

II PERFORMANCE DE PRODUCTION

Élevage avec protocoles de nutrition

Plusieurs études rapportent que les performances de production peuvent être largement améliorées grâce à des protocoles de nutrition.

Augmentation des croissances.

Augmentation de la capacité de charge jusqu'à des valeurs de 700 à 1000 g.m⁻² (Watanabe et al. 2014, Robinson et al. 2015, com. pers.)

Durant notre étude, deux aliments ont été testés:

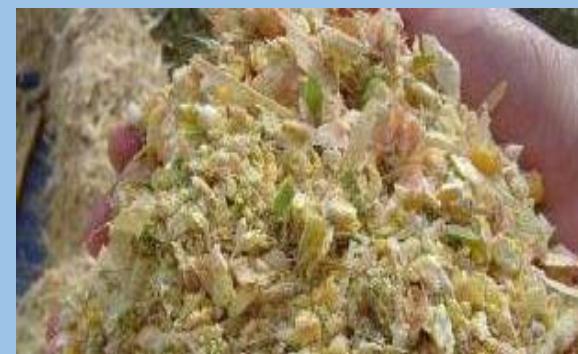
Farine de poisson



%N = 14%
Protéine = 80%
Lipides = 15%

Aliment labile fortement protéiné

« Déchets » de maïs



%N = 3,3%
Protéine = 20%
Lipides = 4%
Cellulose = 8%
Amidon et sucre = 60%

Aliment faiblement protéiné comprenant des composés complexes.

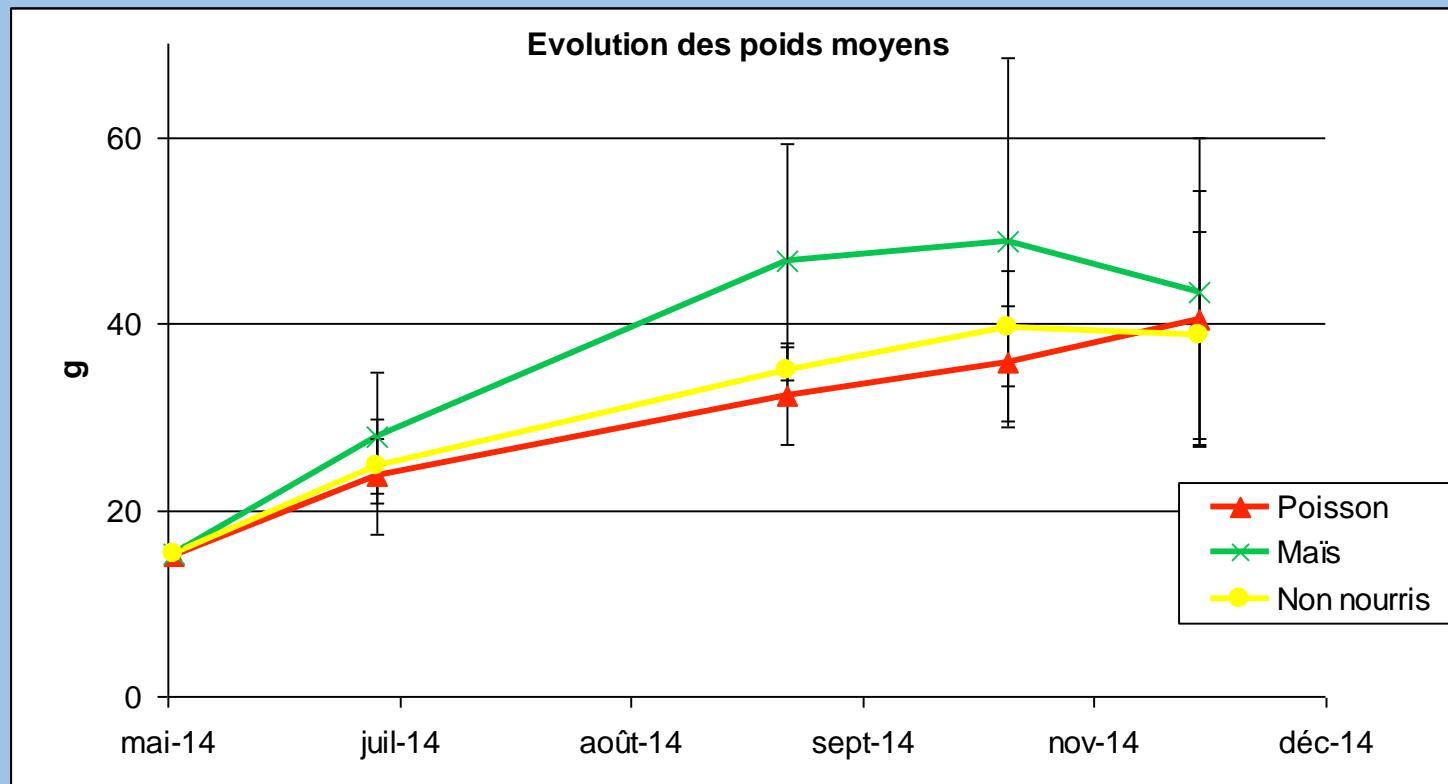


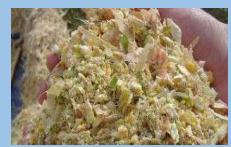
Le maïs a permis de **fortement augmenter** les croissances en début d'expérience (+75%)



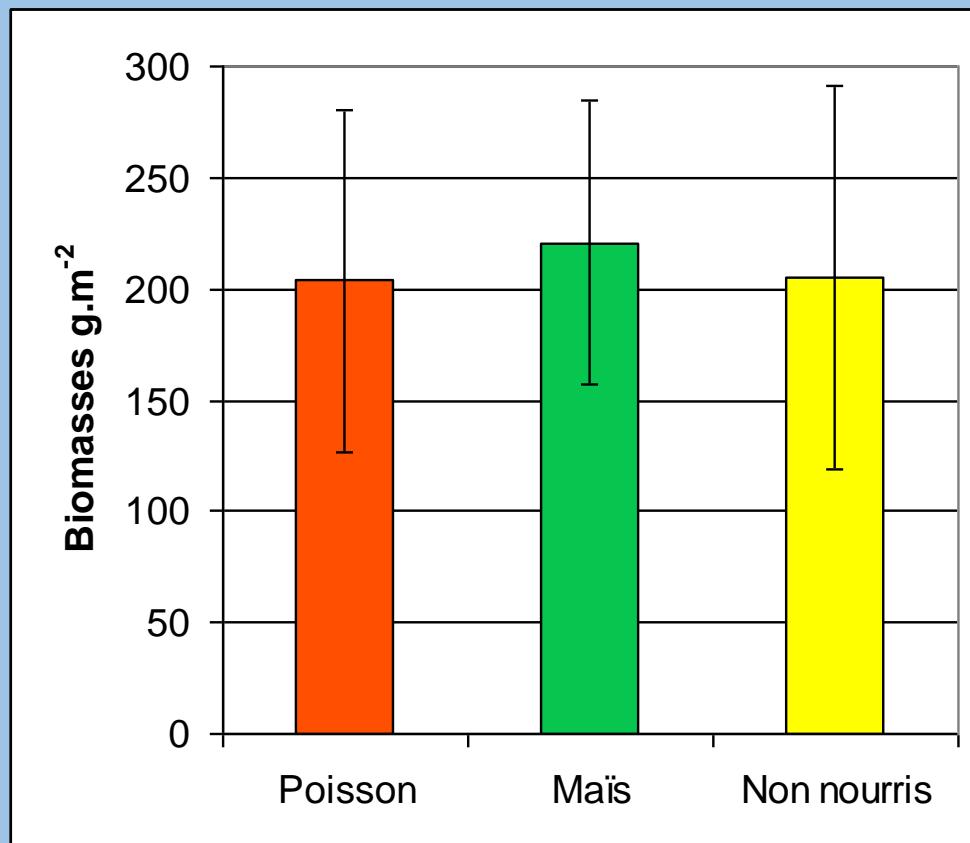
La farine de poisson n'a pas permis d'augmenter les croissances car les quantités ajoutées ont mené à une dégradation de l'environnement d'élevage.

Des quantités plus faibles de cet aliment permettent d'augmenter les croissances.

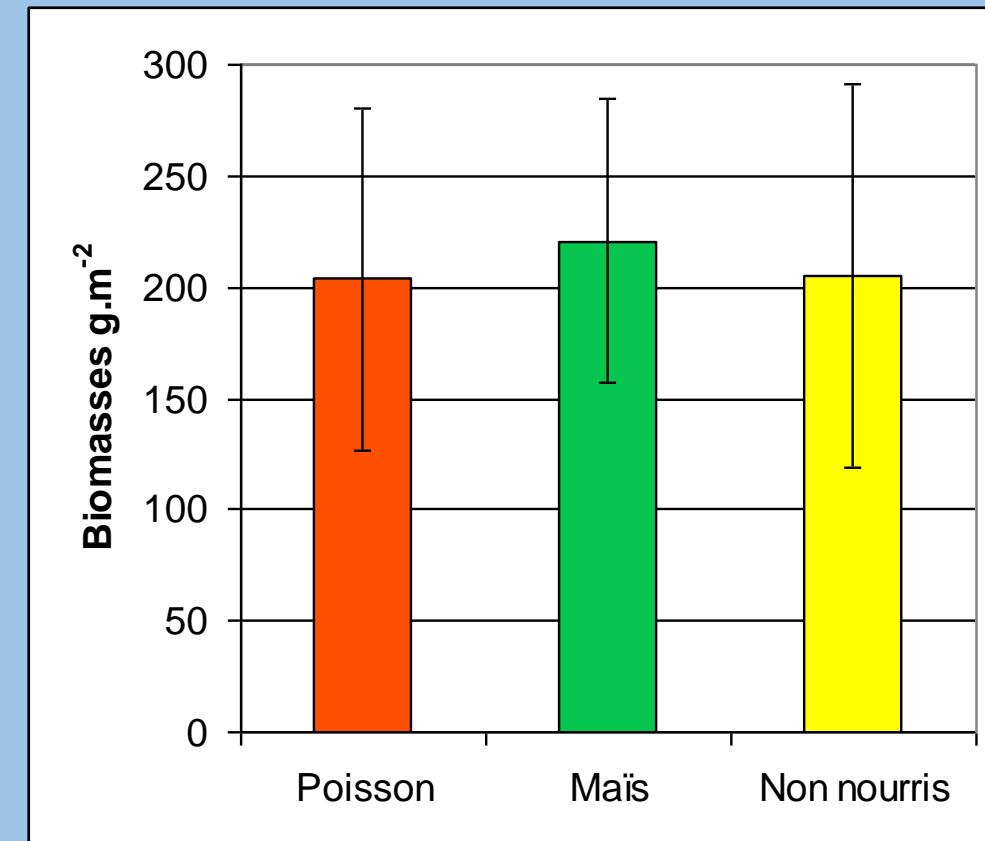
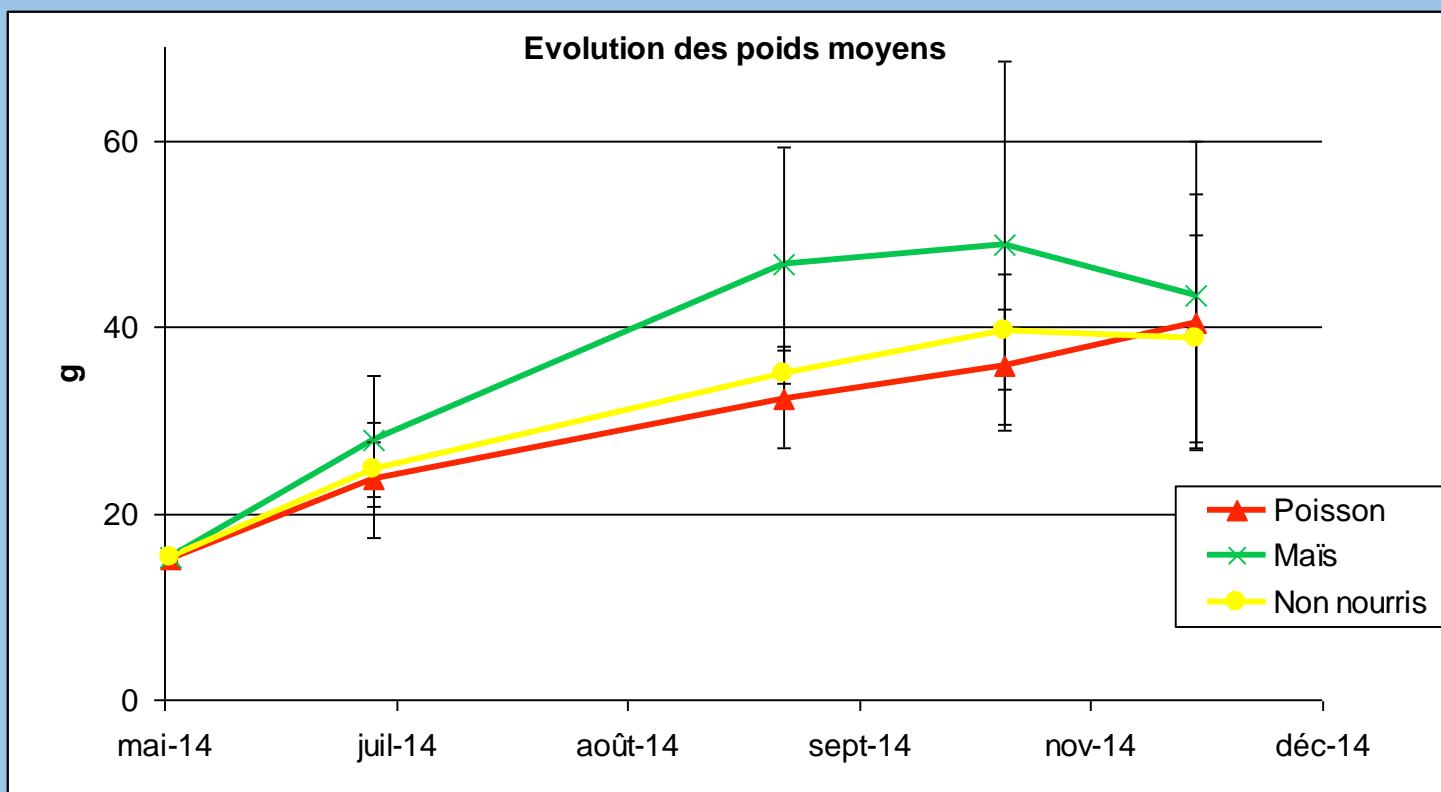




