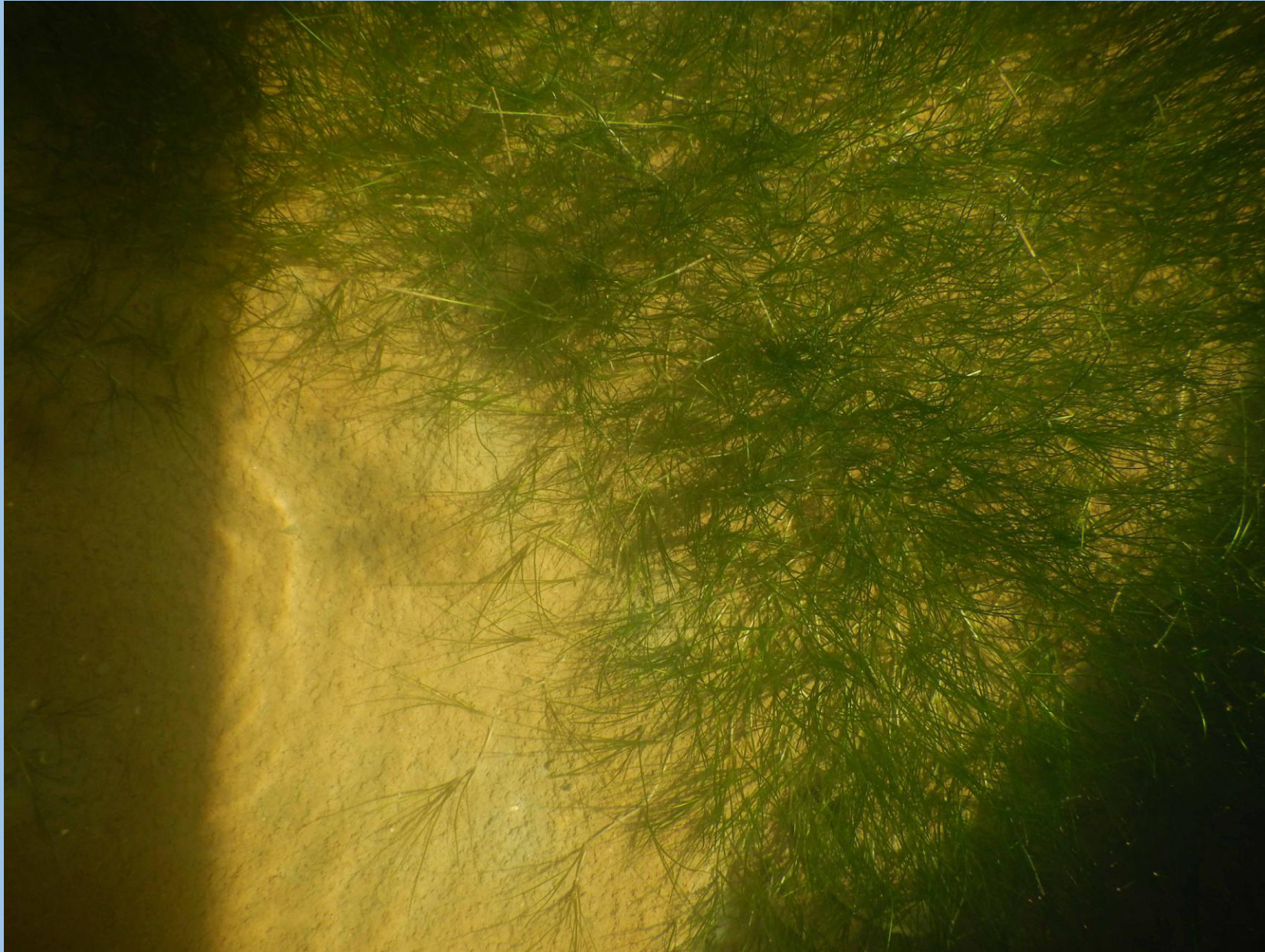
Une biomasse de 250-300 g d'holothuries met 200 jours pour manger 1m² de sédiment.

Poids d'une couche
de sédiment de 2 cm
d'épaisseur



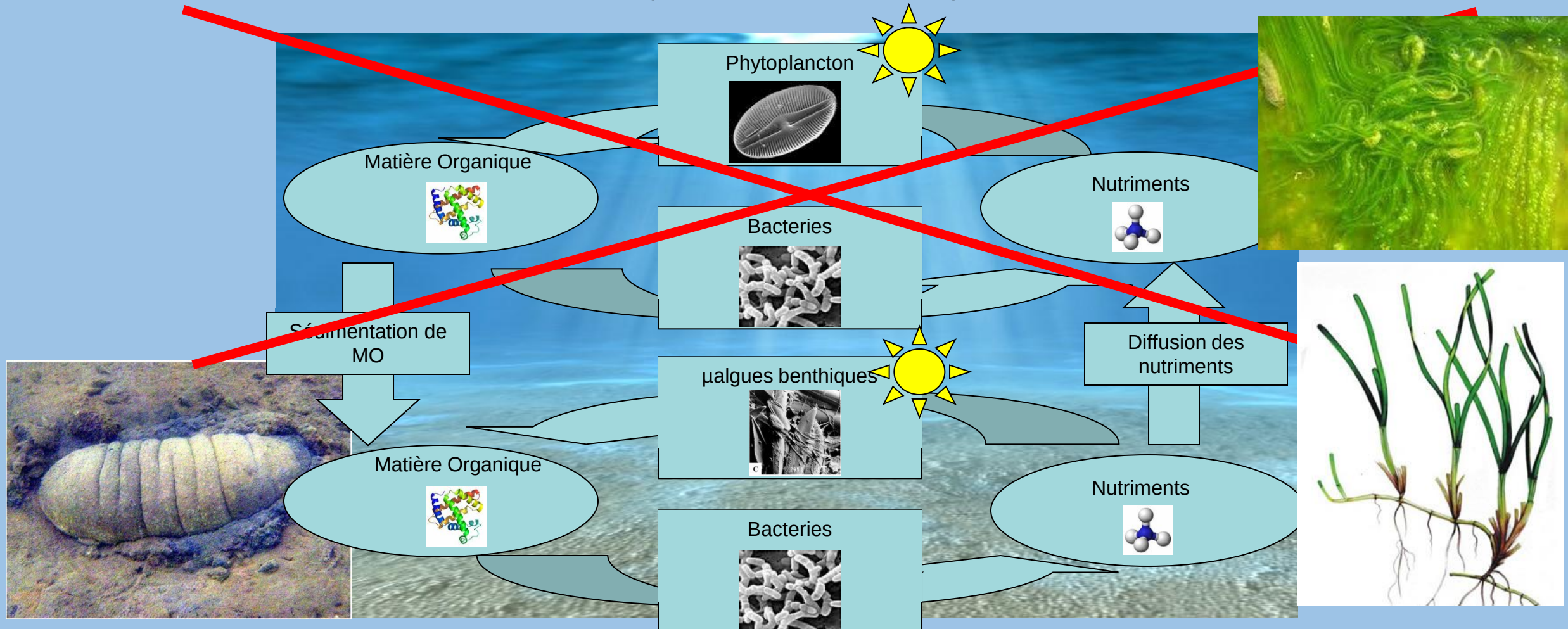
Quelles ont été les sources de nourriture de *H. scabra* dans le système?

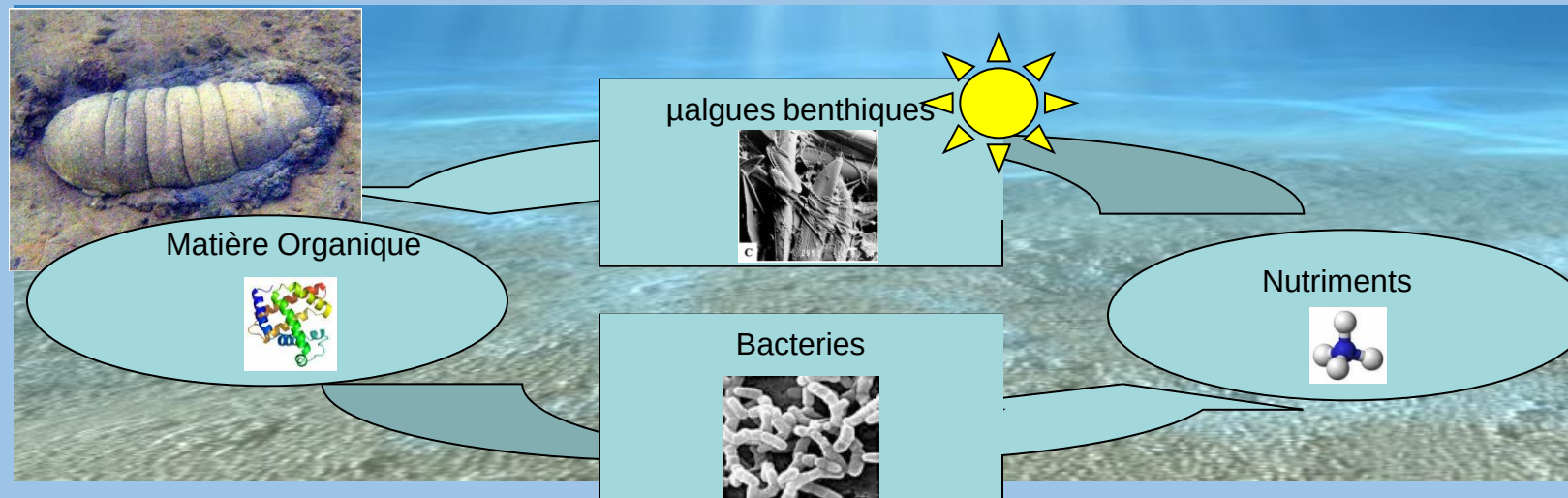




La colonne d'eau est restée pauvre.

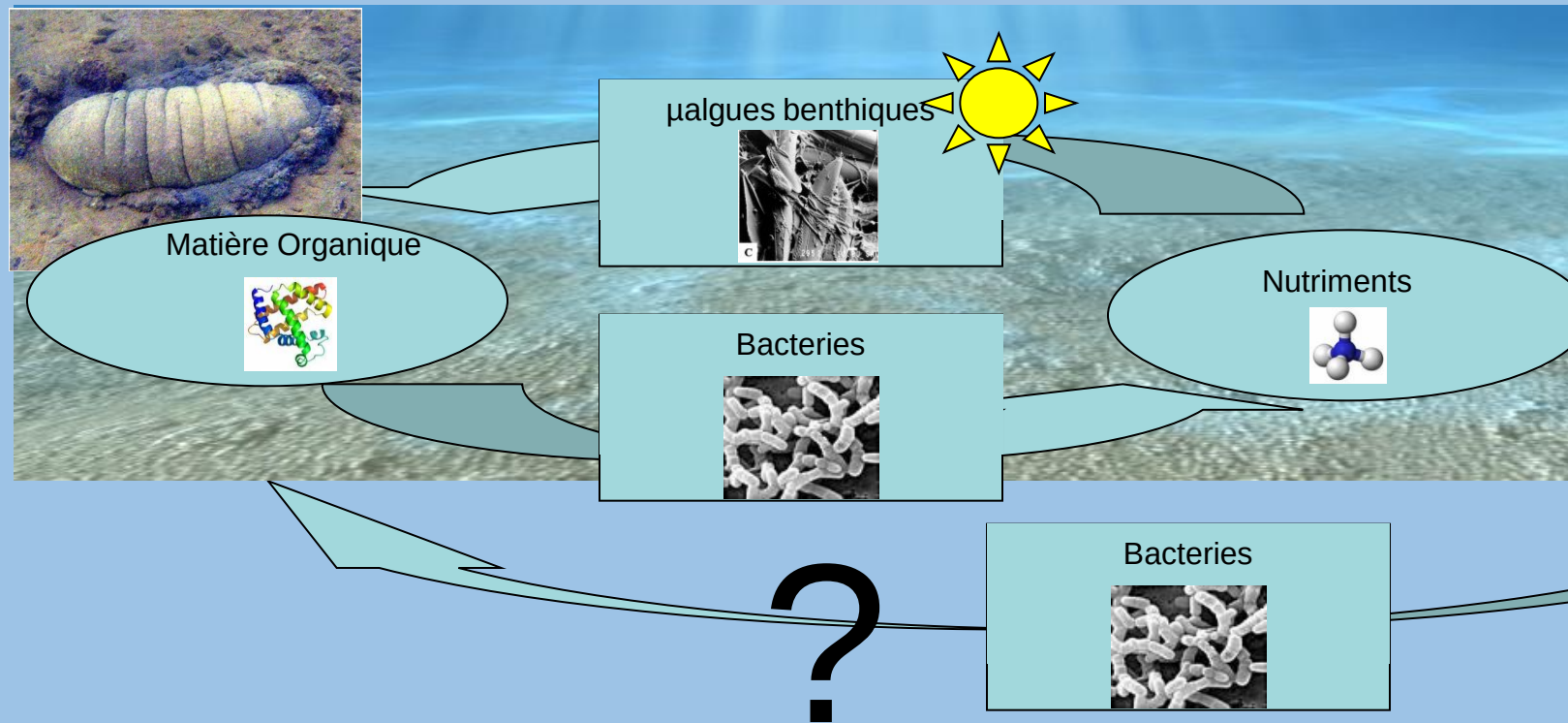
Il y a eu des macro algues





Les macro algues et herbiers ne sont pas assimilables directement par *H. scabra*.

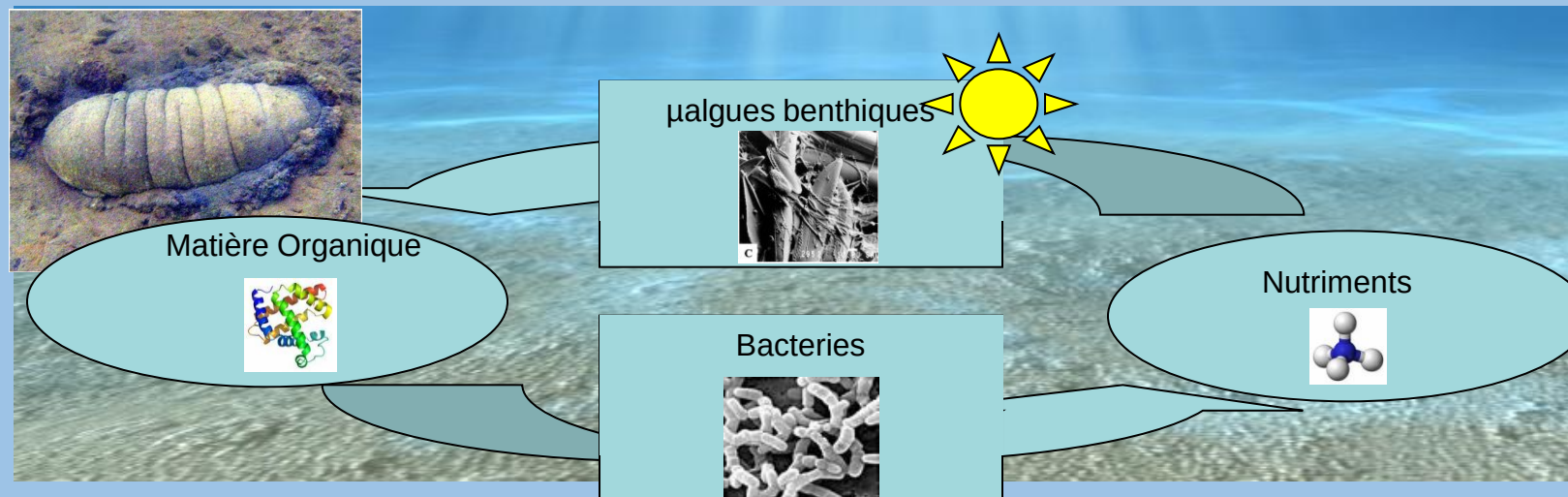
Leurs produits de dégradation sont assimilables via la MO détritique, mais il est peu probable que ce processus ait eu le temps de se mettre en place dans notre système.



Il reste la boucle microbienne benthique:

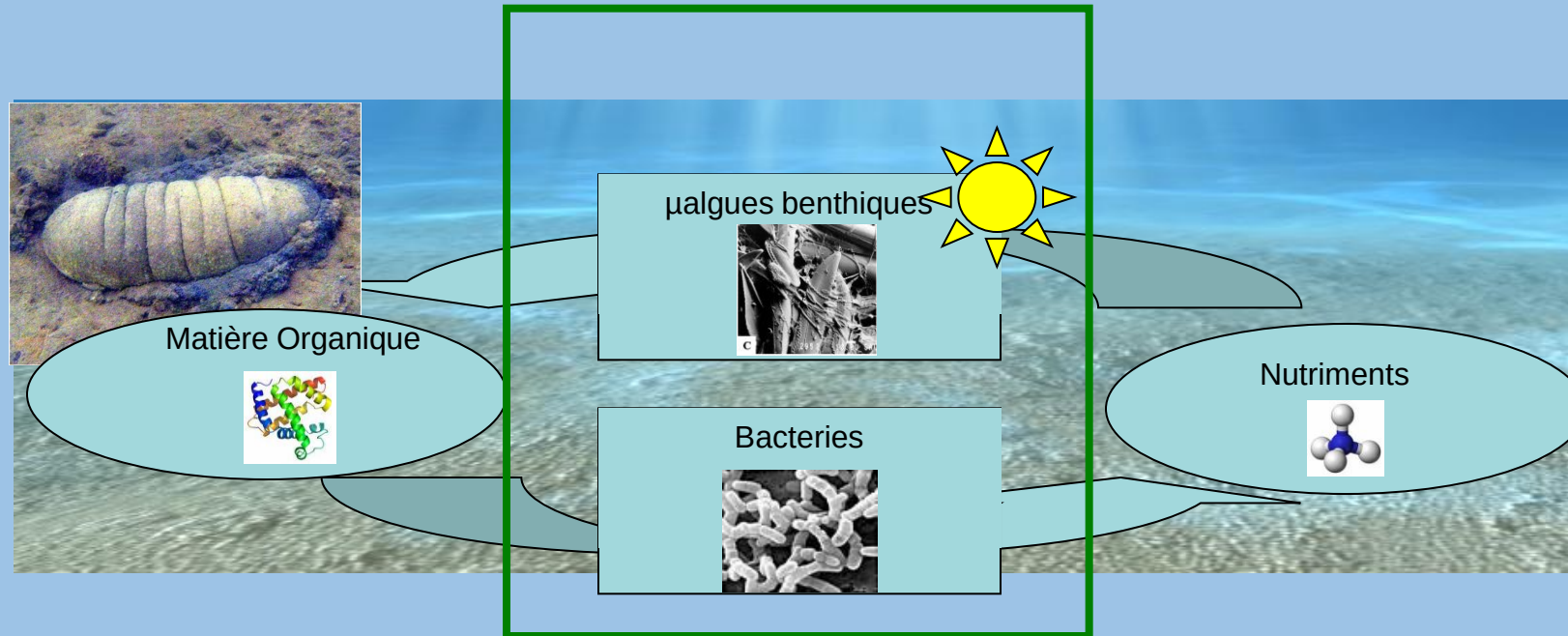
Fonctionne grâce à un recyclage interne du pool de nutriments issu de la reminéralisation de la MO du sédiment

Permet à la boucle microbienne benthique d'atteindre et de garder un fort métabolisme basé sur le couplage étroit entre organismes autotrophes et hétérotrophes.



Les micro algues et les bactéries représentent une source de nourriture importante chez les holothuries

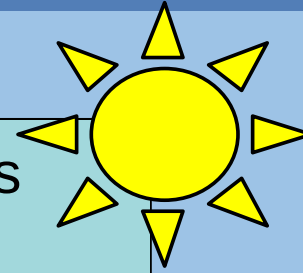
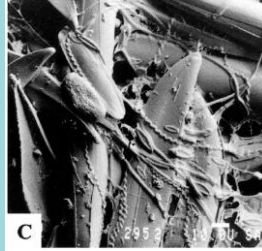
Taddei (2006) => Microphytobenthos et bactéries = 54% de l'alimentation chez les holothuries



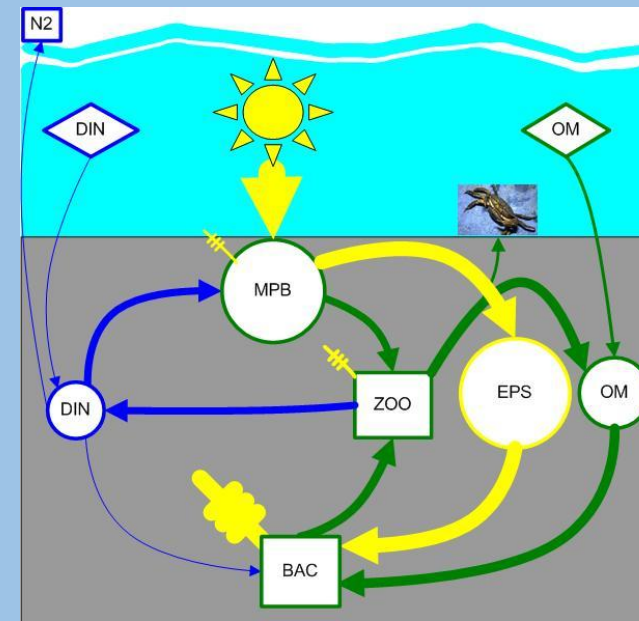
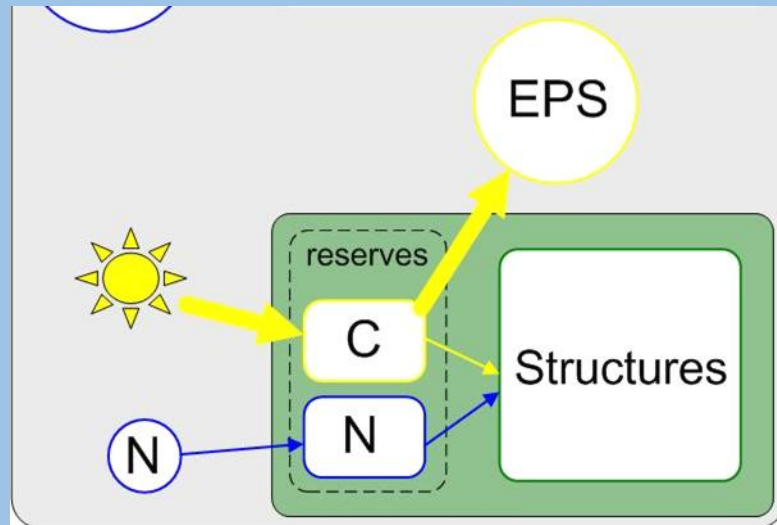
Mais leur biomasse ne représente qu'un petit pool de matière (2-5% de la MO totale)

Certaines espèces sont mieux assimilées que d'autres ex: diatomées vs. cyanobactéries

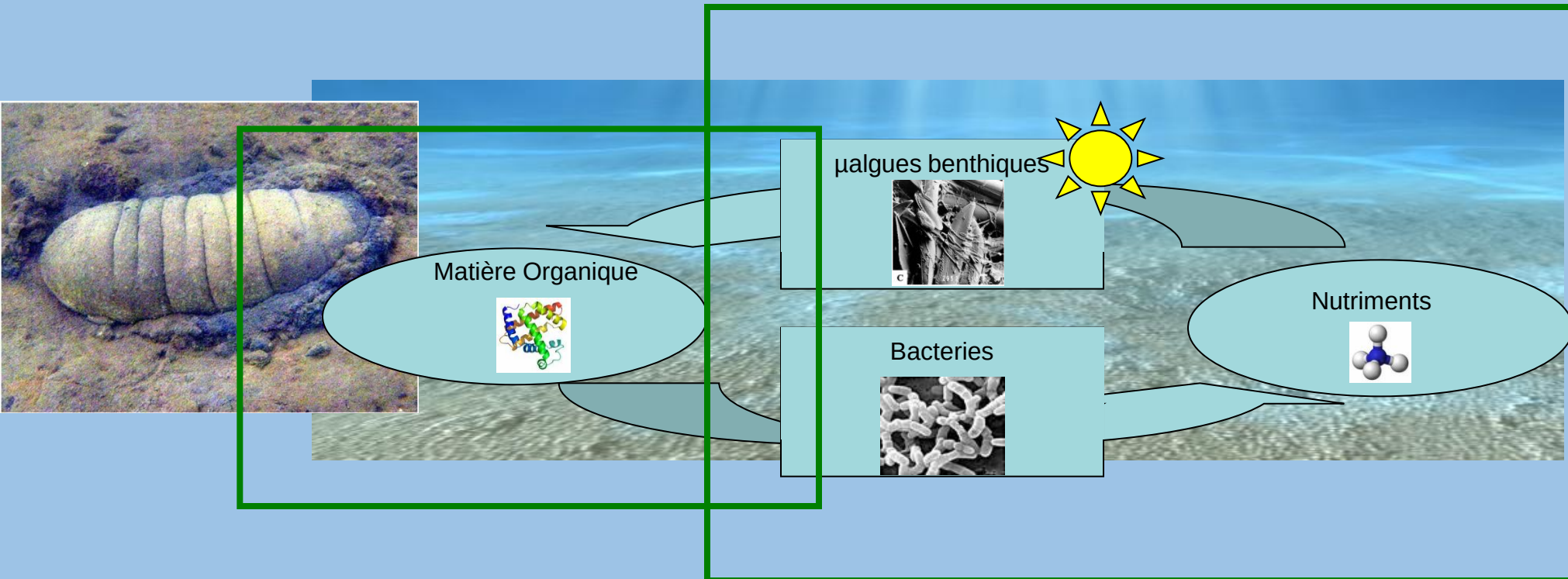
μalgues benthiques



En plus de sa biomasse le microphytobenthos représente un apport de carbone organique labile via **la photosynthèse**.

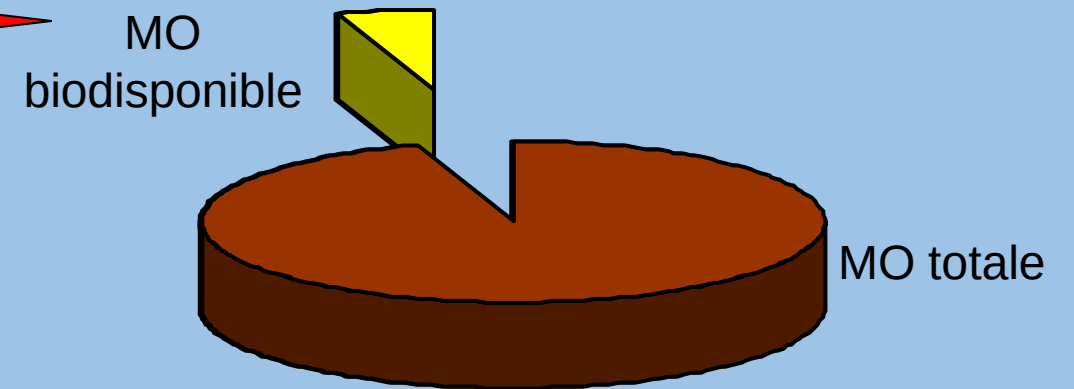
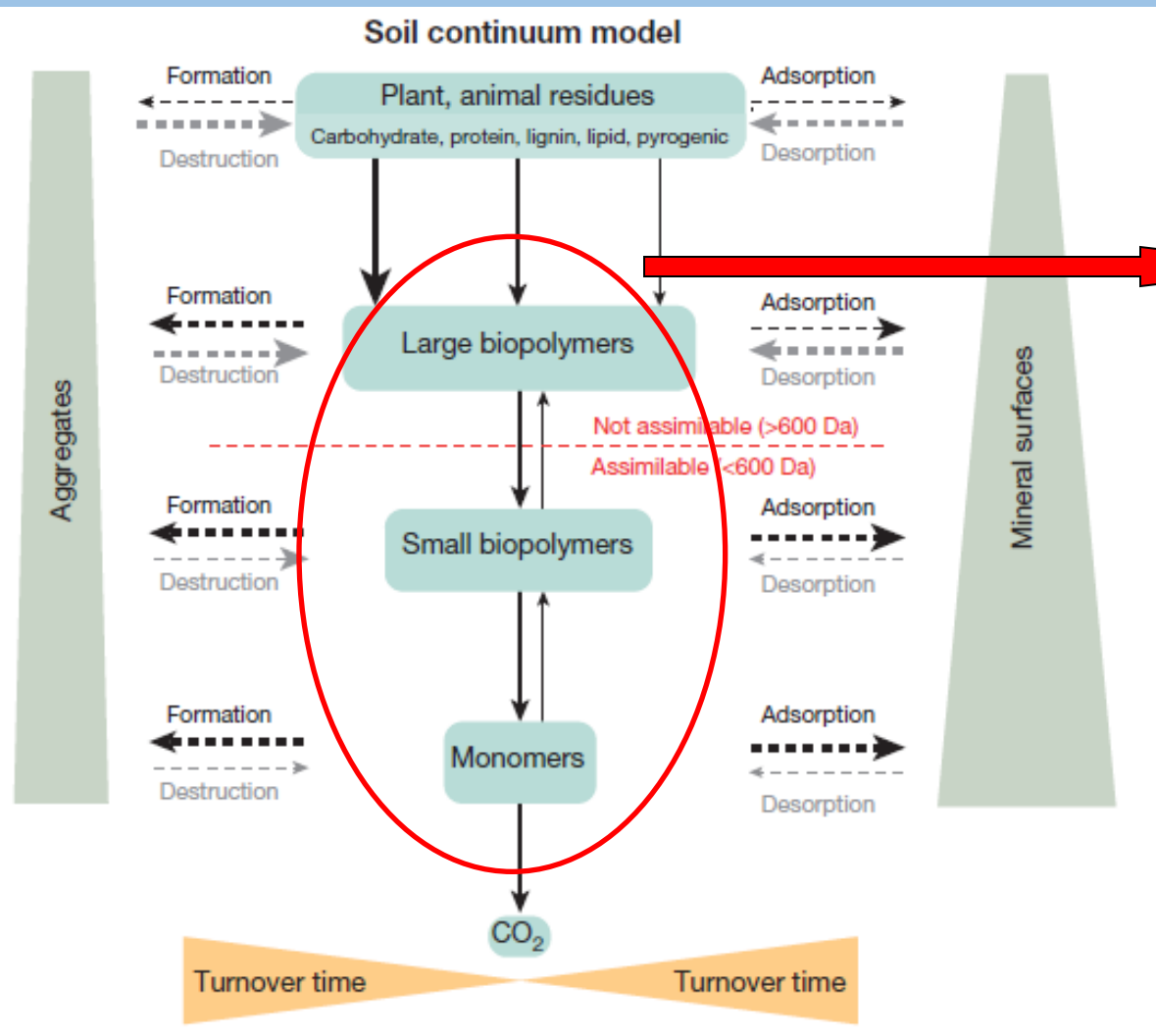


La matière organique.....



H. SCABRA NE S'ALIMENTE PAS SUR LE POOL TOTAL DE MO

le pool de matière organique total n'est assimilable par les holothuries qu'après un important recyclage bactérien (Yingst 1976; Lawrence 1982; Féral 1989; Roberts et al. 2000; Gao et al. 2008, Wen et al. 2016).



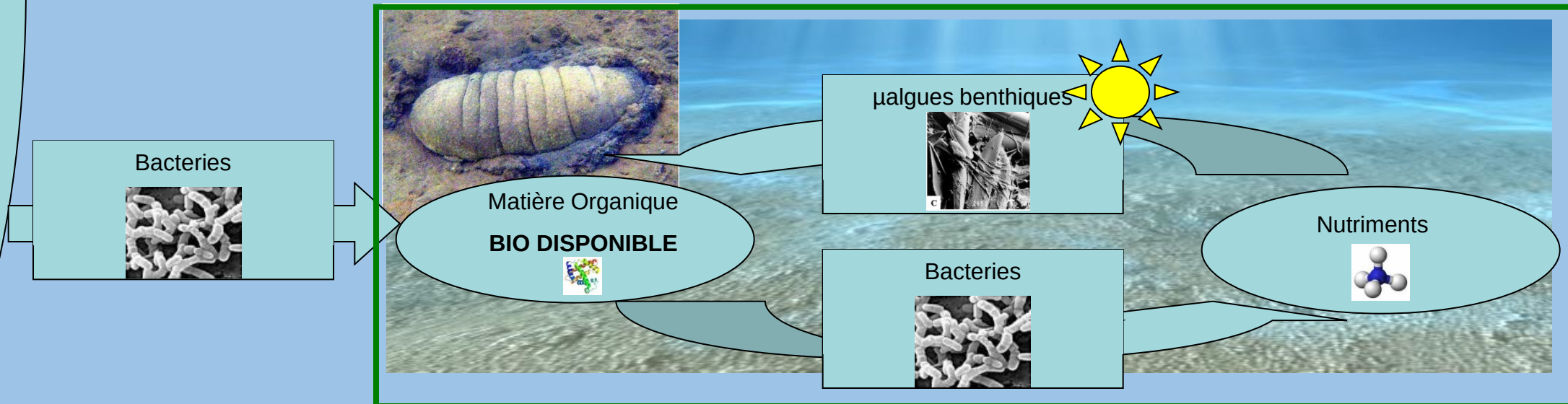
H. Scabra n'a accès qu'à de la matière labile biodisponible soit 2 à 5% de la MO totale

Les sources de nourriture de *H. scabra* sont constituées d'un petit pool de matière détritique bio-disponible et vivante (bactérie+ microphytobenthos).