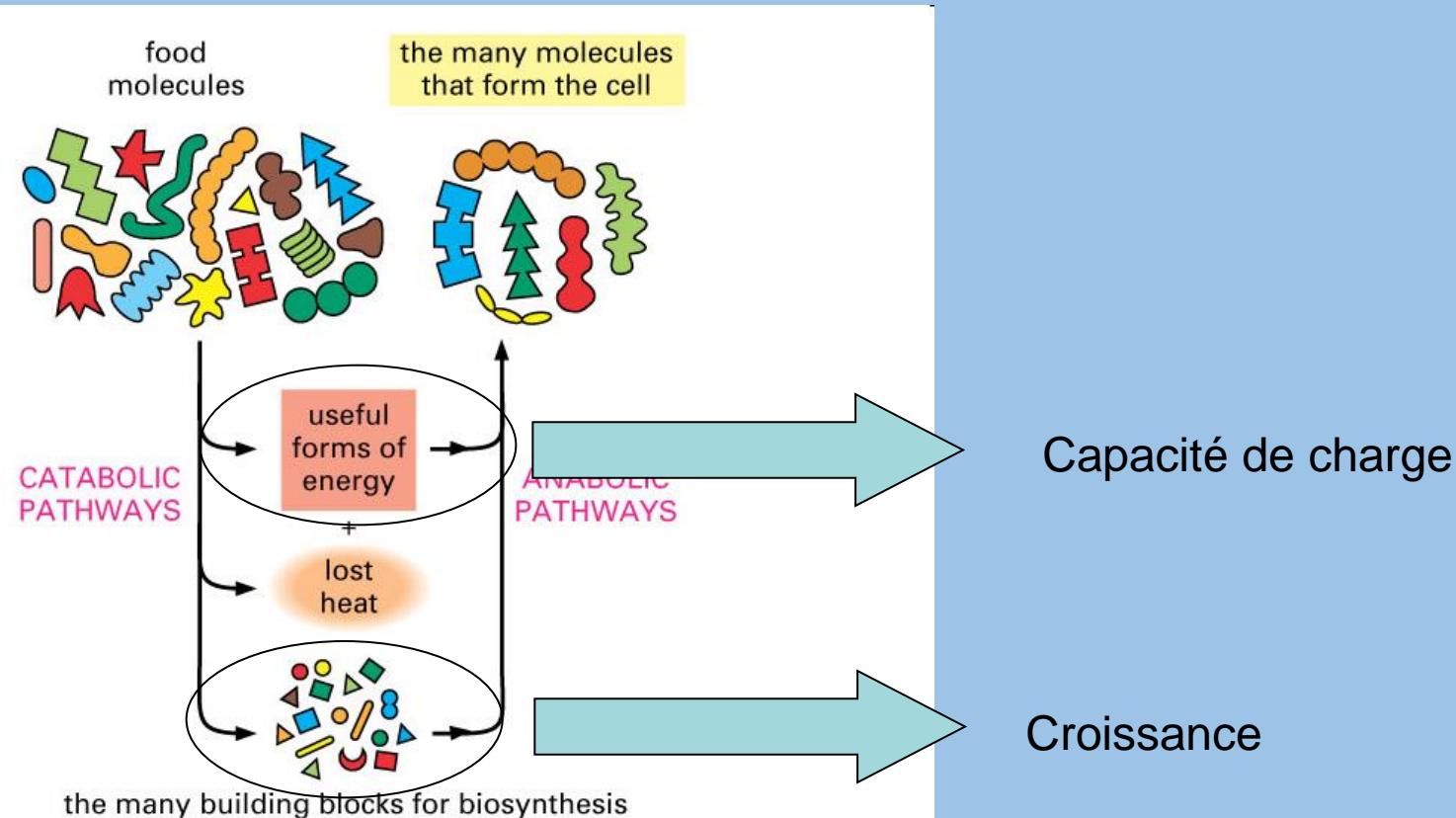
Ces aliments n'ont pas permis d'augmenter la capacité de charge du système.



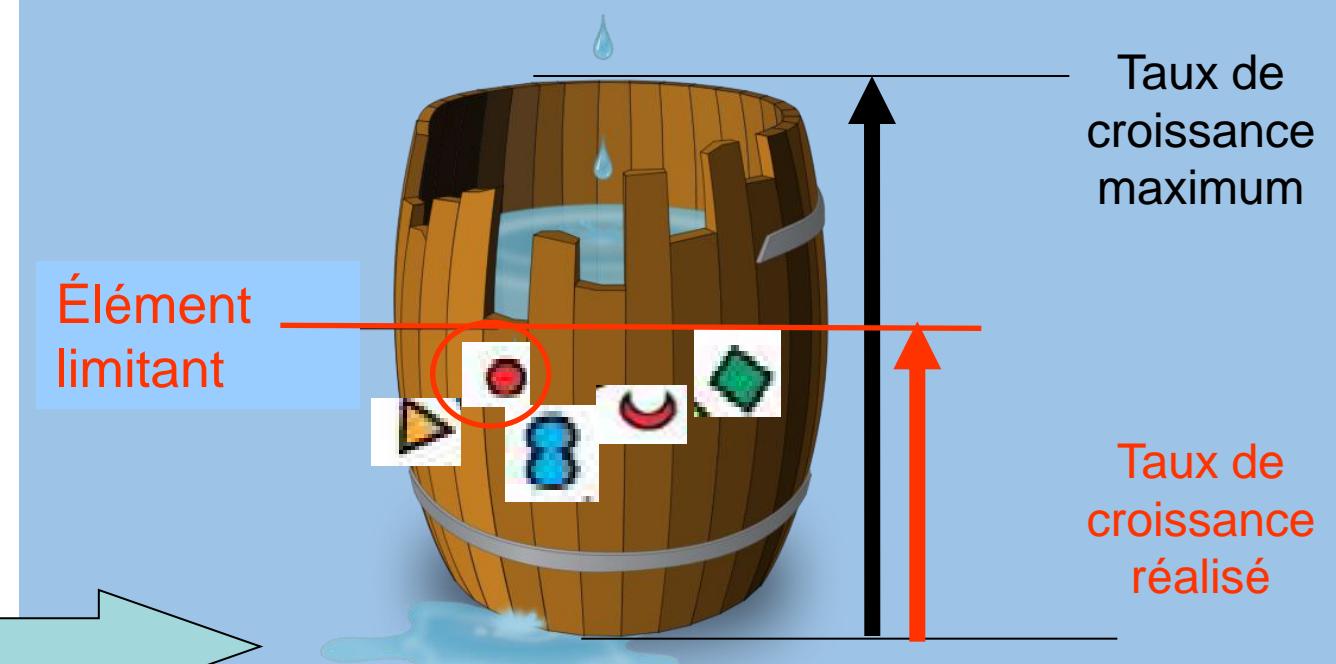
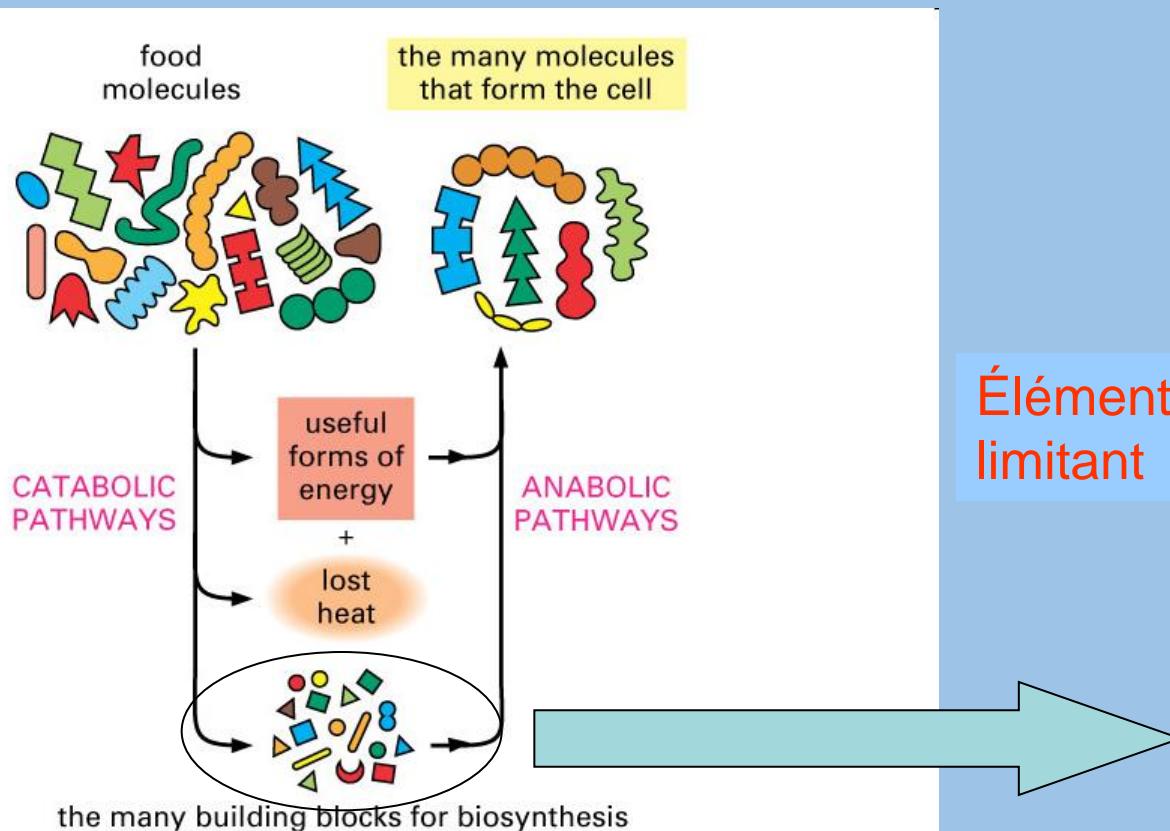
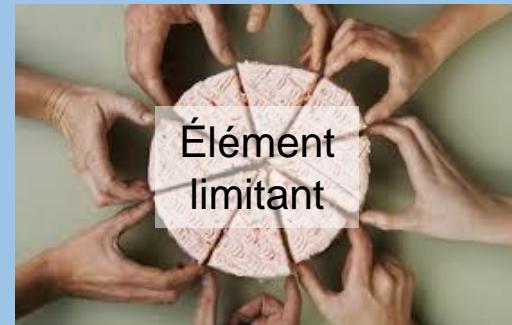
Il existe une différence dans les facteurs contrôlant la croissance et la capacité de charge.



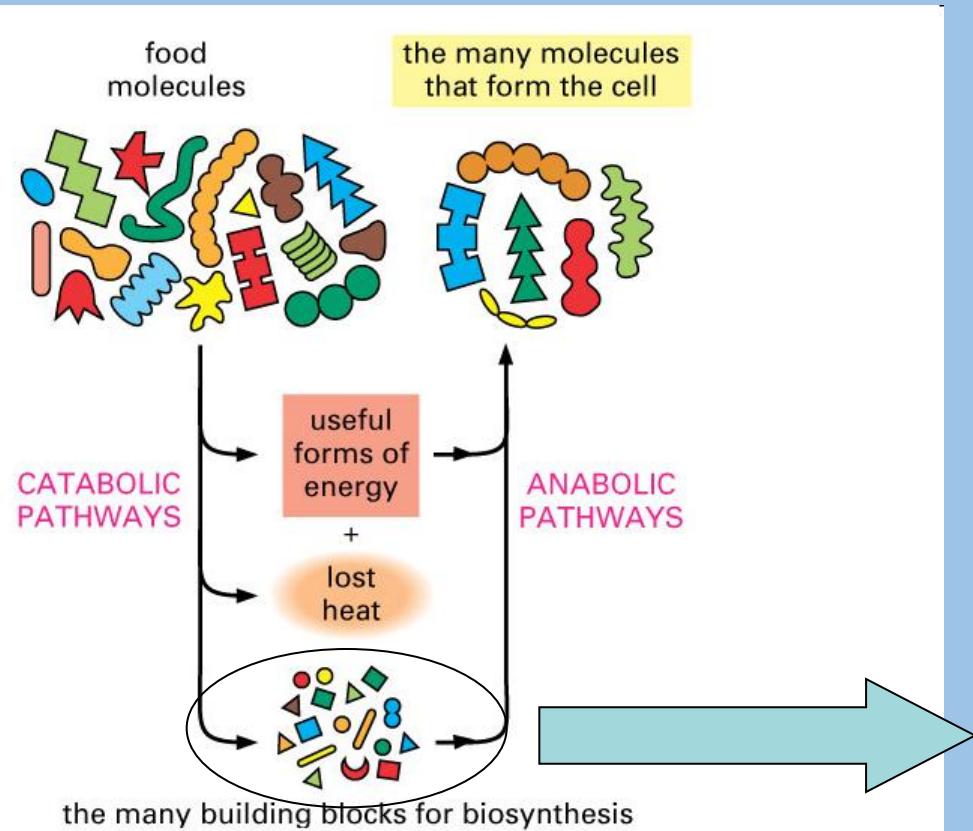
Il existe une différence dans les facteurs contrôlant la croissance et la capacité de charge.



La croissance est limitée par le taux d'acquisition de l'**élément le plus limitant**.
(N, P, acides aminés et acides gras non synthétisables...).

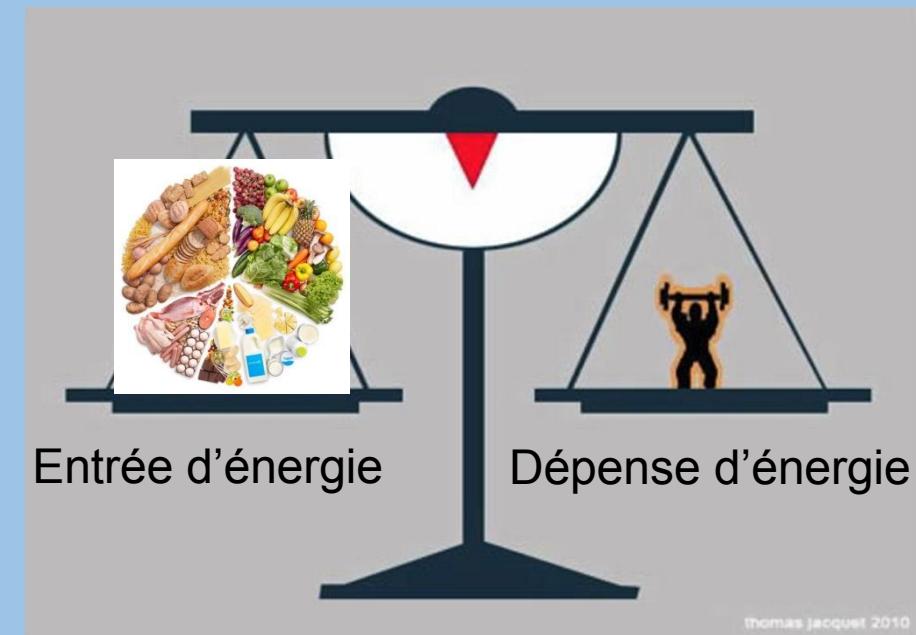
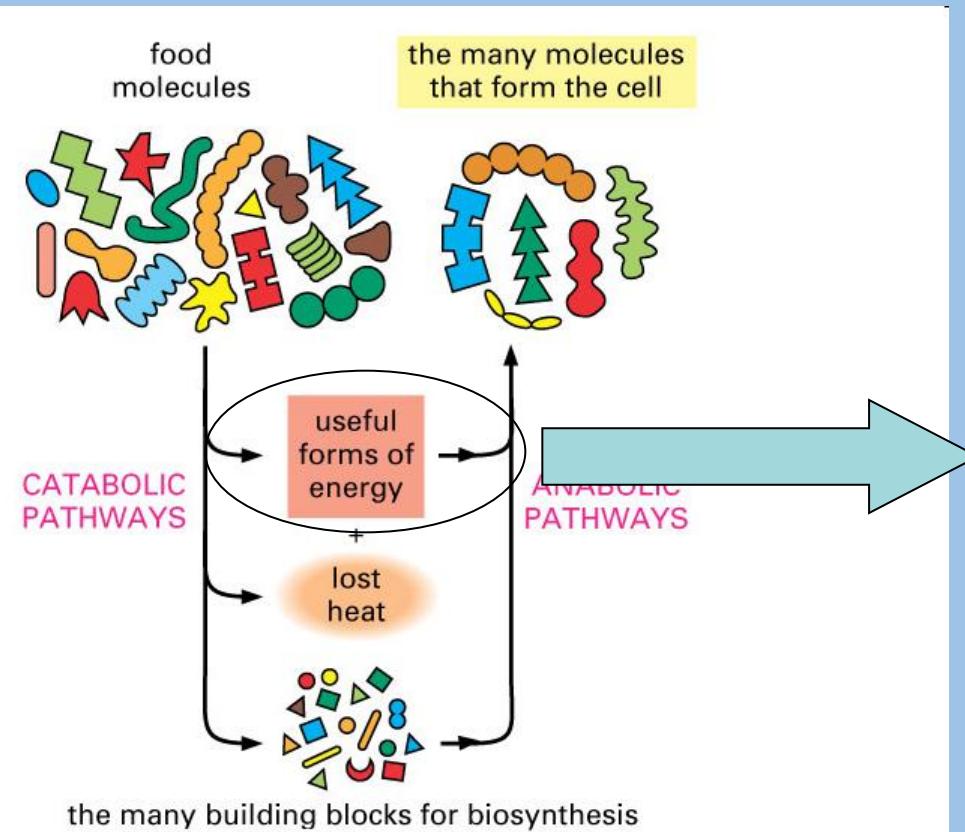


La croissance est limitée par le taux d'acquisition de l'élément le plus limitant.
(N, P, acides aminés et acides gras non synthétisables...).
Elle est donc liée à la qualité des sources de nourriture.



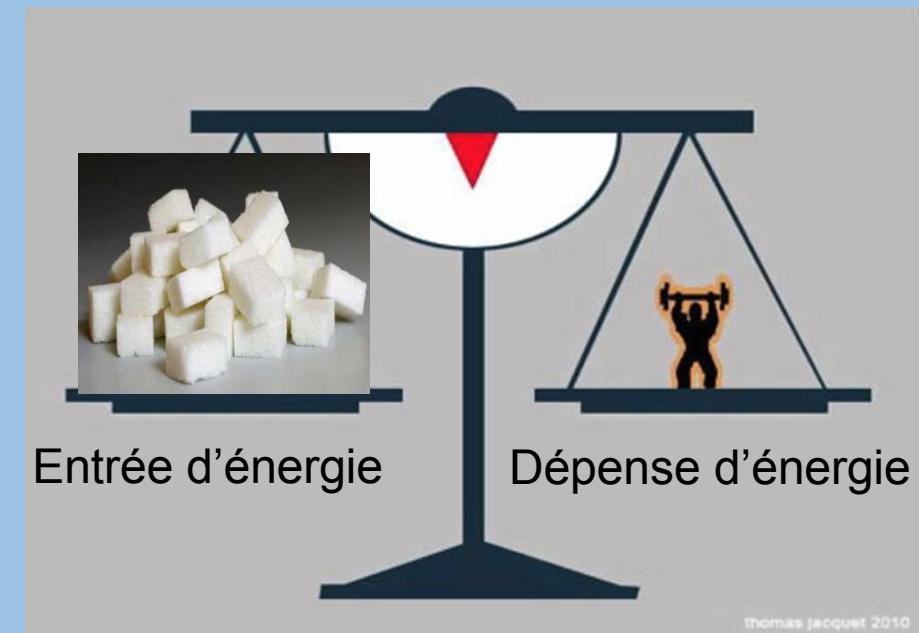
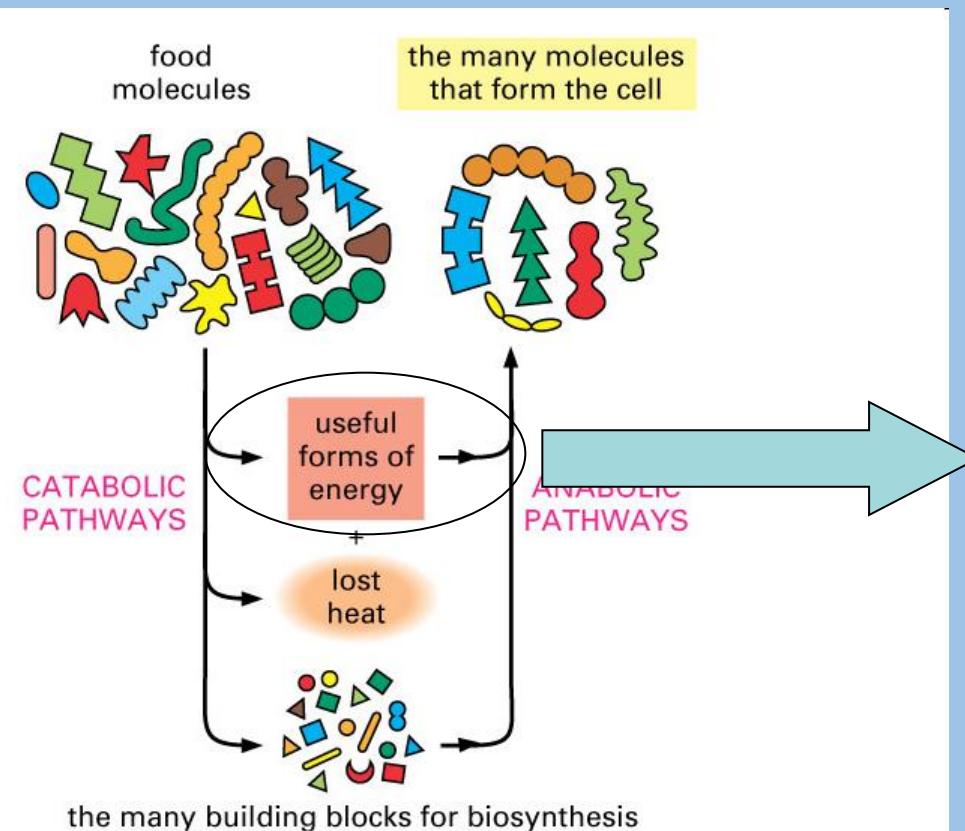
Il faut que les holothuries aient un régime alimentaire équilibré