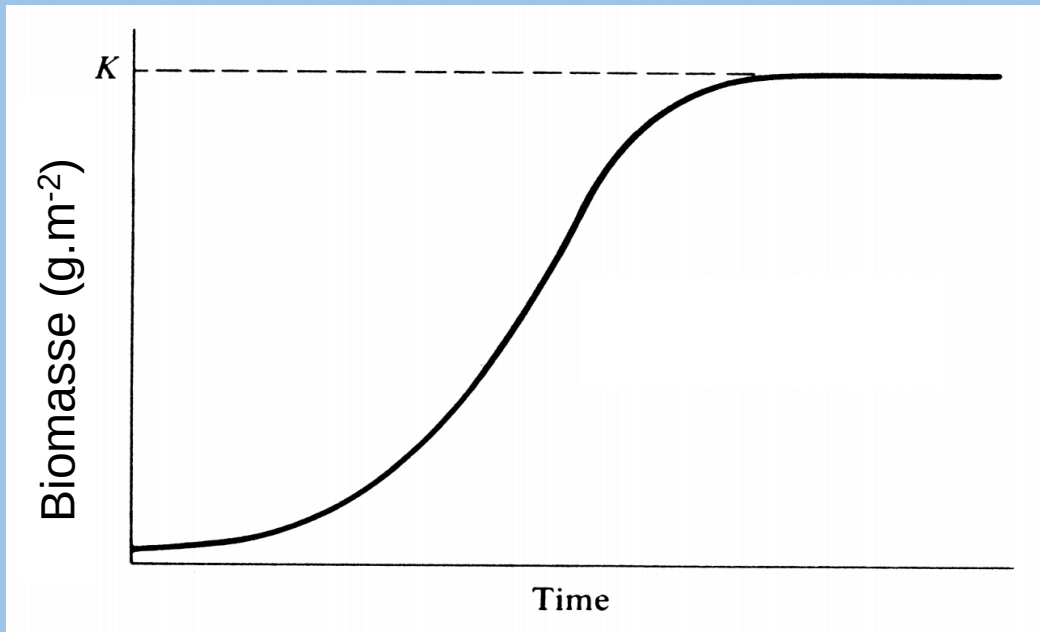
Ce pool est dynamique et doté d'un fort taux de régénération

Il est alimenté par le recyclage du pool de MO total par les bactéries et la photosynthèse du microphytobenthos

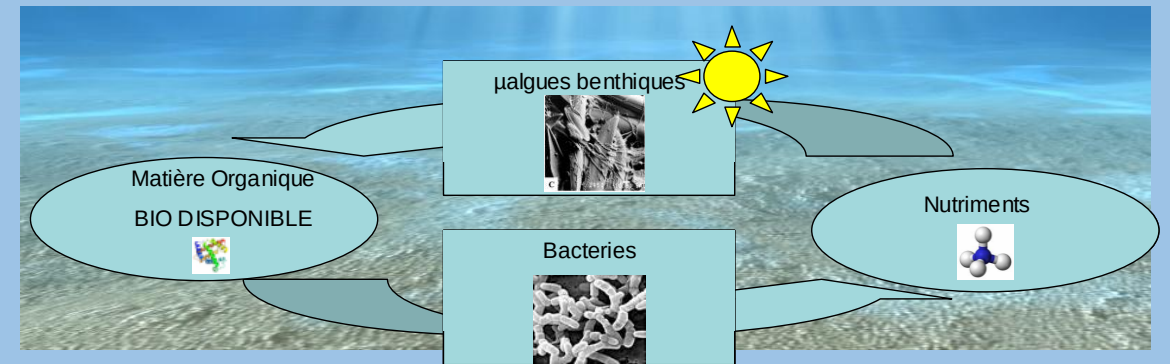
Matière
Organique
totale



La croissance et la capacité de charge sont régulées par un petit pool de matière fortement dynamique.



==

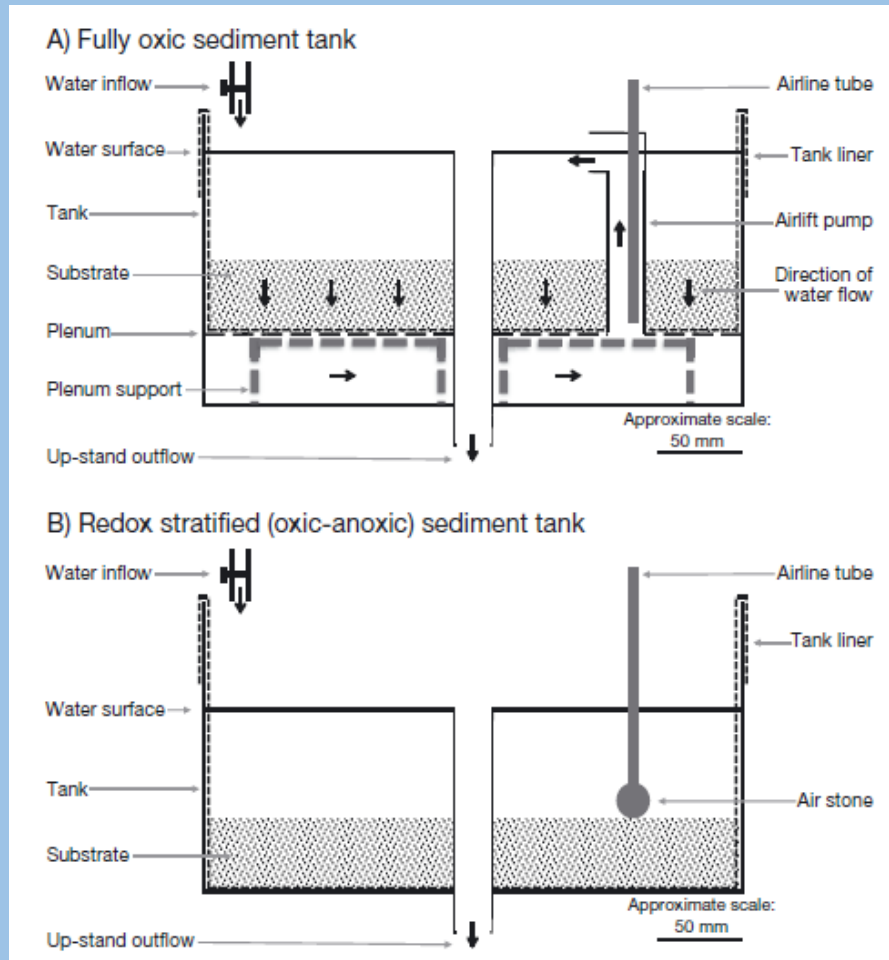


==



Illustration de l'importance de la boucle microbienne dans le contrôle des performances de production de *H. scabra*.

Illustration de l'importance de la boucle microbienne dans le contrôle des performances de production de *H. scabra*.



Robinson et al. 2015

Dans des conditions contrôlées (Même sédiment, même matière organique, même densité...)

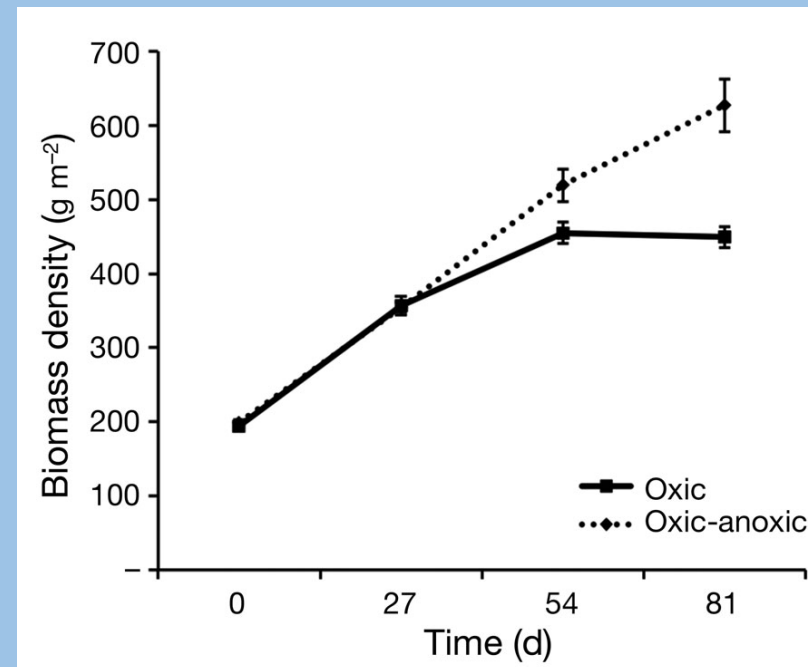
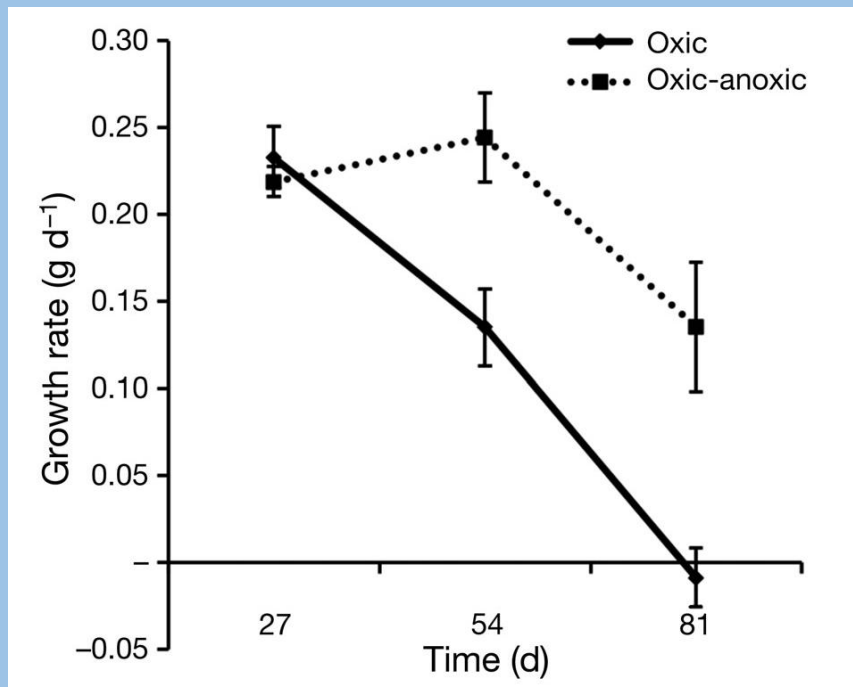
Un traitement reçoit de l'oxygène qui maintient les sédiments totalement oxygénés

L'autre traitement représente des sédiments « naturels » avec une stratification oxygène anoxique

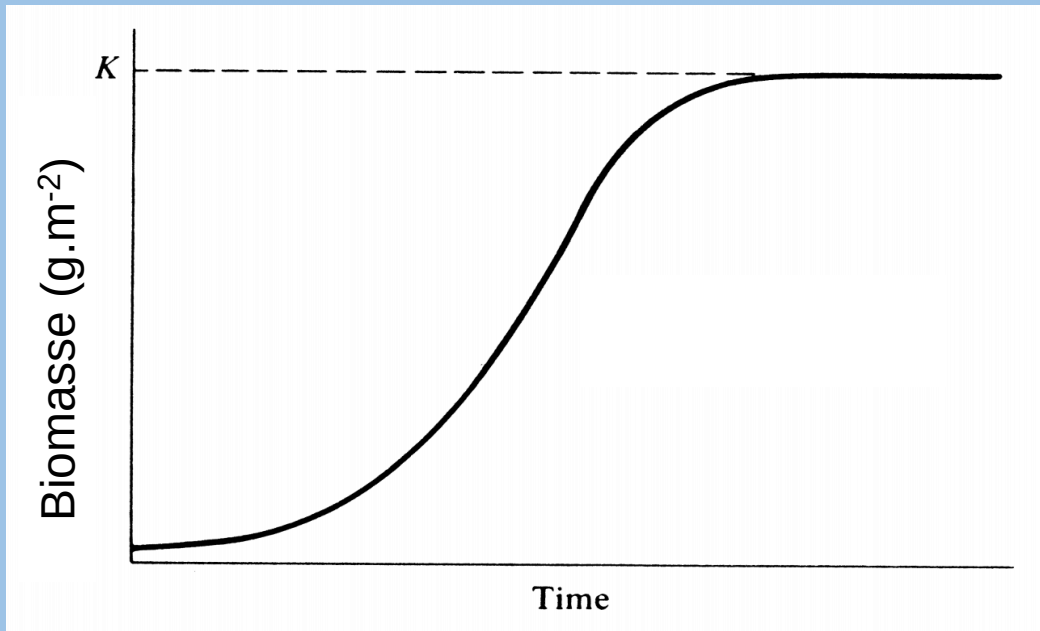
⇒ Modification des conditions oxydantes/réductrices des sédiments = modification des processus microbiens qui régissent le devenir de la MO (minéralisation aérobie vs. Anaérobie...)

⇒ Modification de la croissance des holothuries et de la capacité de charge du milieu

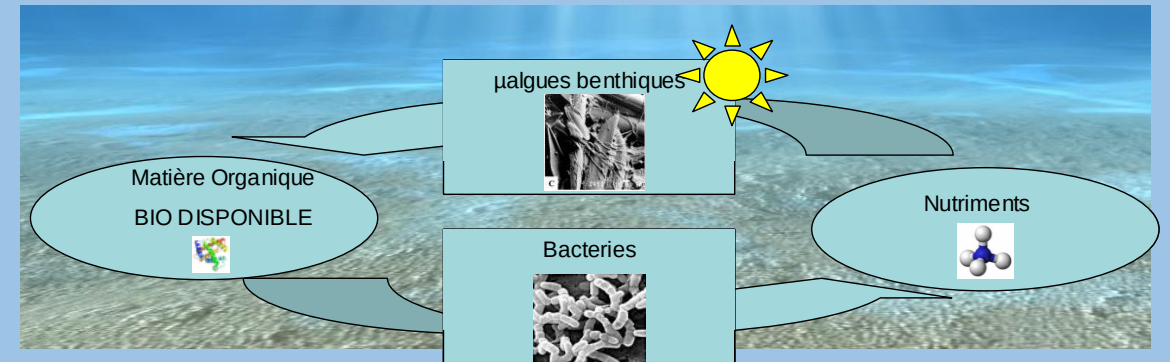
⇒ La boucle microbienne contrôle la disponibilité en nourriture des holothuries.