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

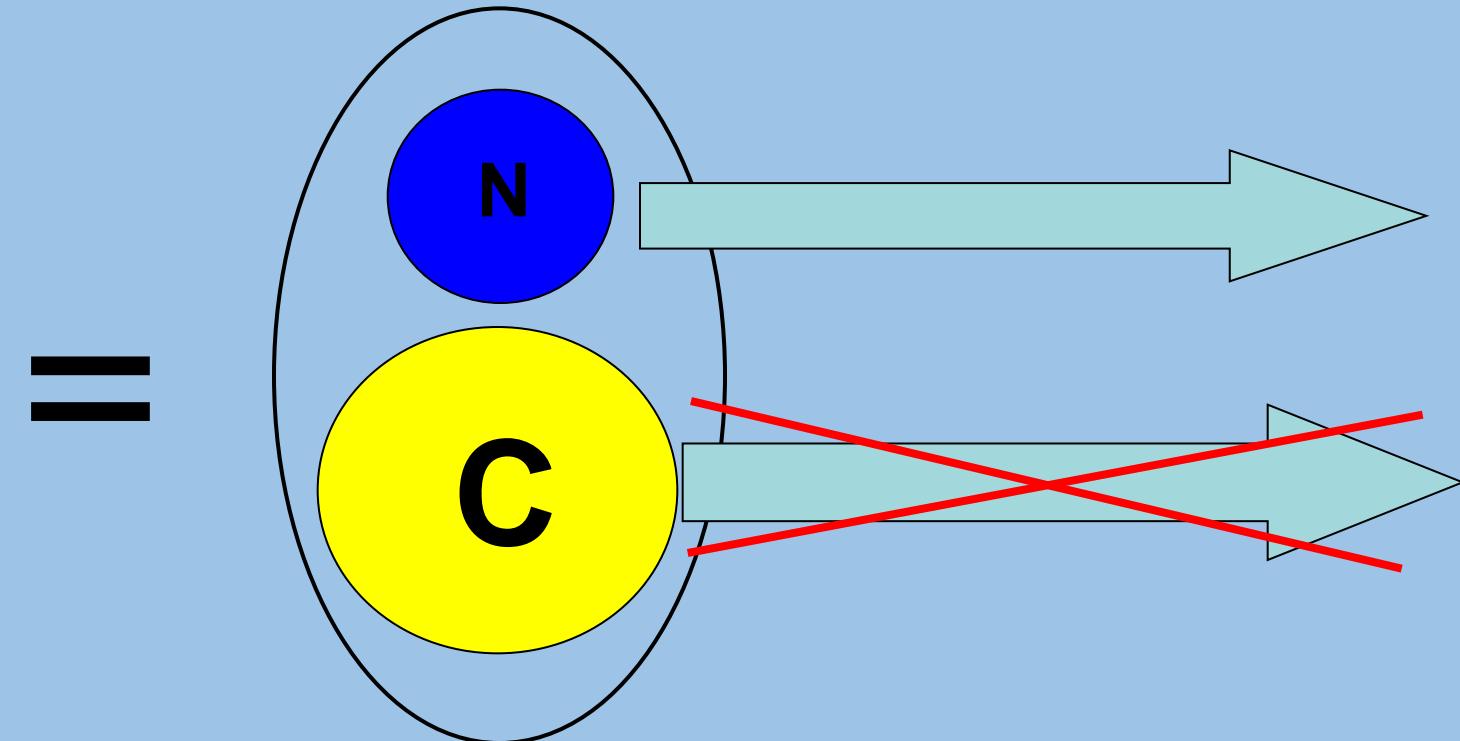


Pour un individu, la capacité de charge est définie par **la concentration en nourriture** à partir de laquelle
L'énergie apportée par la nourriture = l'énergie dépensée pour acquérir cette nourriture

Au final la capacité de charge est fixée par **la quantité** de carbone organique assimilée.

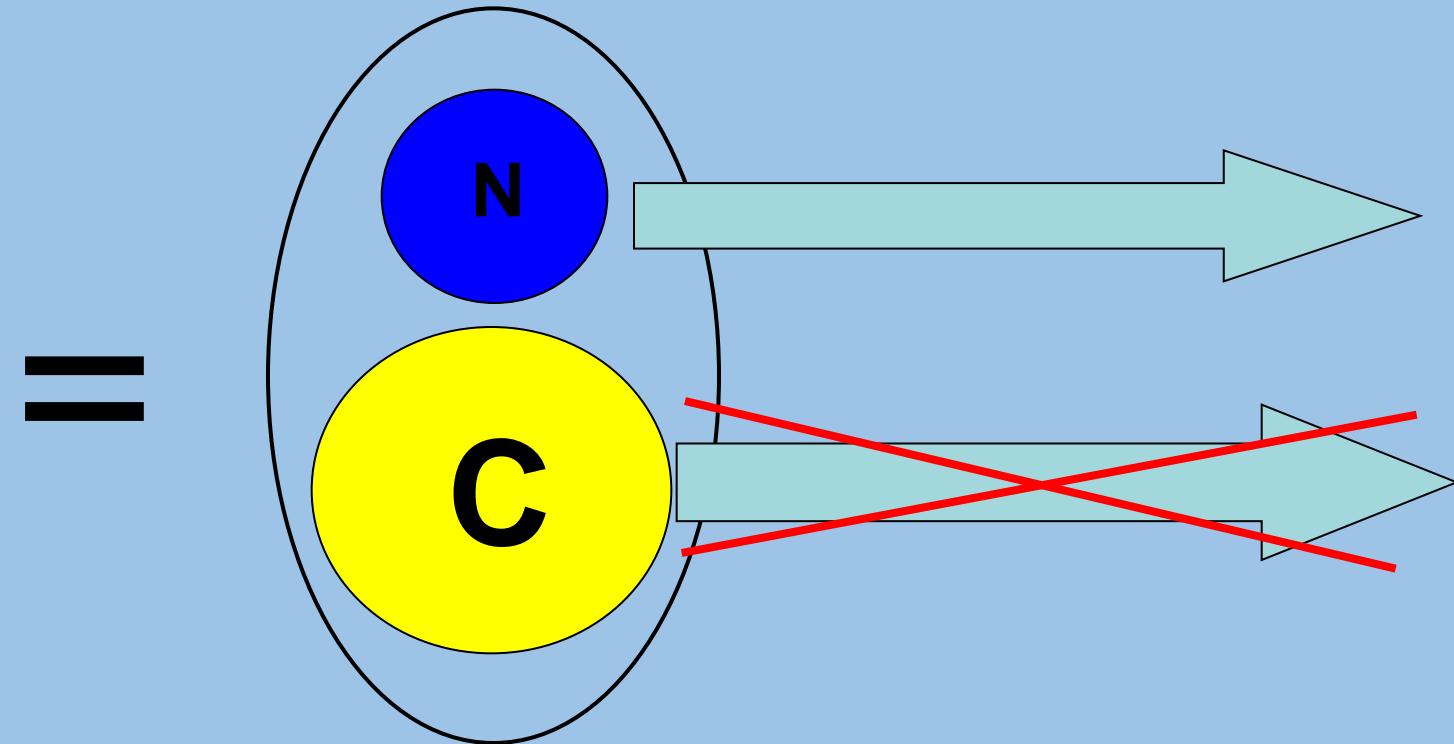


Grâce aux traceurs trophiques nous avons pu montrer qu'il y a bien un transfert des nutriments contenus dans les aliments (azote), mais pas du carbone.



Problème d'assimilation?

Problème de disponibilité?



Problème d'assimilation?

D'après la littérature il est possible qu'il y est eu une meilleur assimilation des protéines contenues dans les aliments que des carbohydrates.

=> Il faut travailler sur les sources facilement assimilables de carbohydrates.

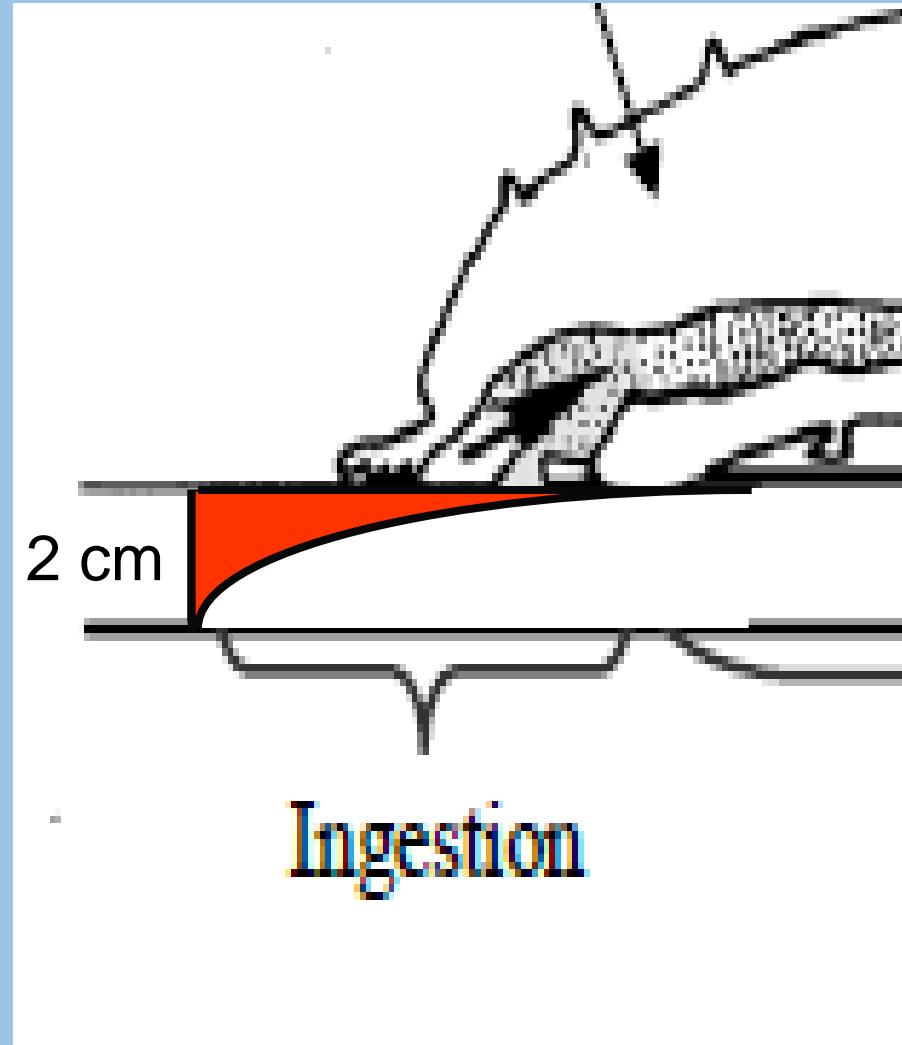
Problème de disponibilité?

Les acides gras suggèrent qu'il y a eu un problème de disponibilité.

Il n'y a eu qu'une faible assimilation directe de l'aliment.

Matière
Organique
totale



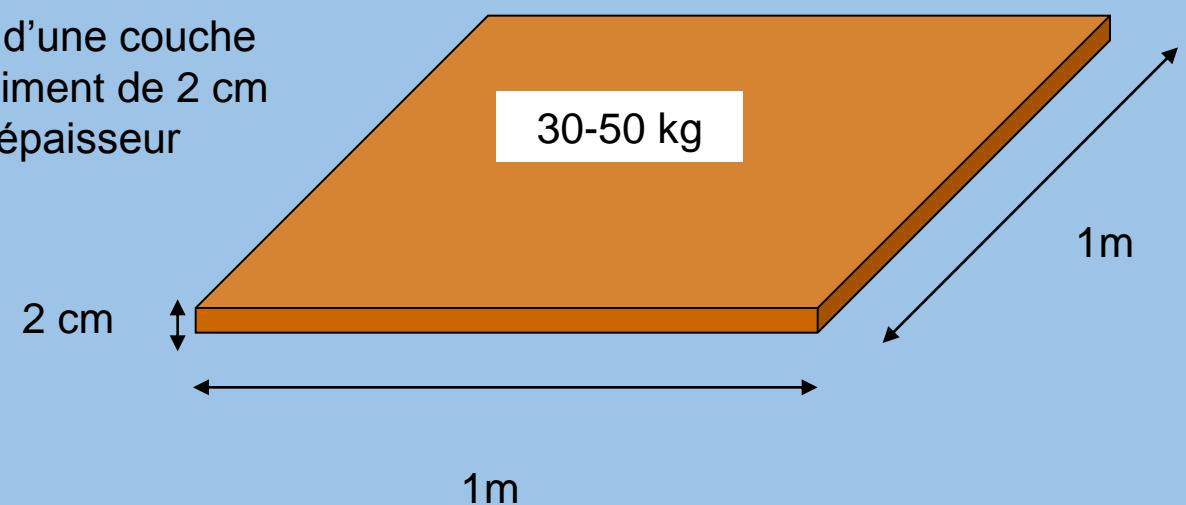


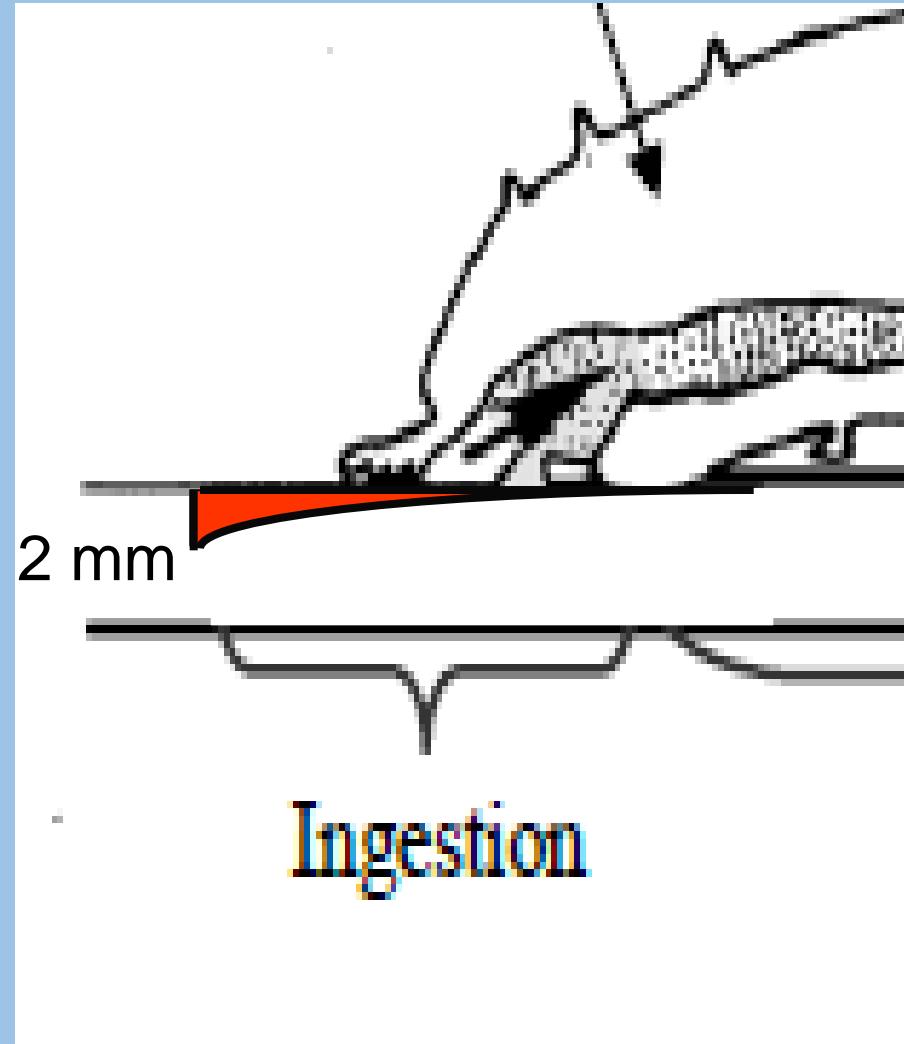
Les holothuries ne se nourrissent que sur la surface des sédiments (maximum 2 cm)

Une holothurie de 100g ingère entre 45 et 90 g de sédiment par jour.

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

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



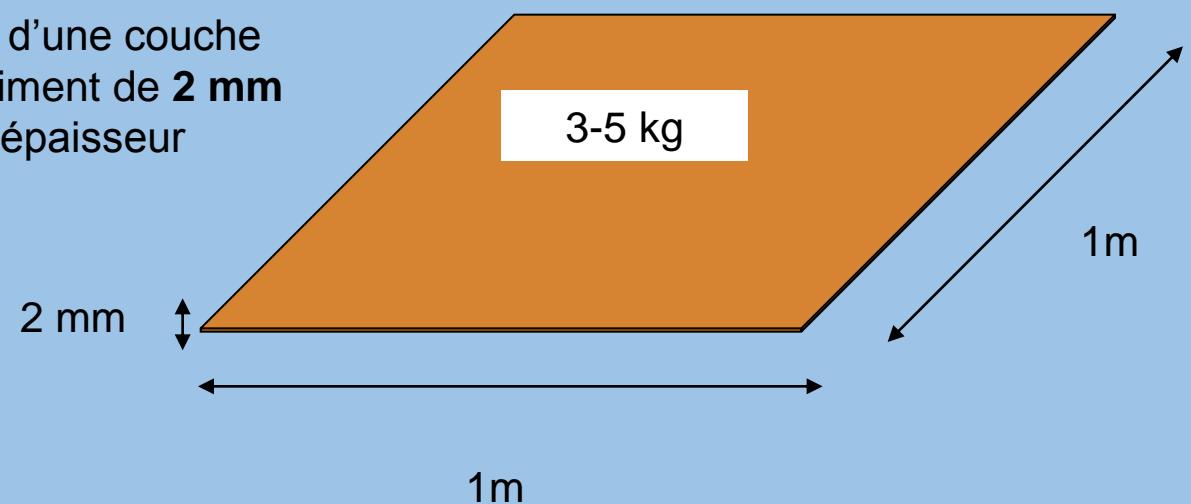


Même si l'on ne considère que les holothuries ne se nourrissent que sur les **deux premiers millimètres** de sédiment

Une biomasse de 250-300 g d'holothurie met tout de même **20 jours pour ingérer 1m² de sédiment.**

ELLES NE PEUVENT PAS INGERER LA RATION D'ALIMENT DE MANIERE EFFICACE

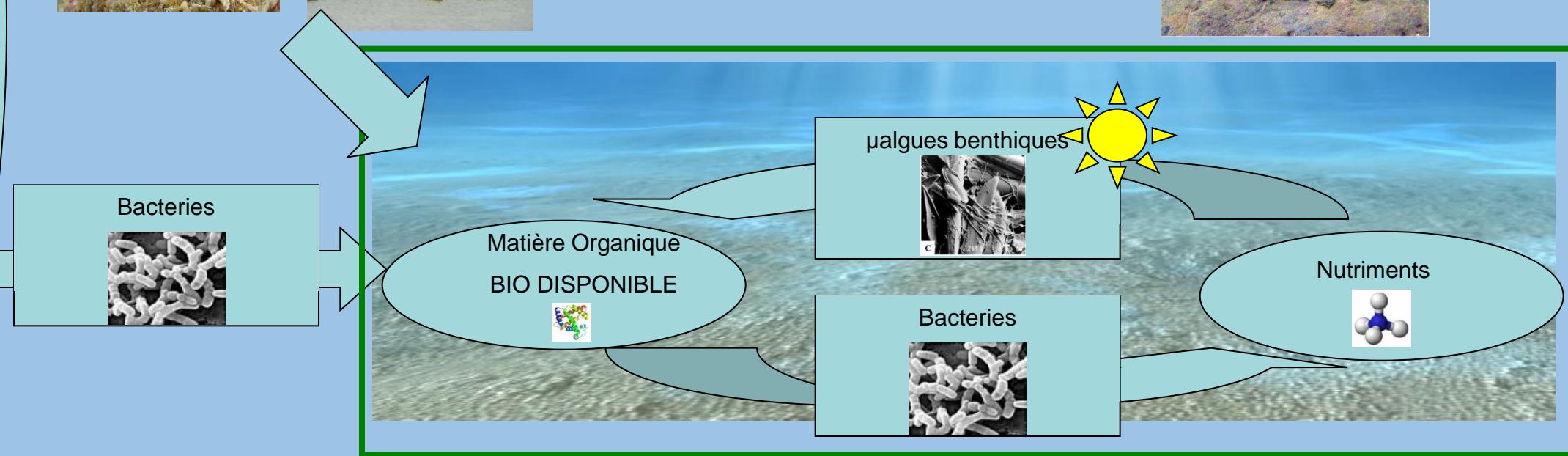
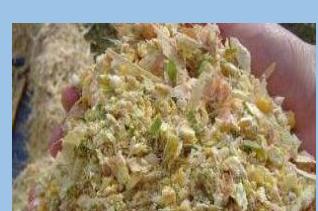
Poids d'une couche de sédiment de **2 mm** d'épaisseur



Problème de disponibilité?

Une part importante de l'aliment est incorporé dans la boucle microbienne benthique avant d'avoir pu être ingérée par les holothuries.

Matière
Organique
totale

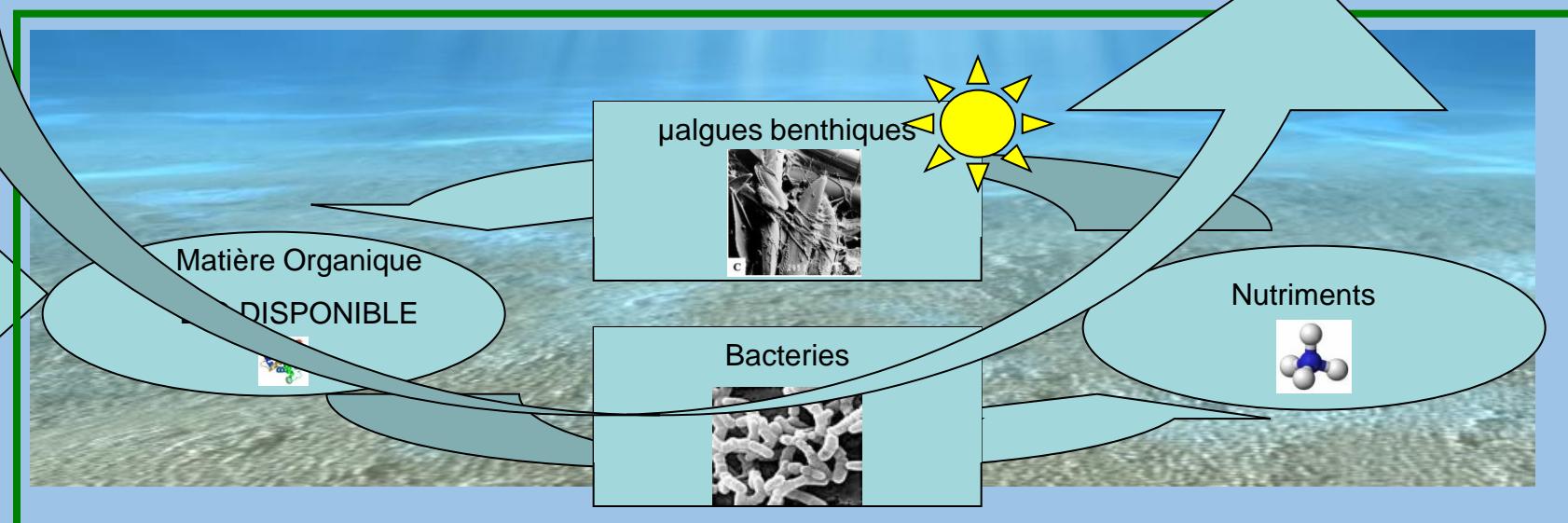
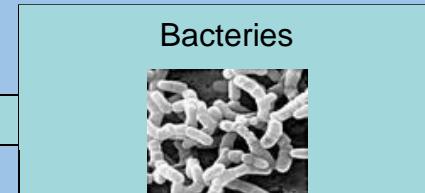


Problème de disponibilité?

Les acides gras tendent à suggérer qu'il y a eu un problème de disponibilité.