Si les performances de productions des holothuries sont contrôlées par la boucle microbienne alors elles varient dans le temps



==



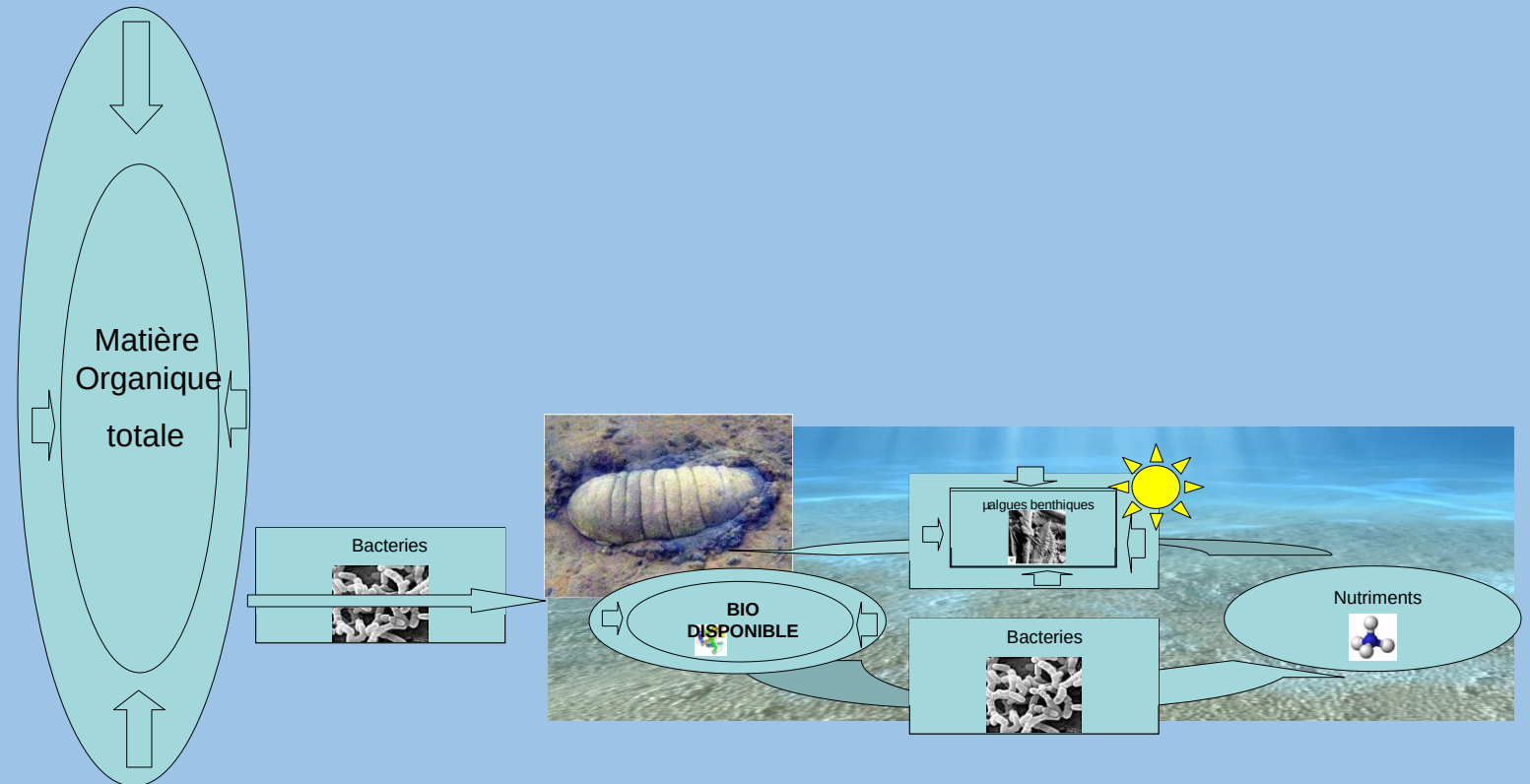
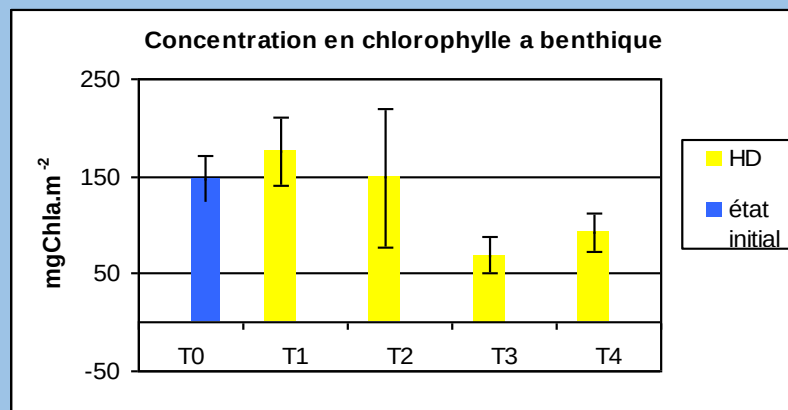
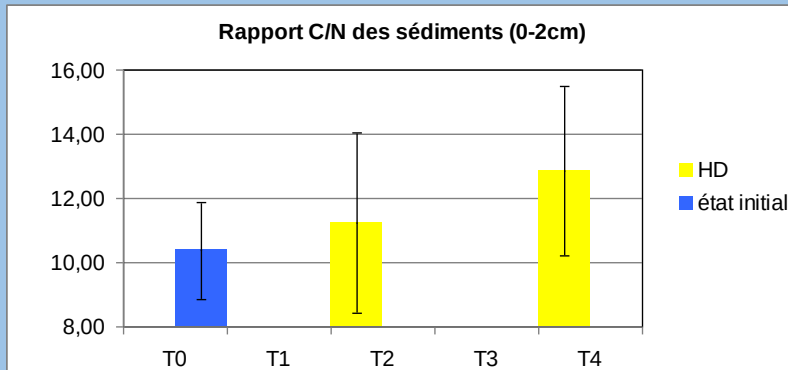
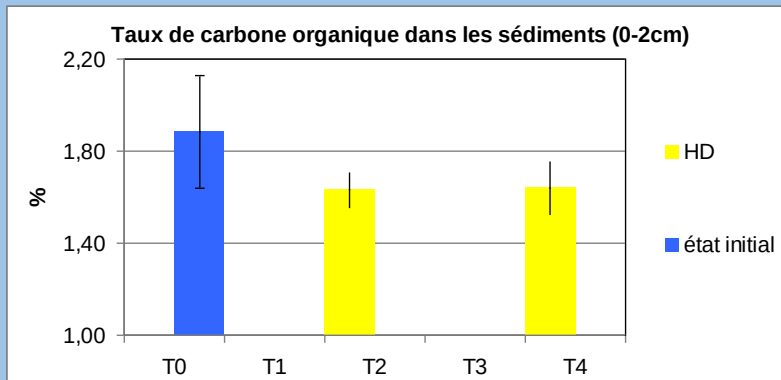
==



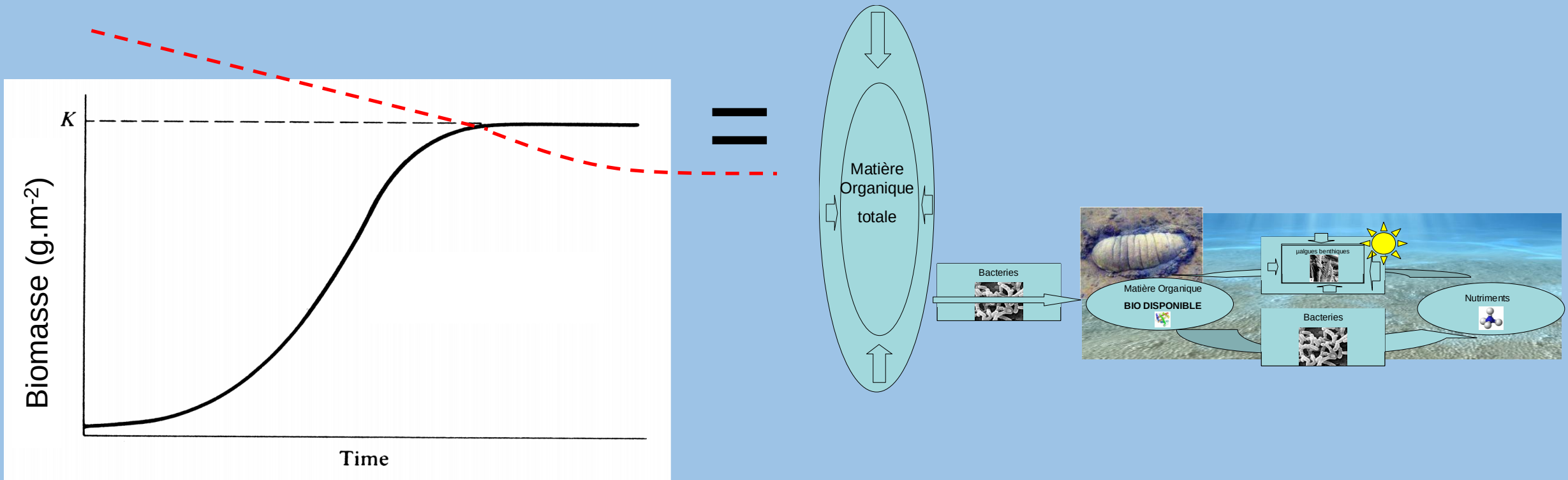
Les sources potentielles de nourriture semblent s'épuiser avec le temps.

Baisse générale de la quantité et de la labilité de la MO

Baisse quantitative et qualitative de la biomasse de microphytobenthos

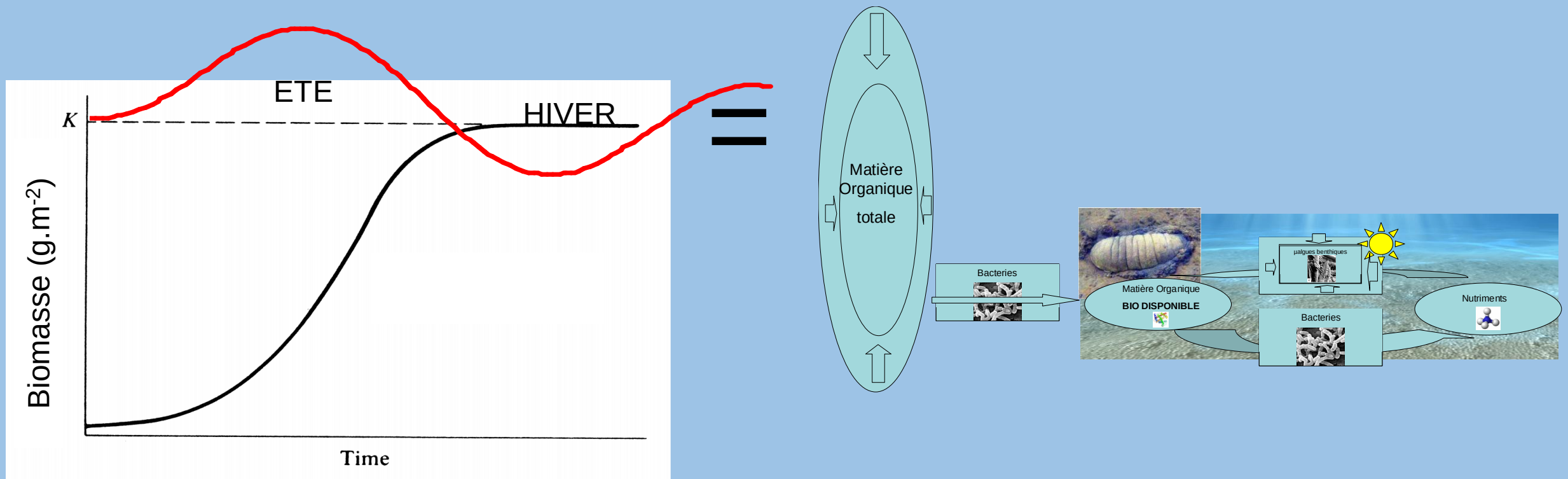


Dans le cadre de la culture en alternance, la capacité de charge du système semble devoir baisser avec le temps.

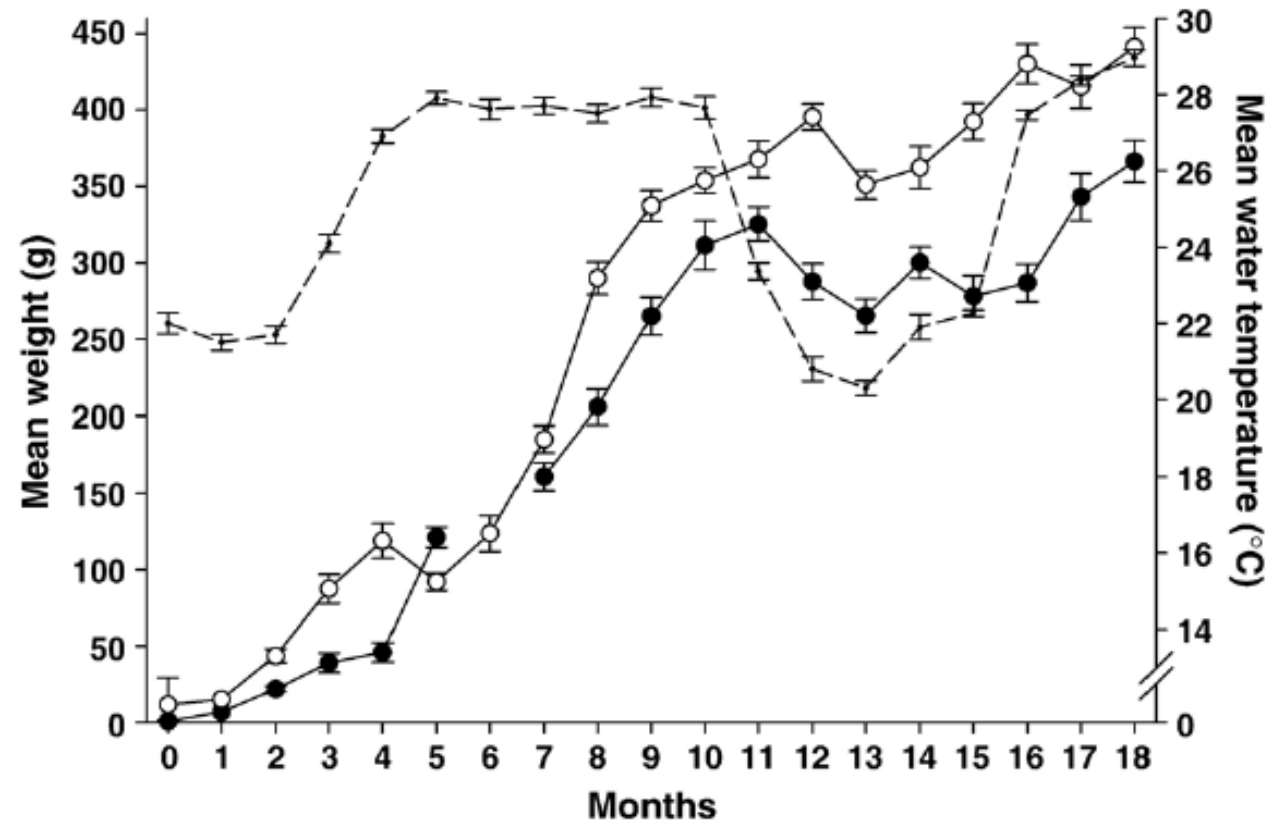


Dans le cadre de la culture en alternance, la capacité de charge du système semble devoir baisser avec le temps.

Au vu de l'importance des processus microbien, la température est susceptible de fortement influencer l'intensité de ces processus. En effet, une baisse de température de 10°C diminue la croissance microbienne de moitié.

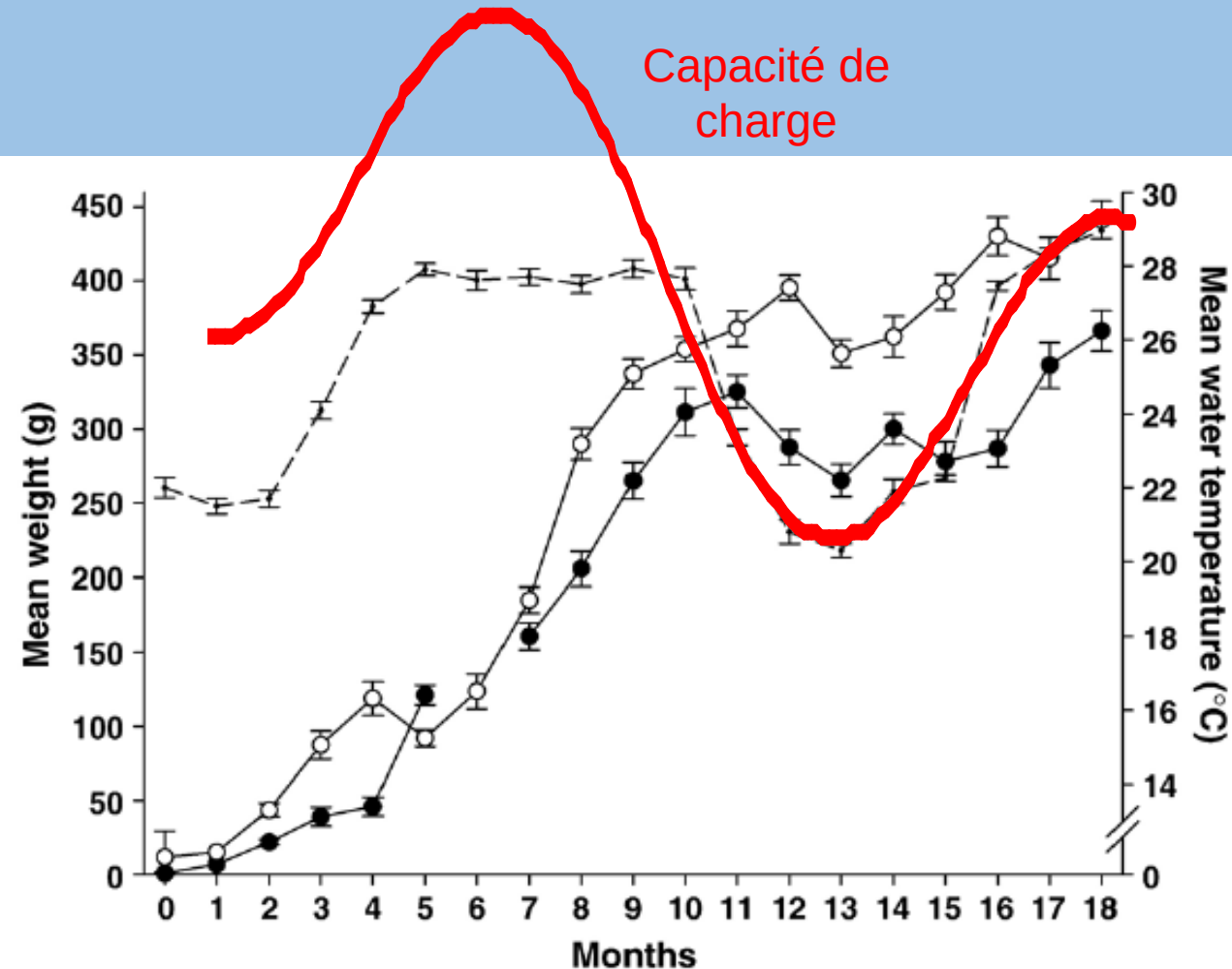


Les arrêts de croissances observés pendant l'hiver dans les bassins sont peut être aussi d'ordre nutritifs



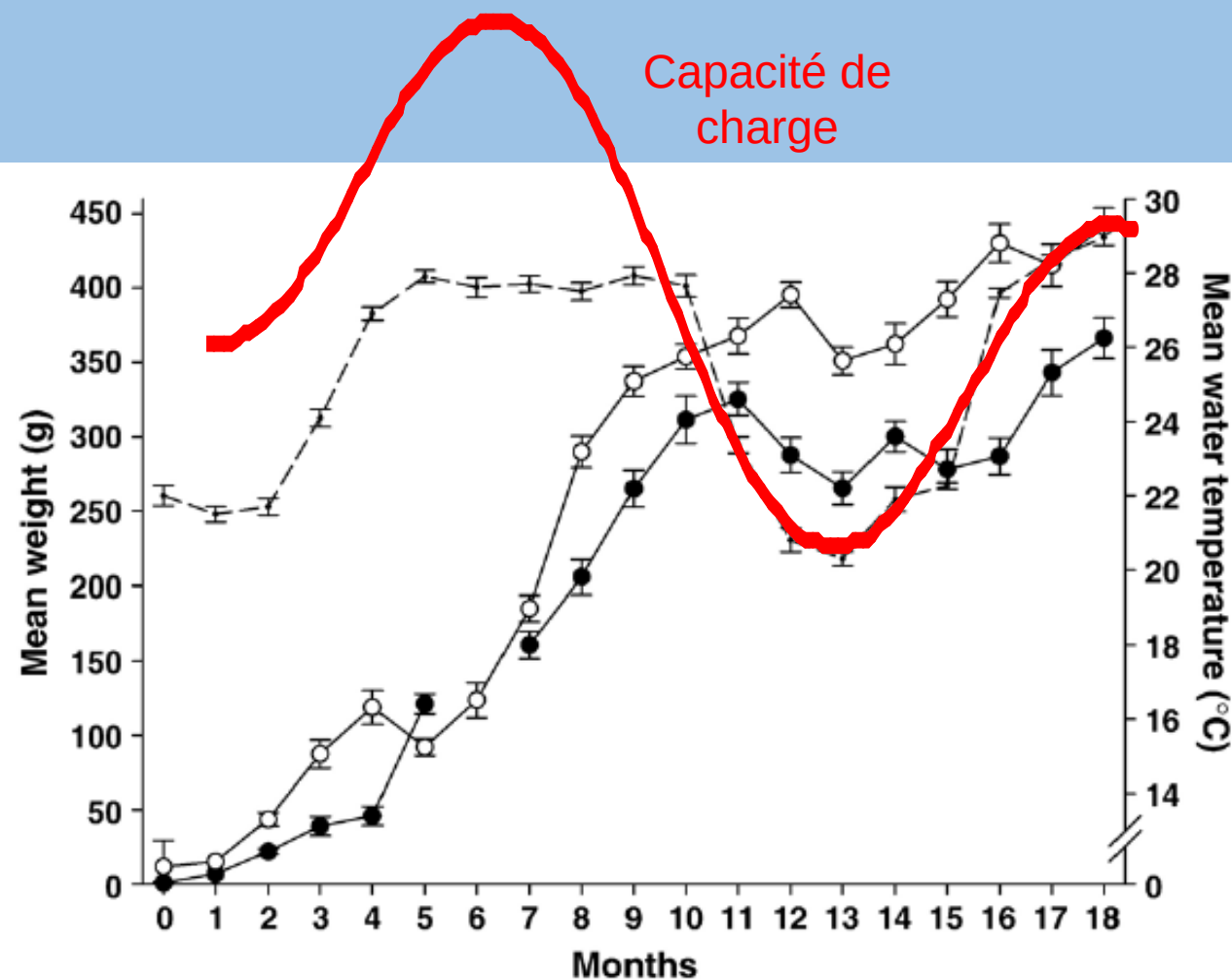
Agudo 2012

Les arrêts de croissances observés pendant l'hiver dans les bassins sont peut être aussi d'ordre nutritifs



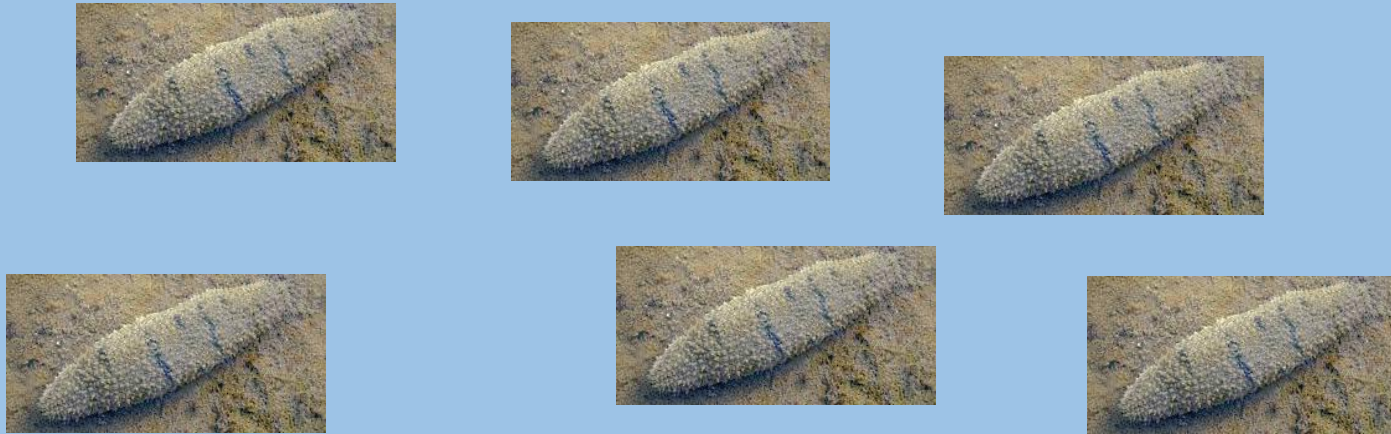
Agudo 2012

Il est primordial de mieux comprendre les facteurs affectant la capacité de charge des bassins



Agudo 2012

Conclusion et perspectives

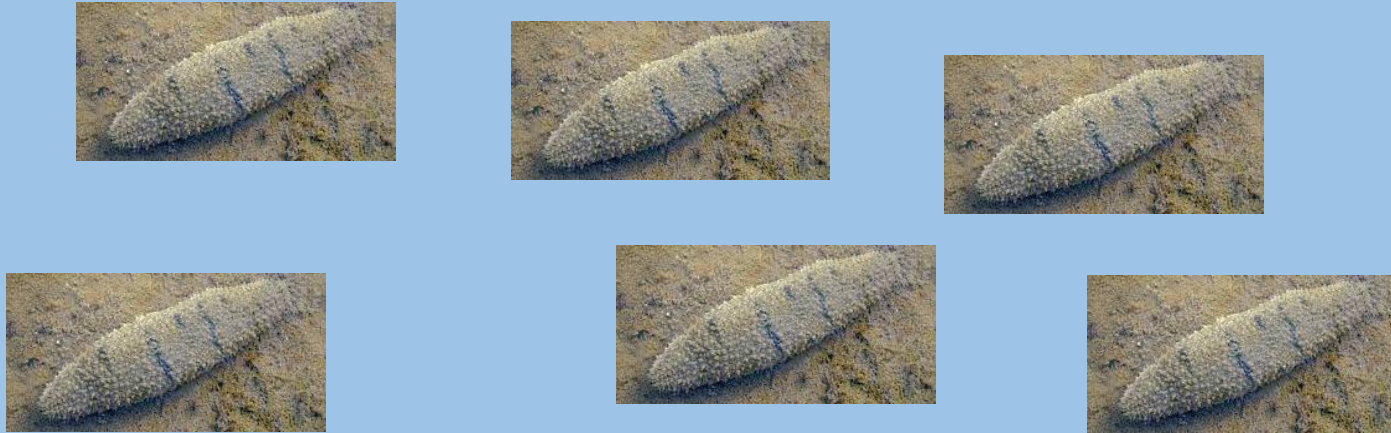


Ce modèle de production est régi par une loi extrêmement simple:

$$\text{Poids final} = \frac{\text{capacité de charge}}{\text{Densité d'ensemencement} * \text{survie}}$$

Au Viet Nam, le poids final visé est de 350g => Les bassins sontensemencés à 1 ind.m⁻².

En Nouvelle-Calédonie, si le poids final visé est de 500g => Les bassins doivent êtreensemencés à 0,7 ind.m⁻²

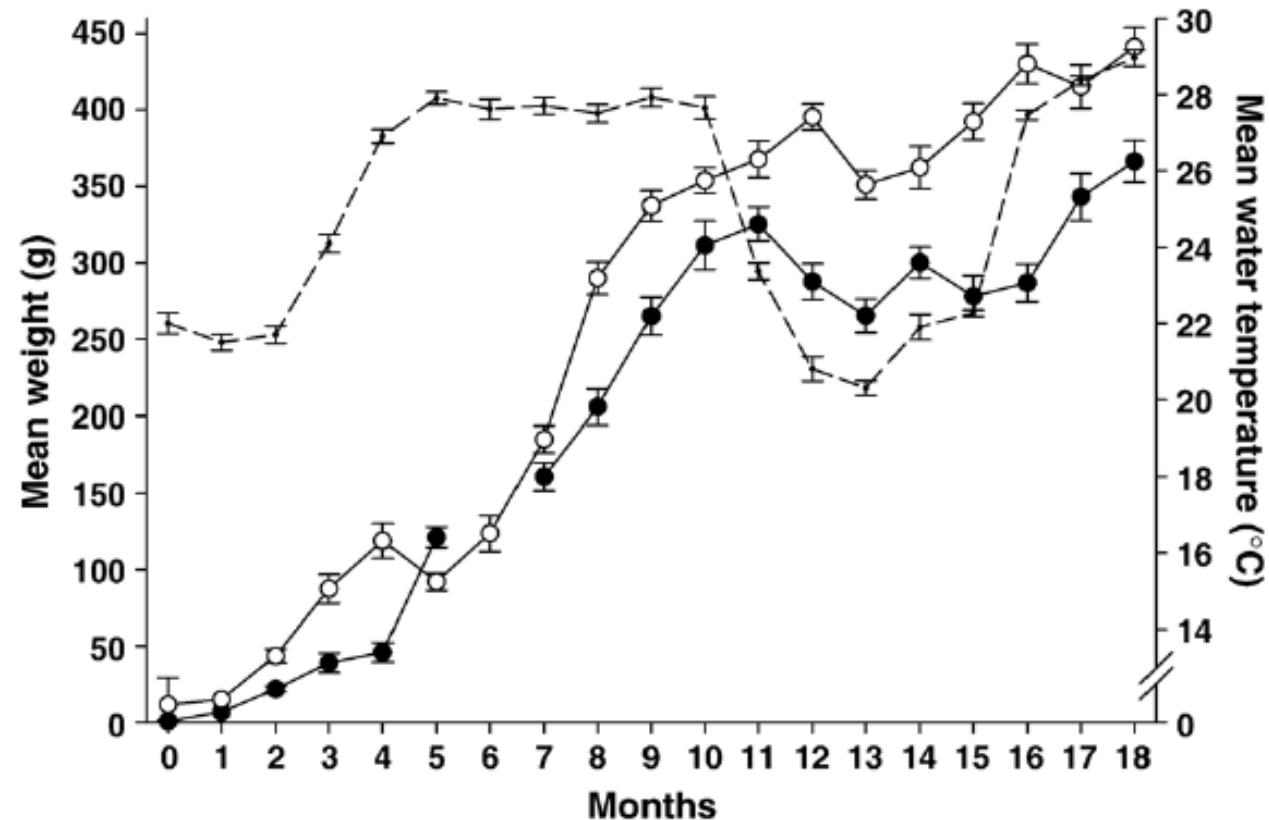


Ce modèle de production est régi par une loi extrêmement simple:

$$\text{Poids final} = \frac{\text{capacité de charge}}{\text{Densité d'ensemencement} * \text{survie}}$$

Si les animaux sontensemencés à de trop fortes densités, ceci entraînera un arrêt de croissance et augmentera le risque de mortalité.

Comment prendre en compte les conditions d'élevages défavorables en hiver?



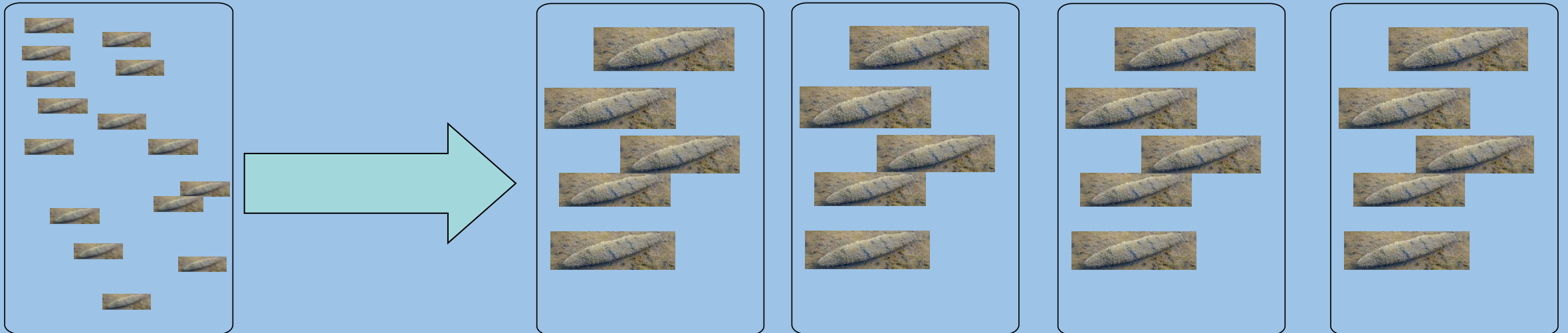
Agudo 2012

Au Viet Nam, l'aquaculture d'holothurie est confrontée à de mauvaises conditions d'élevage pendant la saison des pluies.

⇒ Mise en place d'une phase de nurserie avancée.