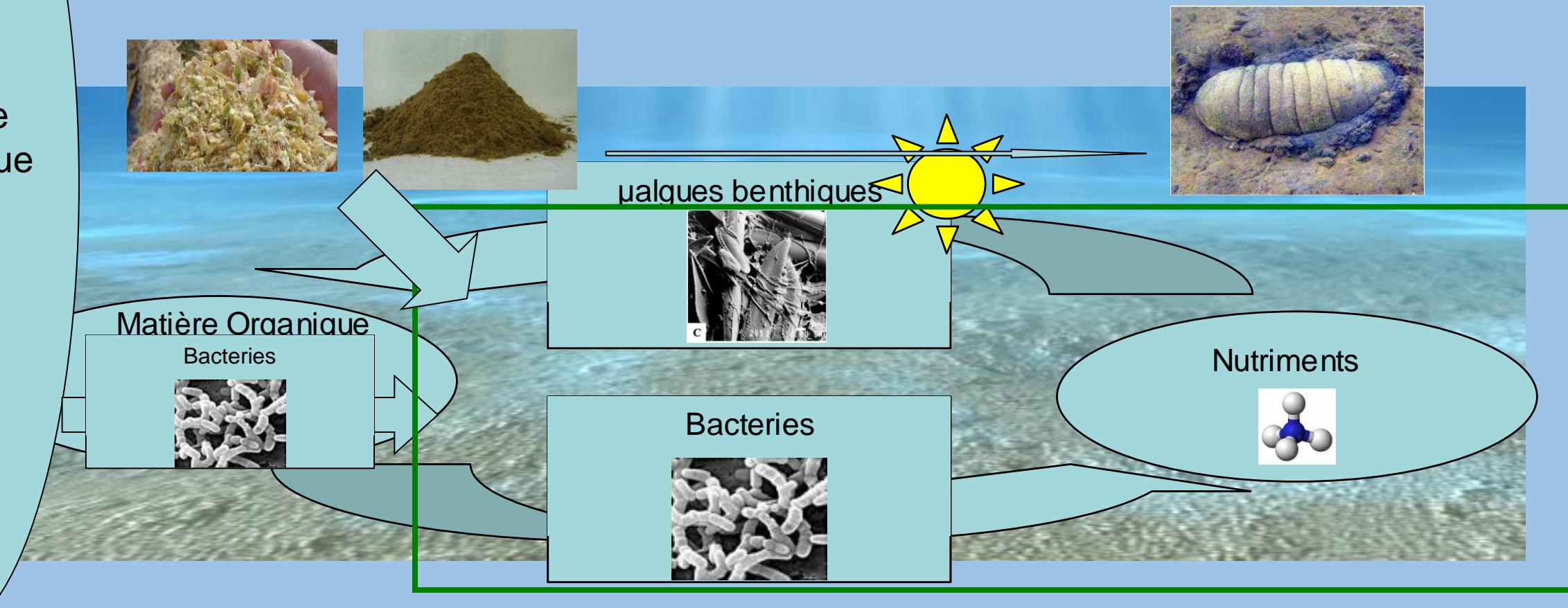
Y a t'il eu une assimilation indirecte de l'aliment?

Matière
Organique
totale



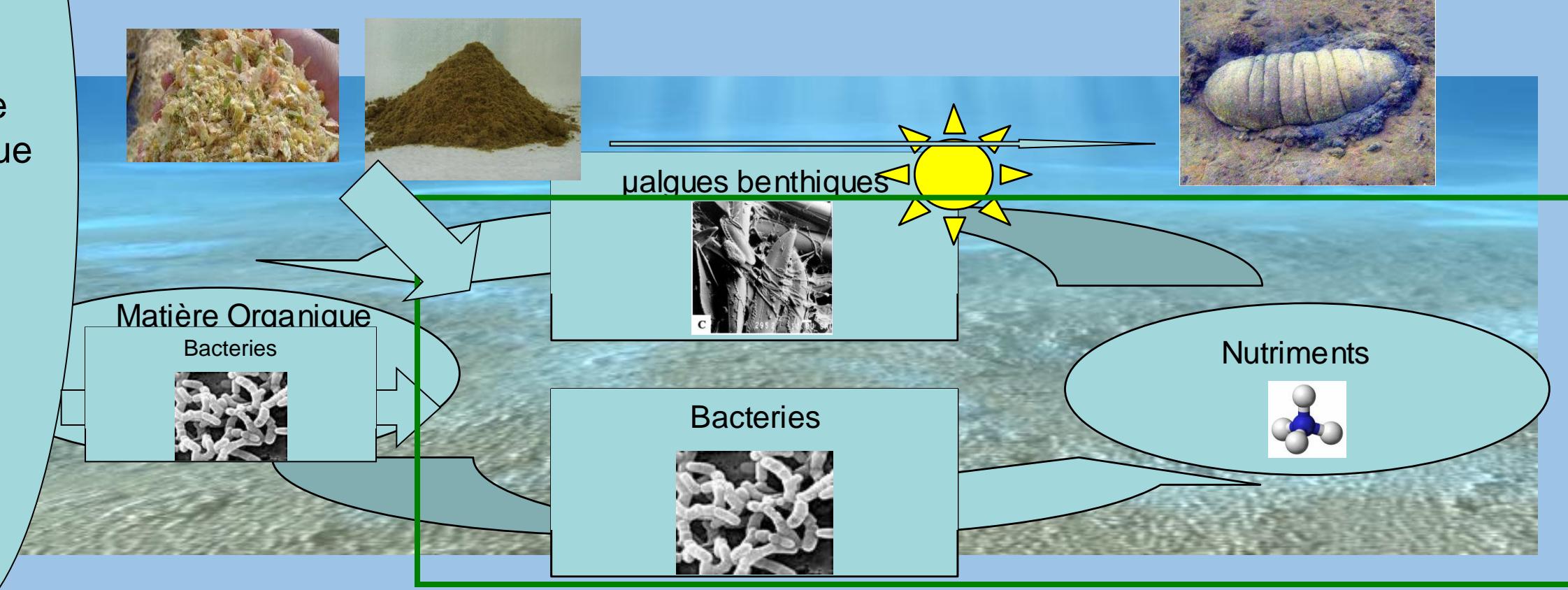
L'apport d'aliment a bien mené à un enrichissement du sédiment.

Matière
Organique
totale

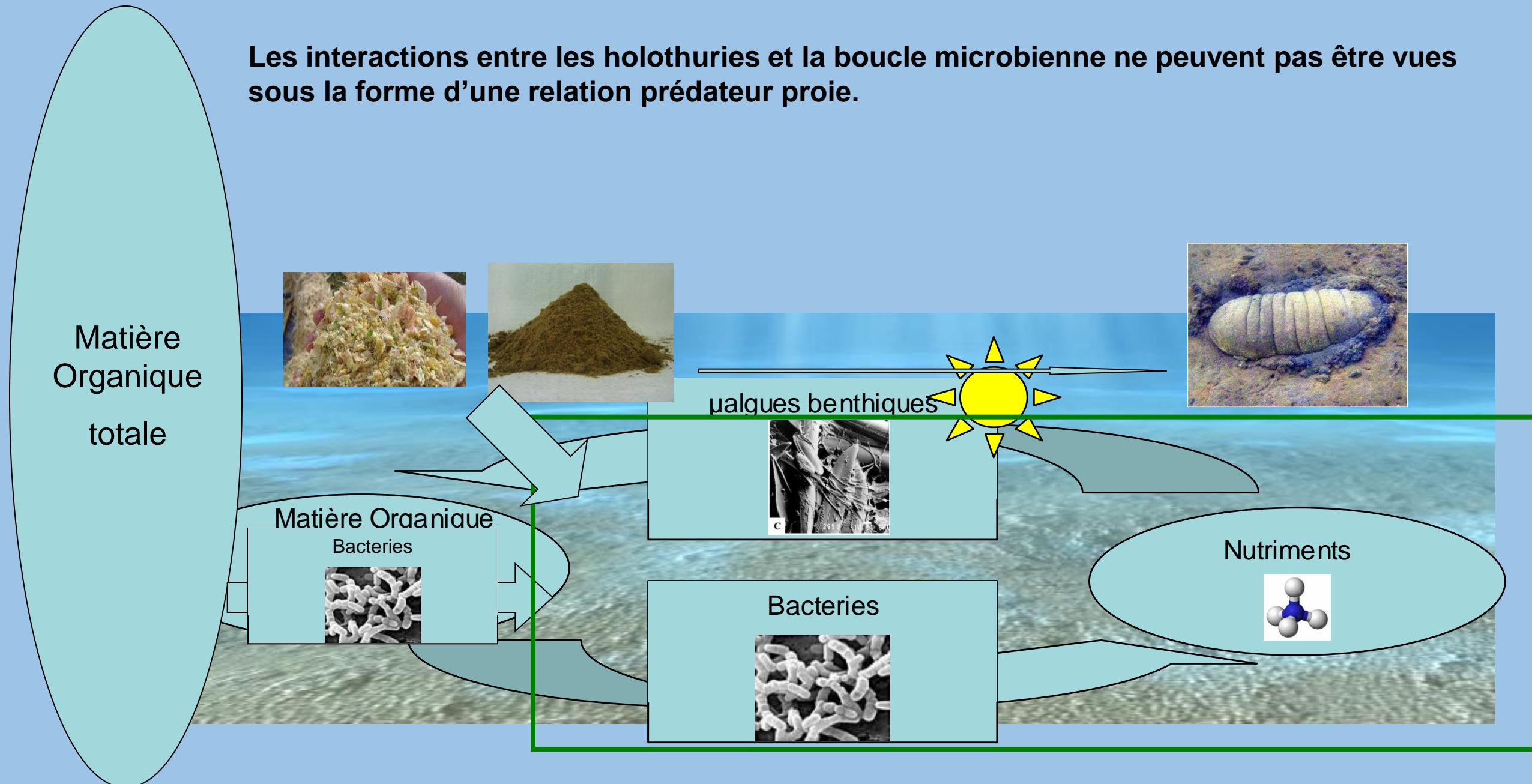


MAIS

Matière
Organique
totale

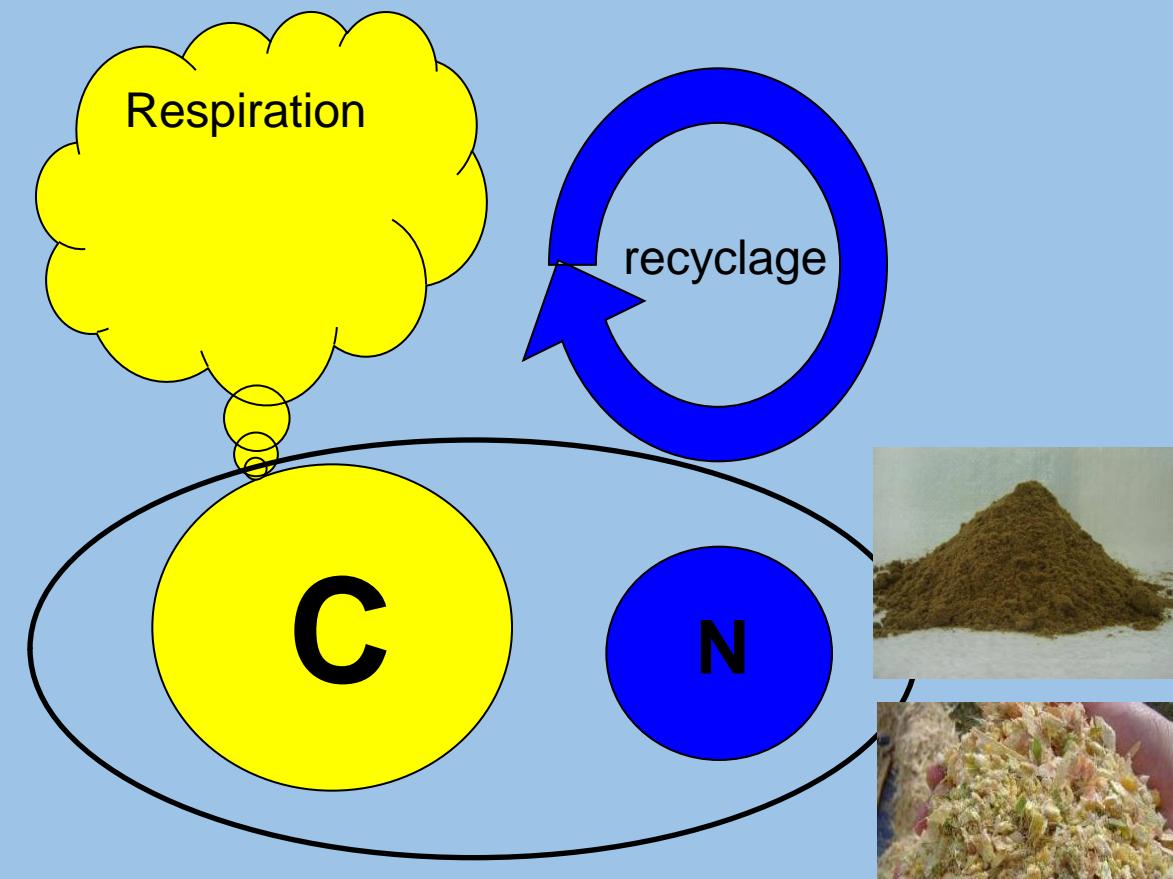
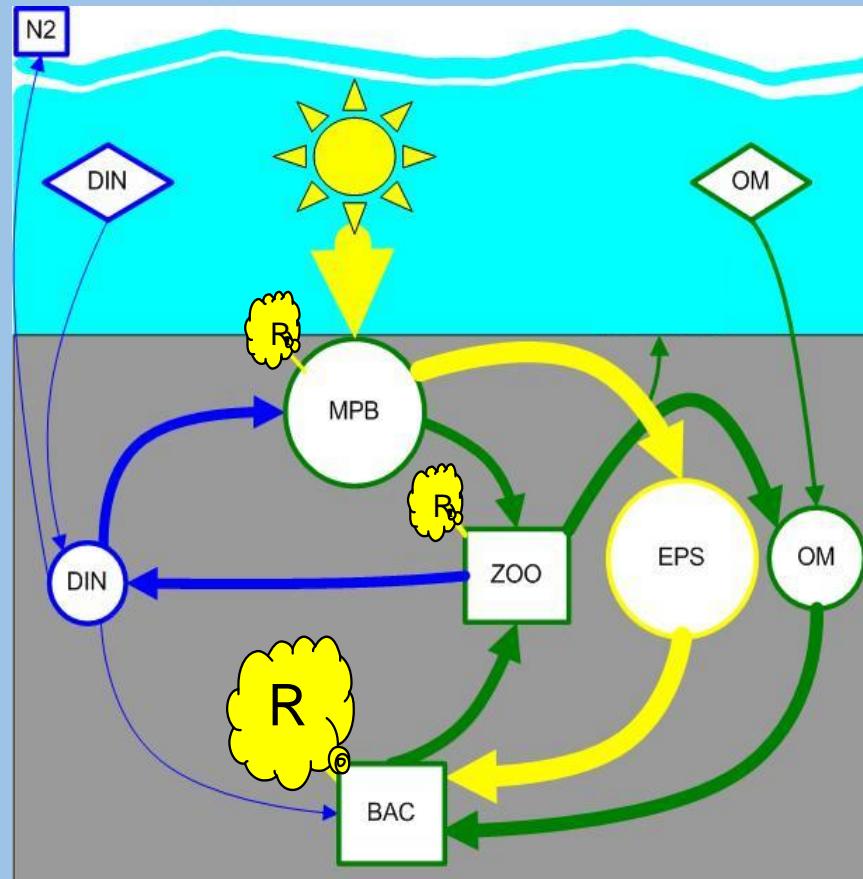