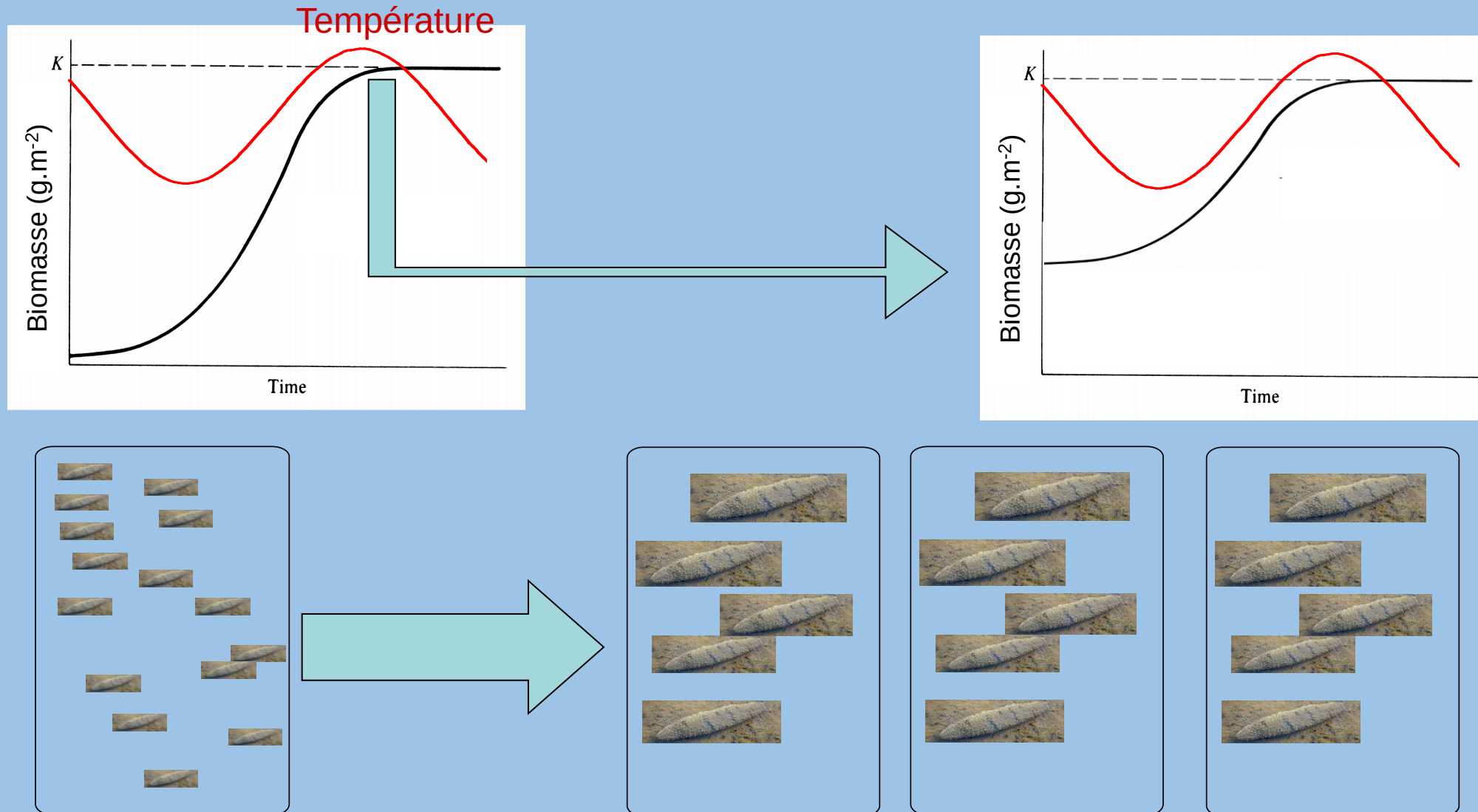
Les animaux sont
élevés de 2g à 50g à
une densité de 5
ind.m⁻²

Ils sont ensemencés à 1 ind.m⁻² et atteignent le poids de 350g
en 7-9 mois.



Ce modèle de culture pourrait être adapté aux conditions climatiques de la nouvelle calédonie.

Faible température = faible biomasse.



Perspectives

Il faut mieux quantifier la nature densité dépendante de la croissance pour de faibles densités.

Il faut mieux comprendre les facteurs régulant la capacité de charge du milieu.

Il faut réaliser une étude bio économique pour cibler au mieux la stratégie d'élevage.

Le développement de protocoles de nutrition pourrait permettre de fortement augmenter les performances de production.

Le développement de protocoles de nutrition
pourrait permettre de fortement augmenter
les performances de production.

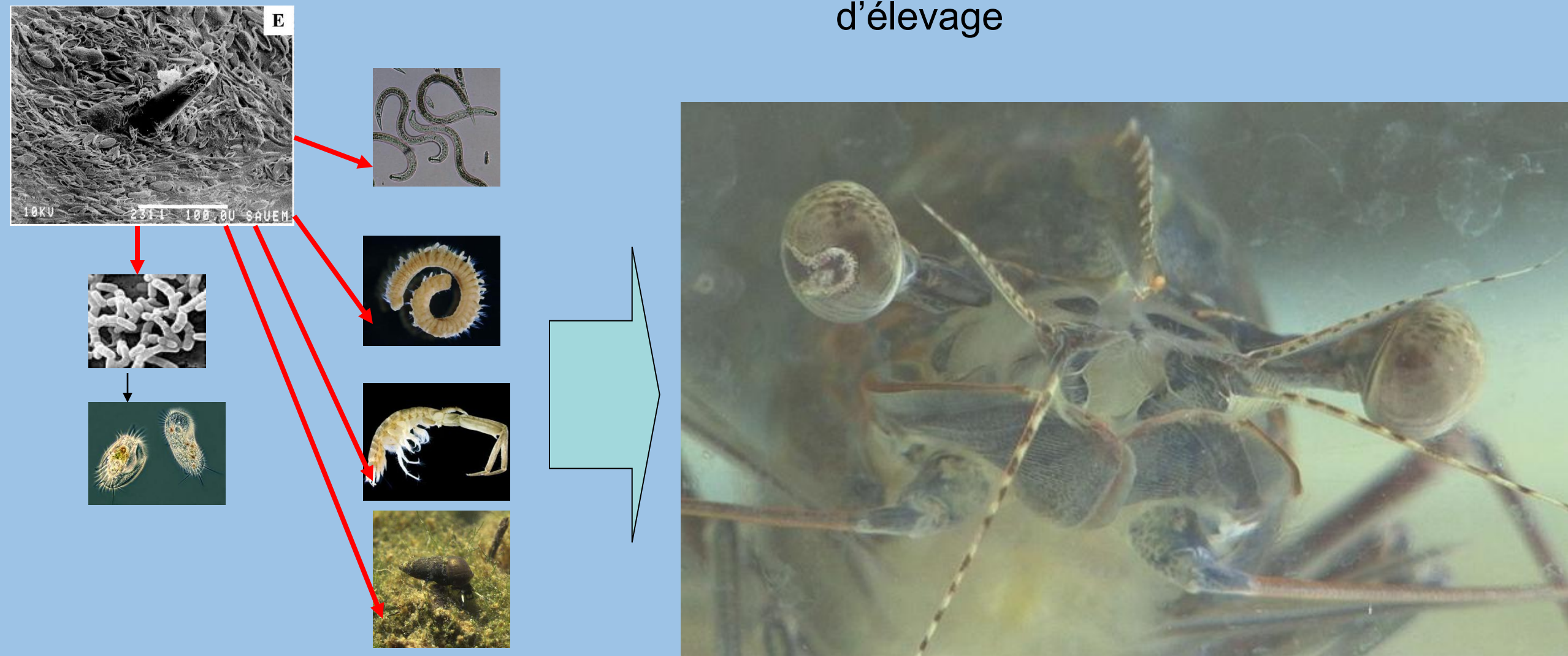
MAIS

Avant il faut régler le problème crabe.



Il y a une différence fondamentale entre l'aquaculture de crevette et d'holothurie

L. Stylirostris exerce une forte prédation qui structure le bassin d'élevage

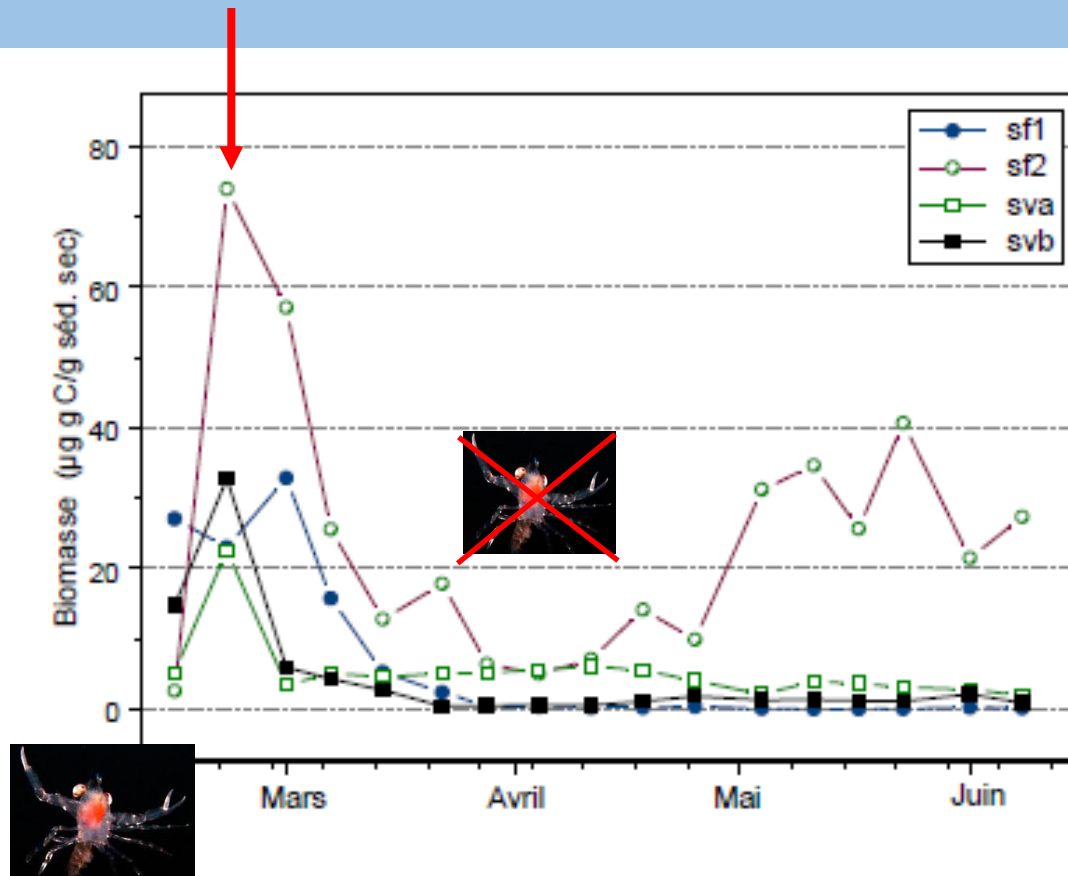


H. scabra ne peut pas jouer ce rôle



Lors de la mise en eau de nombreux nauplii de crustacé entrent dans le bassin.

L. Stylirostris exerce une forte prédation qui mène à leur disparition du milieu.



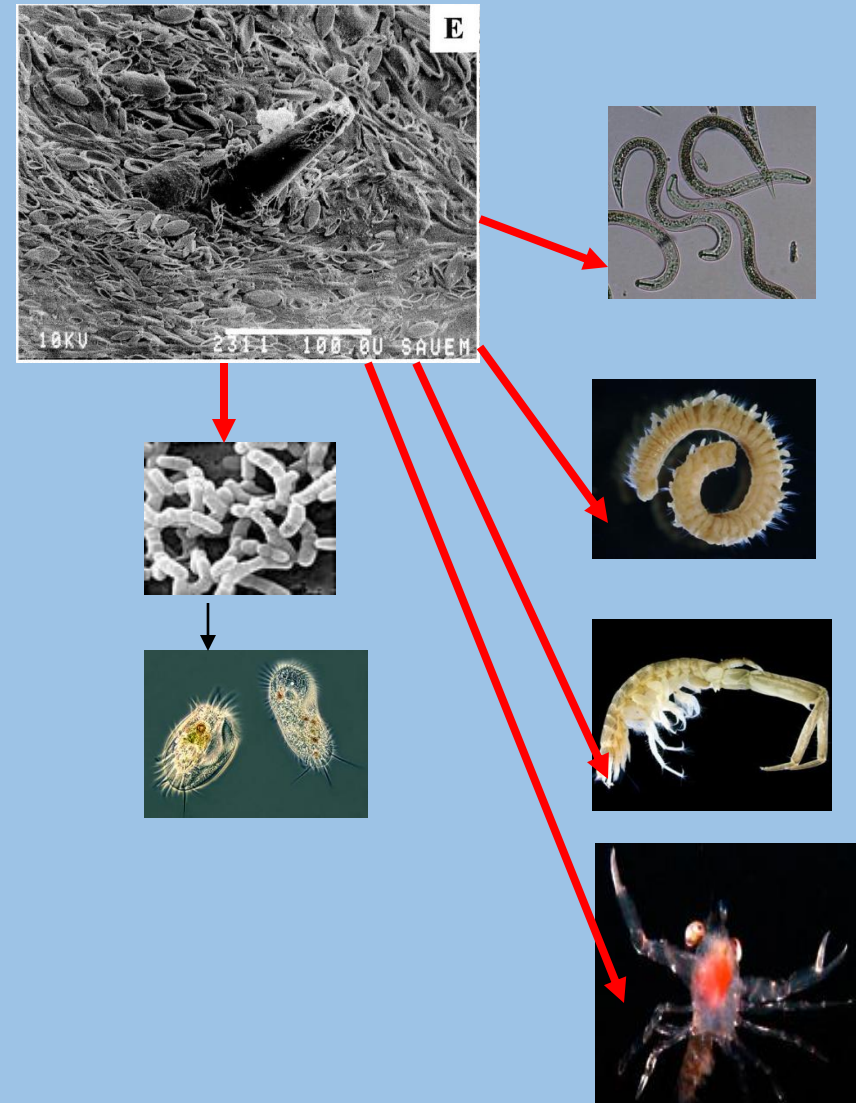
Della Patrona
et al. 2011

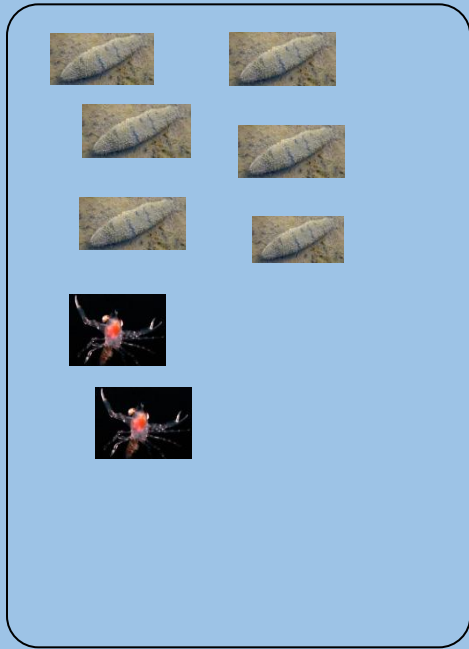


Figure 12 : Evolution de la biomasse de la méiofaune par station à Seafarm et Saint-Vincent.

Le premier pic correspond à des blooms de *nauplii* de crustacés et de copépodes en tout début d'élevage.

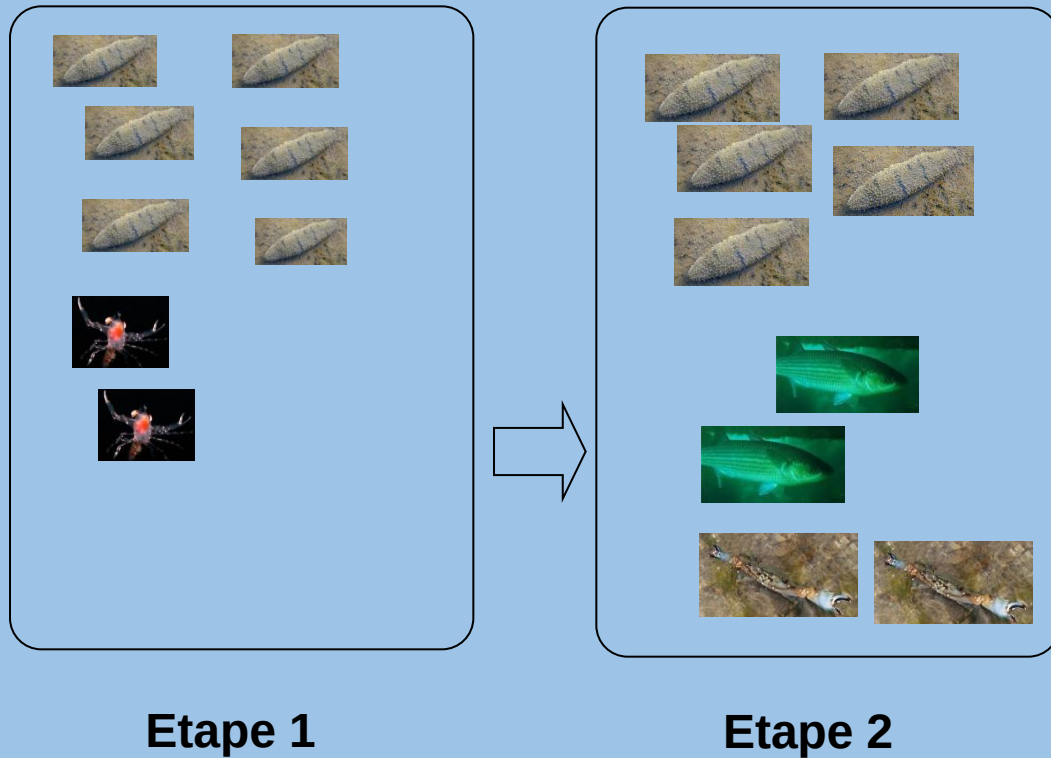
The main image is a close-up photograph of a person's finger holding a small crab. The crab's body is dark, almost black, and appears wet or covered in a slimy substance. Its legs are a vibrant green color. The background is a blurred outdoor setting with green foliage and sandy ground. In the top-left corner, there is a smaller, square inset image. This inset shows a close-up of a crab's carapace, which has a distinct yellowish-brown patterned texture.





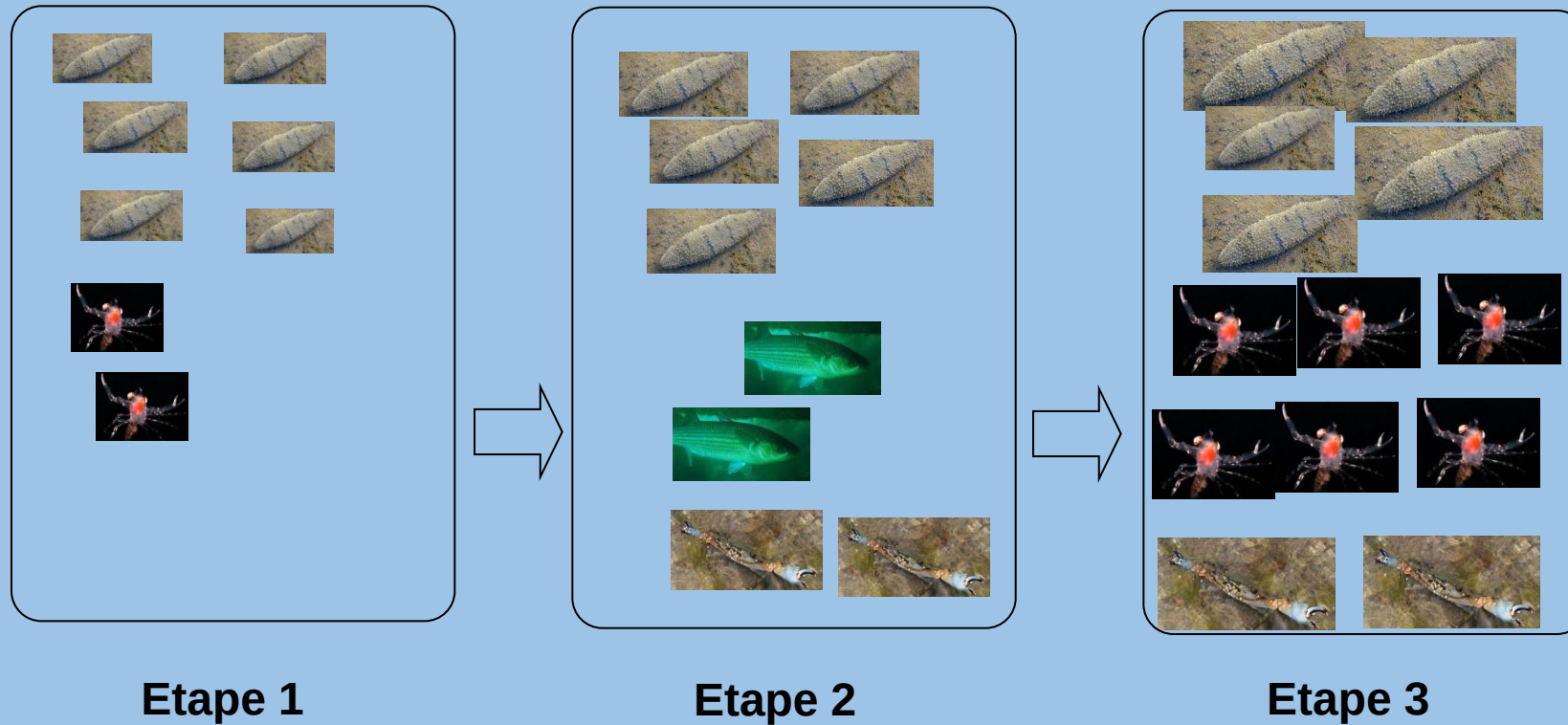
Etape 1

Etape 1, les œuf-larves de crabes entrent dans le bassin, *T. crenata* pond toute l'année et la taille de l'embryon est de 0,34mm.



Etape 1, les œuf-larves de crabes entrent dans le bassin, *T. crenata* pond toute l'année et la taille de l'embryon est de 0,34mm.

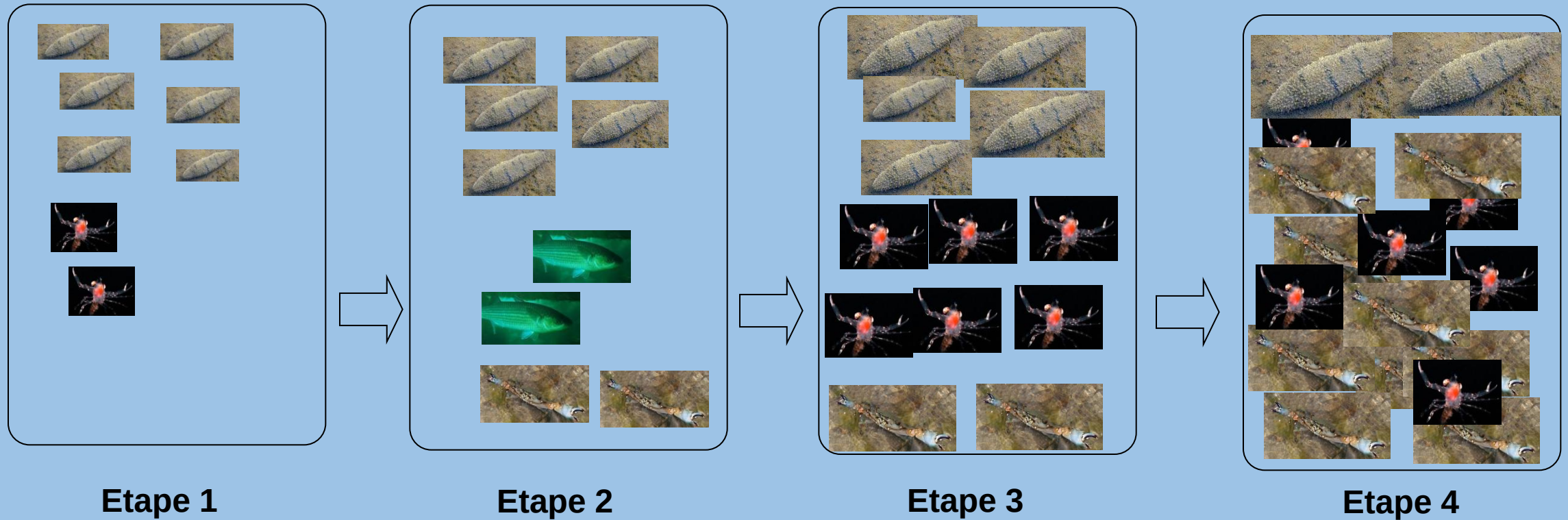
Etape 2, les crabes se développent rapidement (mature à partir de 3 cm, pond jusqu'à 200 000 œufs) et une très forte prédation sur les poissons est observée, une prédation est observée sur les petites holothuries (<50g).



Etape 1, les œuf-larves de crabes entrent dans le bassin, *T. crenata* pond toute l'année et la taille de l'embryon est de 0,34mm.

Etape 2, les crabes se développent rapidement (mature à partir de 3 cm pond jusqu'à 200 000 œufs), une prédation est observée sur les petites holothuries (<50g).

Etape 3, n'ayant pas de prédateur, les crabes prolifèrent et épuisent le stock de nourriture disponible.

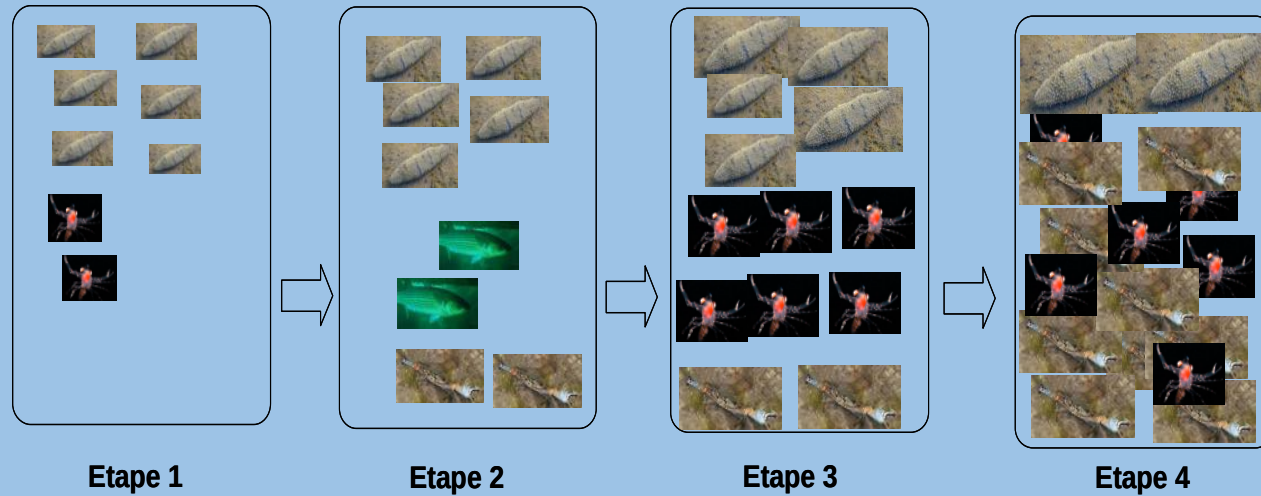


Etape 1, les œuf-larves de crabes entrent dans le bassin, *T. crenata* pond toute l'année et la taille de l'embryon est de 0,34mm.

Etape 2, les crabes se développent rapidement (mature à partir de 3 cm pond jusqu'à 200 000 œufs), une prédation est observée sur les petites holothuries (<50g).

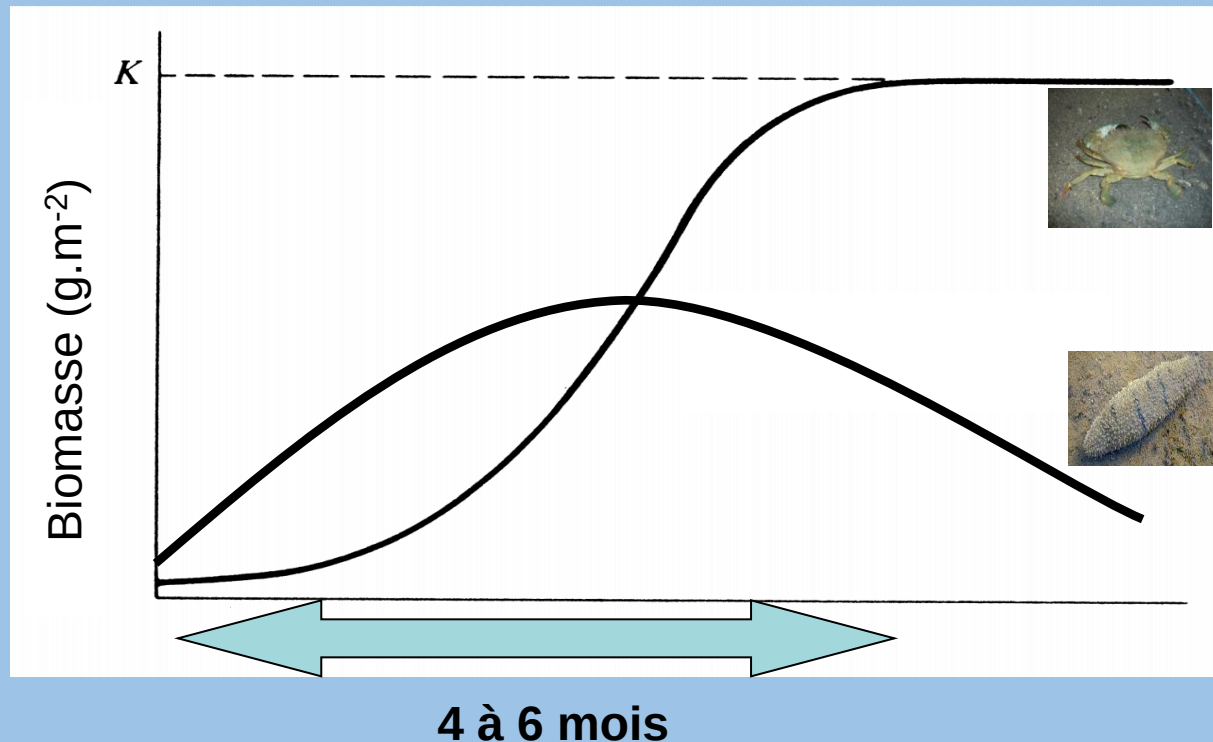
Etape 3, n'ayant pas de prédateur, les crabes prolifèrent et épuisent le stock de nourriture disponible.

Etape 4, la prédation sur les holothuries augmente de manière alarmante.



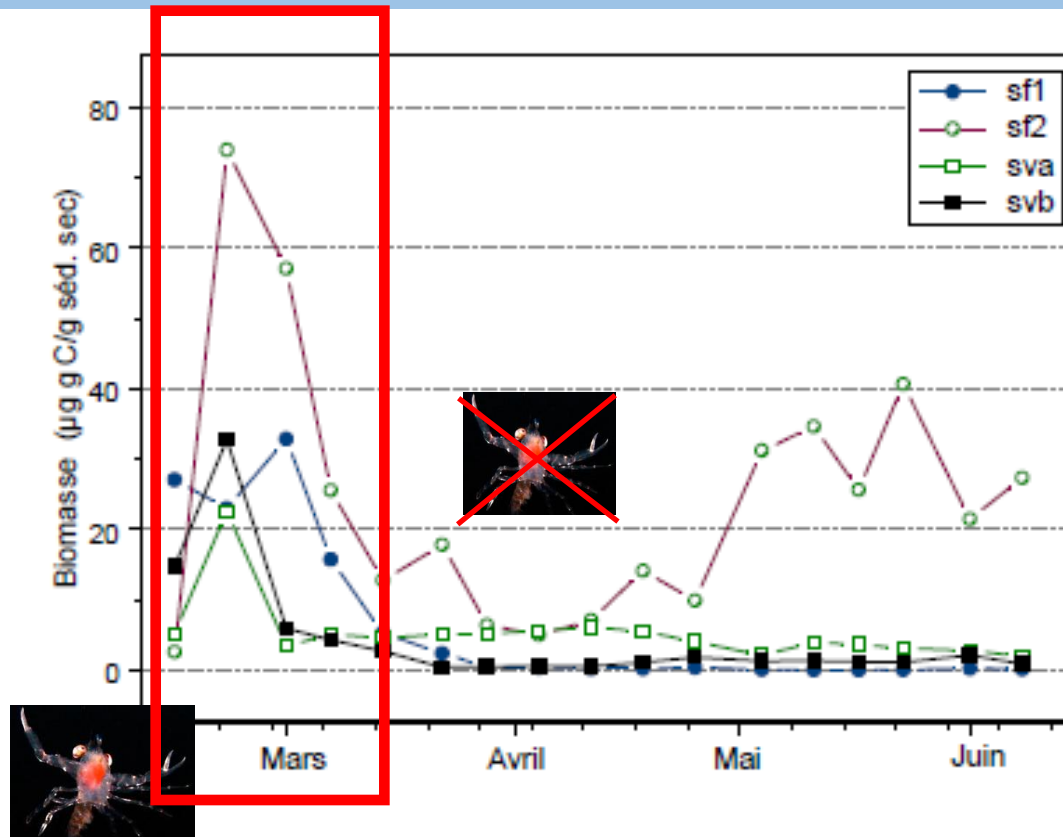
Ce phénomène est très rapide
(moins de 6 mois)

Il peut mettre en péril l'élevage
de *H. scabra*.