Les interactions entre les holothuries et la boucle microbienne ne peuvent pas être vues sous la forme d'une relation prédateur proie.

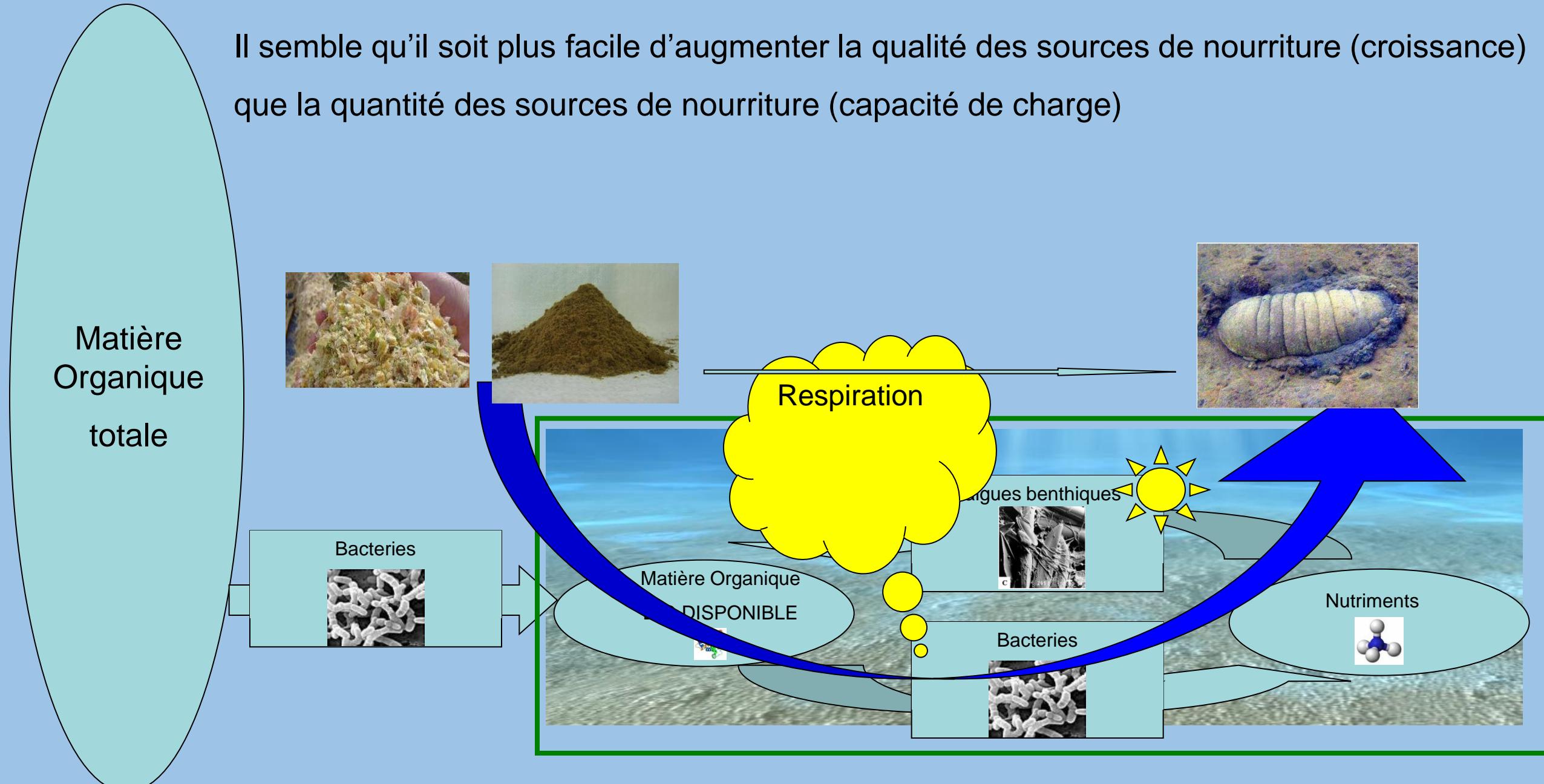


Le fonctionnement de la boucle microbienne implique un recyclage efficace des nutriments.

Par contre une fraction importante du carbone organique de l'aliment est susceptible d'être respirée par les micro organismes.



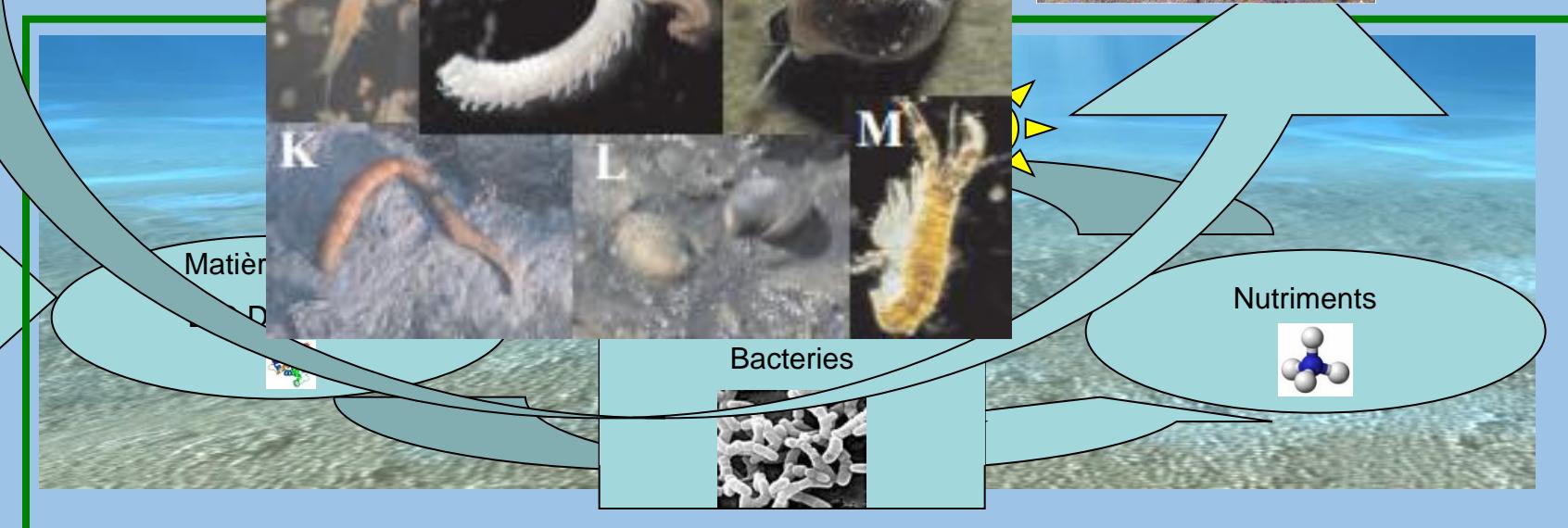
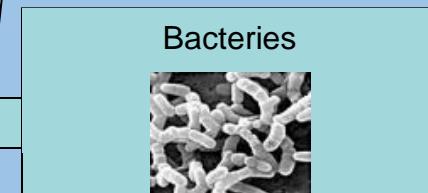
Il semble qu'il soit plus facile d'augmenter la qualité des sources de nourriture (croissance) que la quantité des sources de nourriture (capacité de charge)



Cette vision est encore compliquée par la prise en compte de la microfaune et meiofaune benthique qui se nourrissent elles aussi sur la boucle microbienne.

Ces organismes possèdent une forte capacité de croissance et ne sont pas régulés par les holothuries.

Matière
Organique
totale



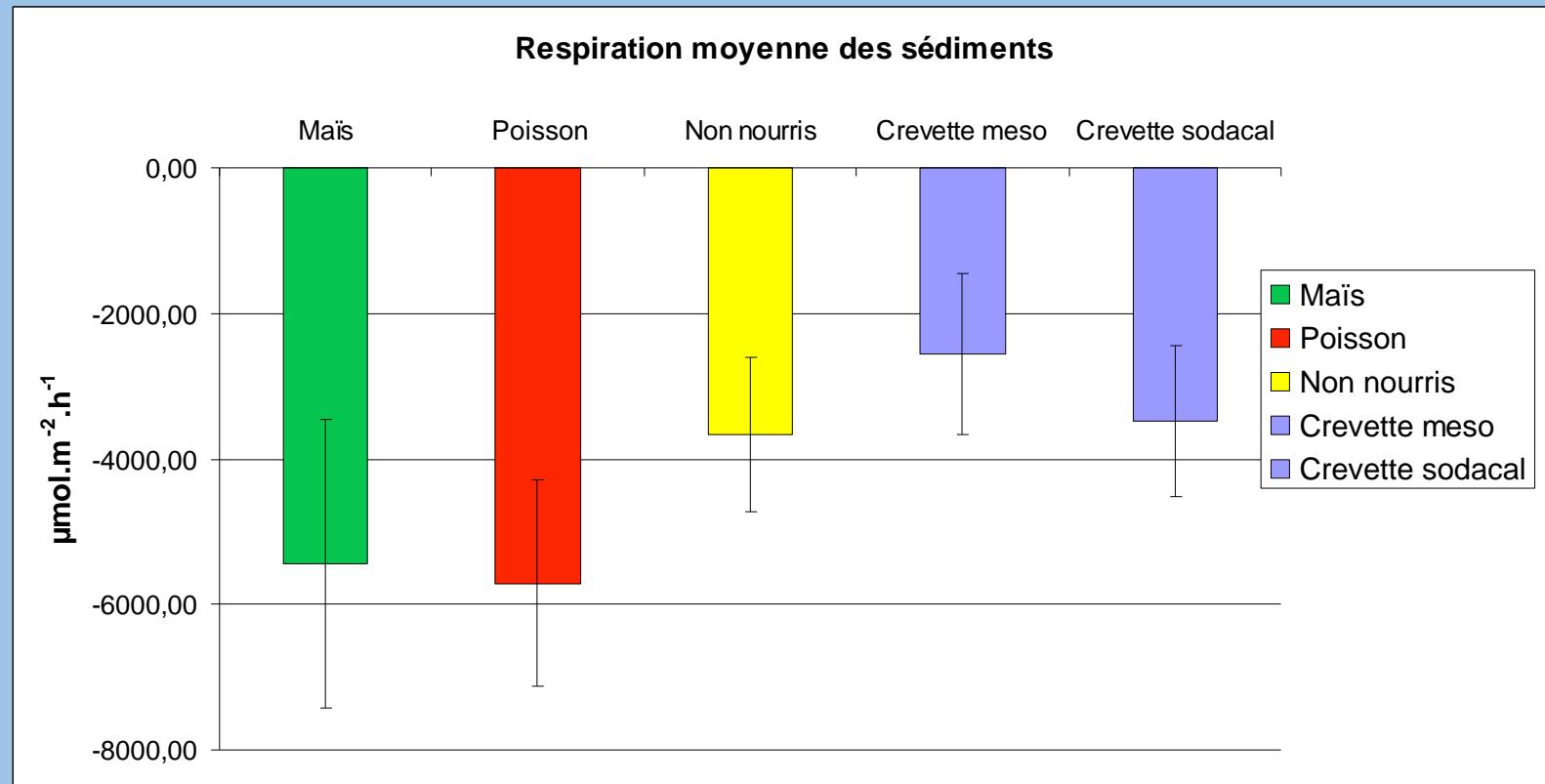
Si c'est un problème de quantité, pourquoi ne pas tout simplement mettre plus d'aliment?