**Sans contrôle de ce
prédateur, appliquer des
protocoles de nutrition risque
d'aggraver les choses.**

Les niveaux de biosécurité associés à la culture de *L. stylirostris* ne sont pas adaptés pour la culture d'holothurie.



Della Patrona
et al. 2011



Figure 12 : Evolution de la biomasse de la méiofaune par station à Seafarm et Saint-Vincent.

Le premier pic correspond à des blooms de *nauplii* de crustacés et de copépodes en tout début d'élevage.

Solution 1 : Augmenter la bio sécurité

Empêcher les larves de rentrer

Chaussette avec mailles de 250 μm

Protocole de remplissage de bassin adapté

Pièges pour les larves de crustacés dans les bassins

Ces pratiques existent ailleurs dans le monde.

Elles doivent faire partie intégrante de l'élevage d'holothurie

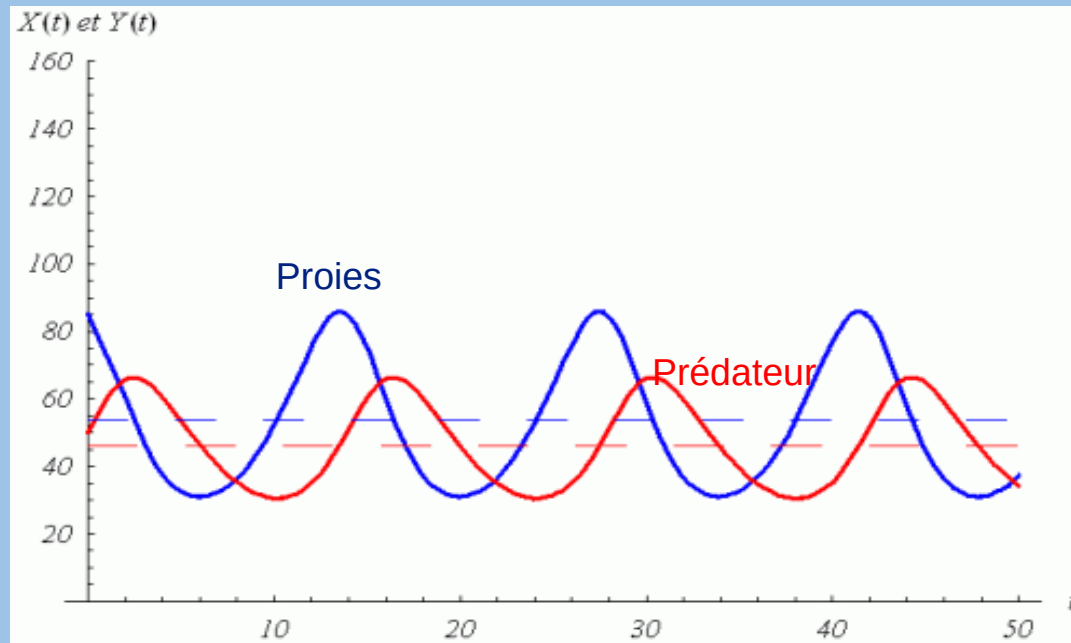


Solution 2: le contrôle biologique

Trouver un état d'équilibre bas et stable entre un prédateur introduit et les proies ciblées.

Le prédateur doit être spécifique aux proies ciblées, capable de se reproduire rapidement quand le nombre de proies augmente, capable d'avoir une bonne efficacité de recherche des proies.

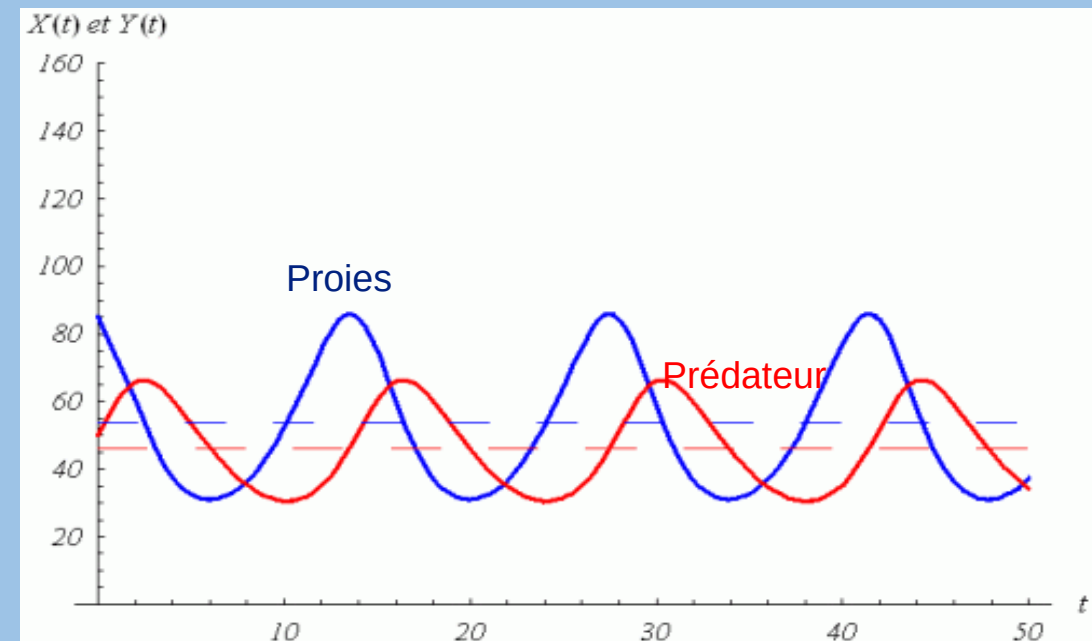
Le prédateur ne doit pas non plus s'attaquer aux holothuries...

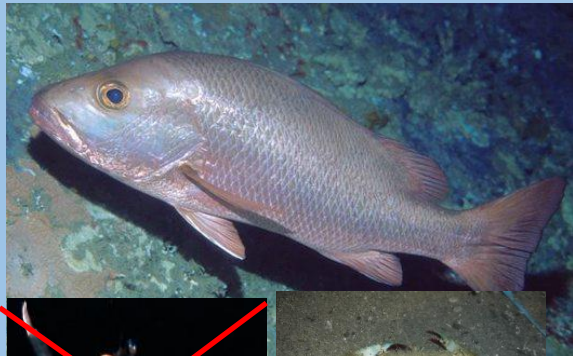


Solution 2: le contrôle biologique

Le solution la plus efficace est l'utilisation d'un parasite de crustacés ...

Mais ce n'est pas forcément judicieux pour la mangrove et la crevetticulture....





Rouget de palétuviers

Taille: 50 cm

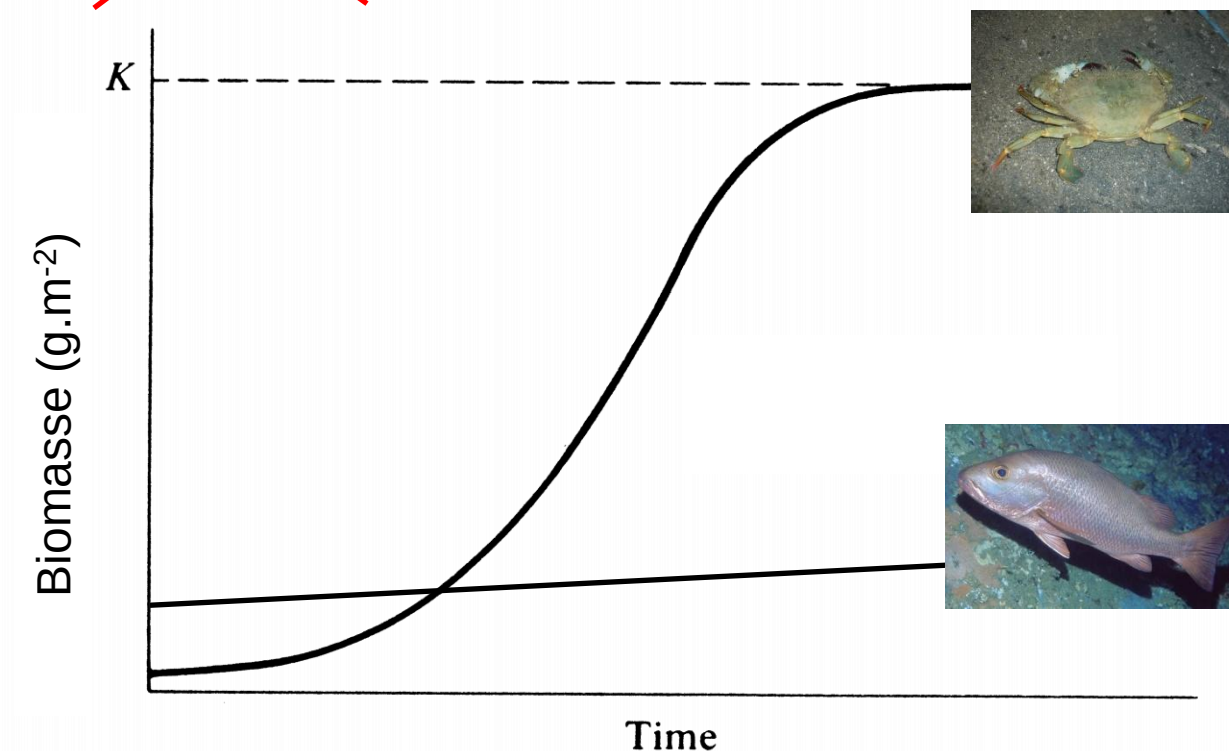


Un gros poisson carnivore à faible densité.

S'attaque aux crabes adultes.

Ces poissons n'ont pas une capacité de croissance assez rapide pour suivre l'augmentation de la population de crabe.

Système inefficace



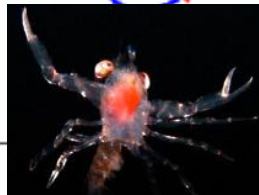
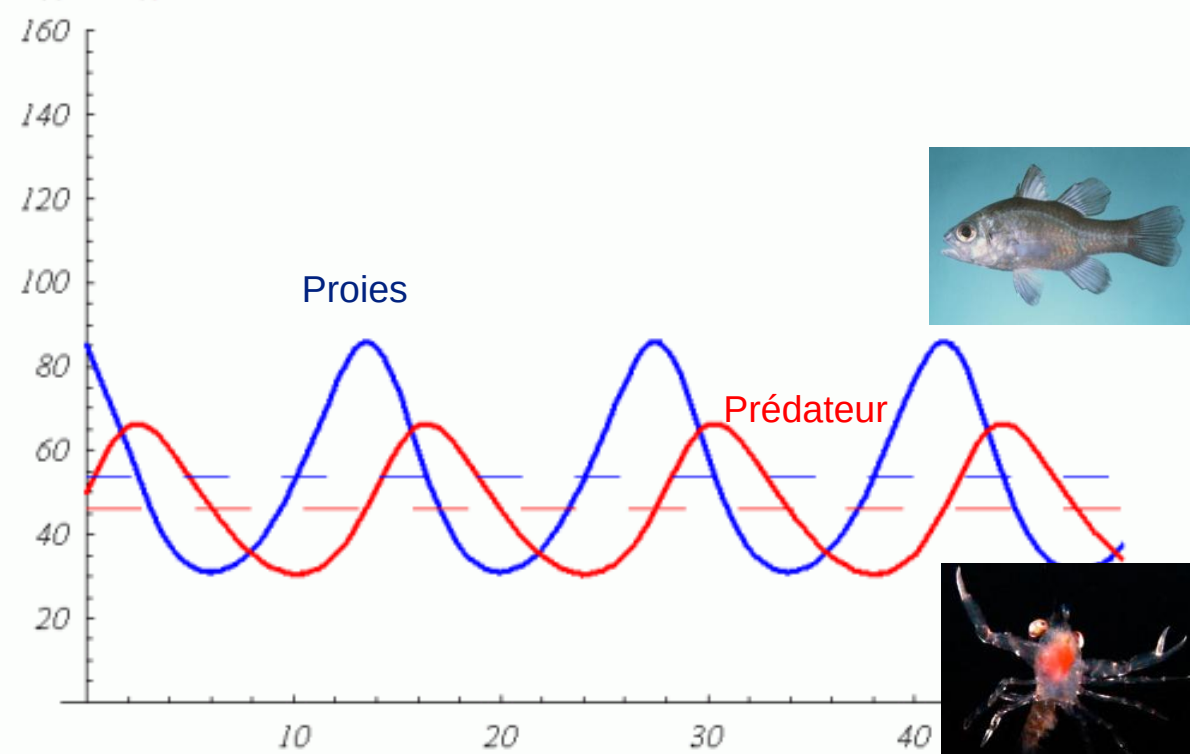


Apogon sp.

Taille: 5 cm



$X(t)$ et $I(t)$



Un petit poisson carnivore à forte densité.

S'attaque aux larves

A peut être une capacité de croissance et de reproduction suffisante.

Mais pourrait devenir la proie des crabes adultes...

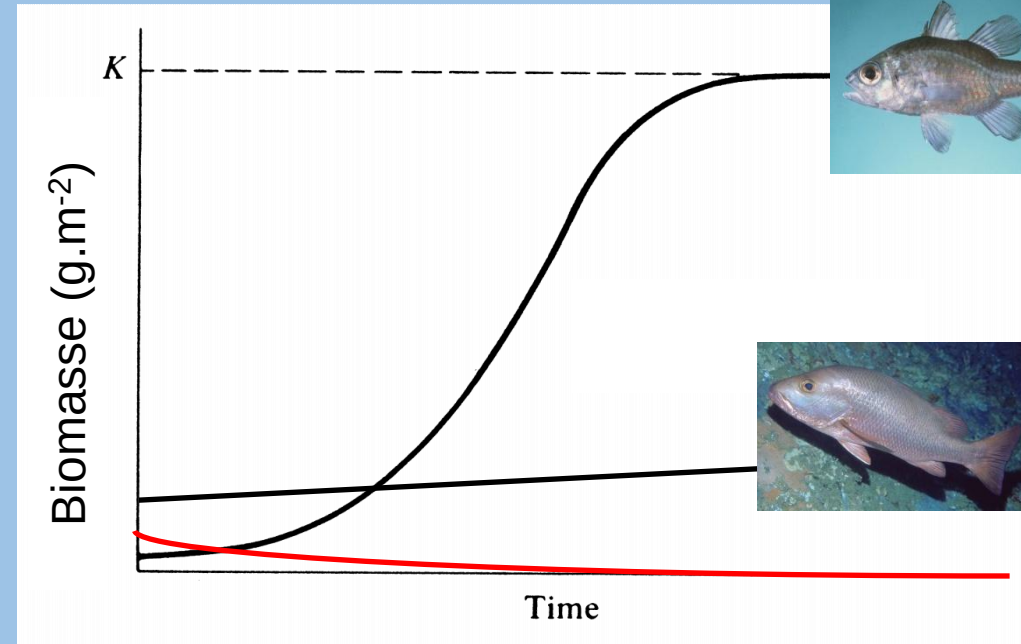
Il faut que ces derniers soient présents en forte quantité dès le début de l'élevage.



+



=



La solution sera sûrement réalisée par
une approche globale

?



Un système de co-culture avec une espèce omnivore pourrait être une solution plus viable...