Si c'est un problème de quantité, pourquoi ne pas tout simplement mettre plus d'aliment?

Car une augmentation des rations mène à une détérioration de l'environnement d'élevage des holothuries.

- Crise d'anoxie
- Eutrophisation

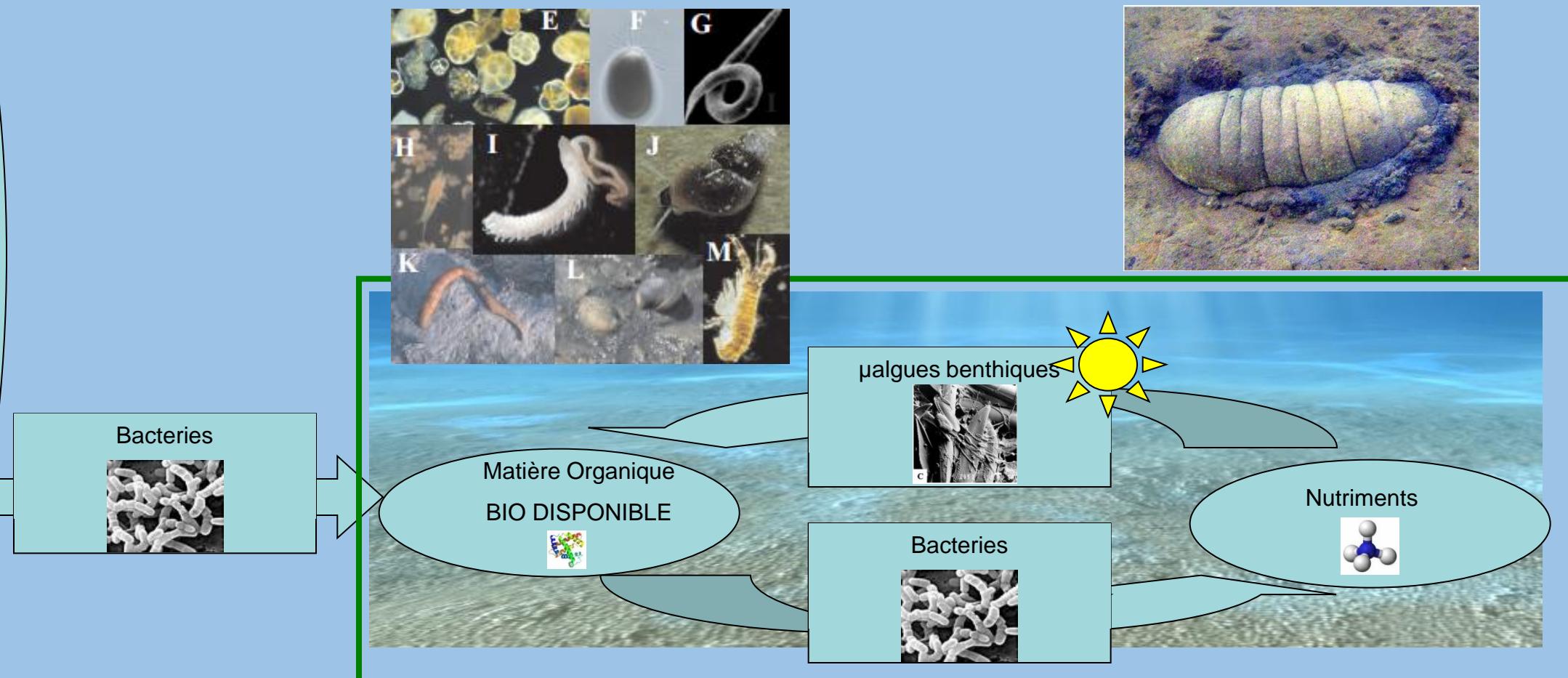
Crise d'anoxie

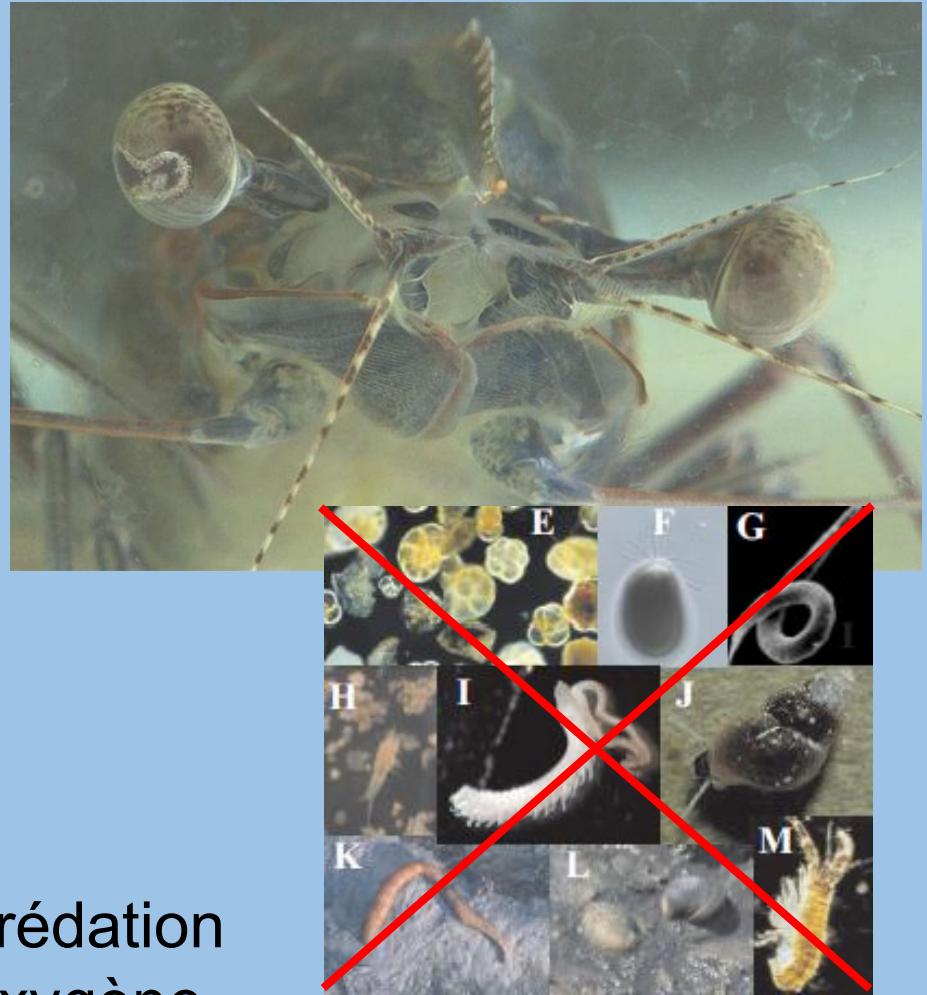
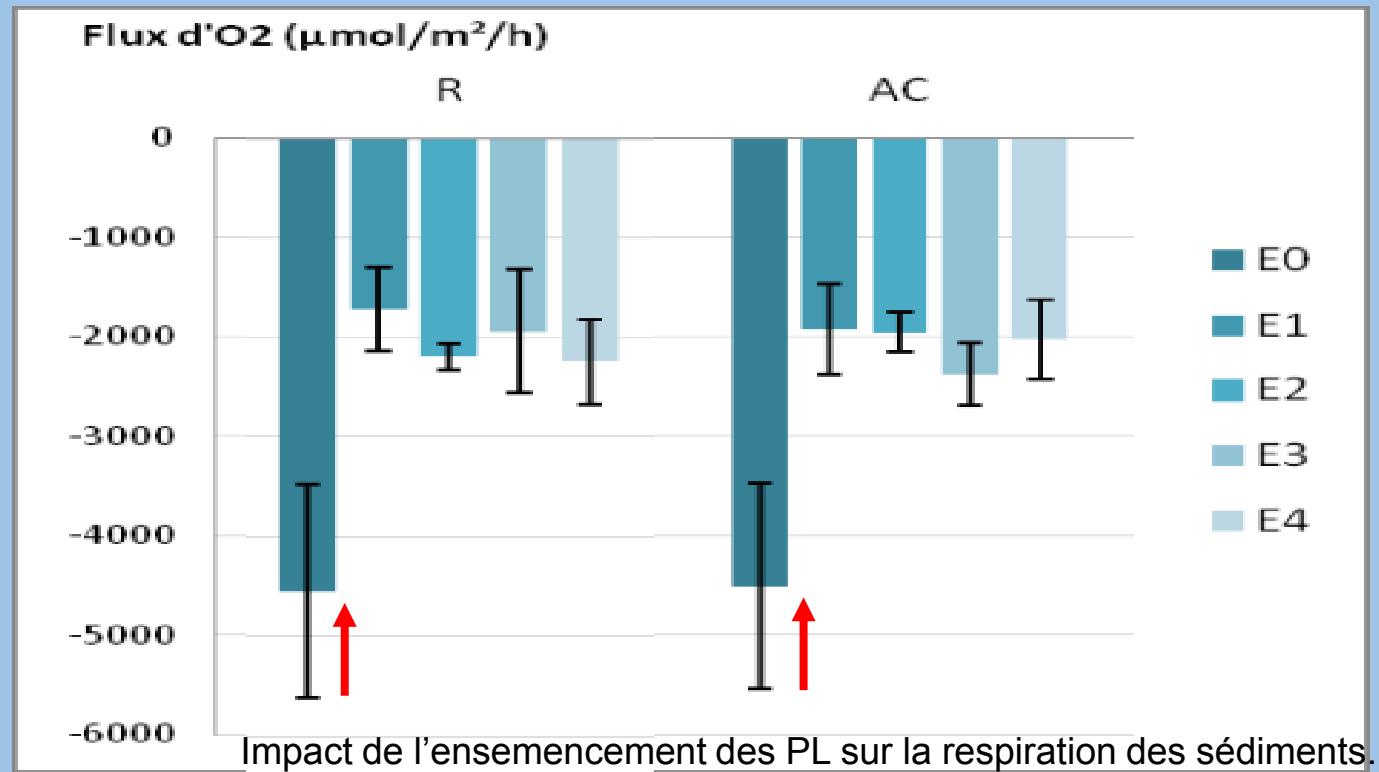


Lors d'un élevage d'holothuries, les sédiments ont une forte demande en oxygène.
L'apport de nourriture stimule fortement cette demande.

Ceci s'explique par la nature « très vivante » des sédiments lors d'un élevage d'holothuries.

Matière
Organique
totale





Dans le cadre d'un élevage de crevette, l'action de prédation de *L. stylirostris* diminue fortement la demande en oxygène des sédiments, ce qui permet de nourrir abondamment.

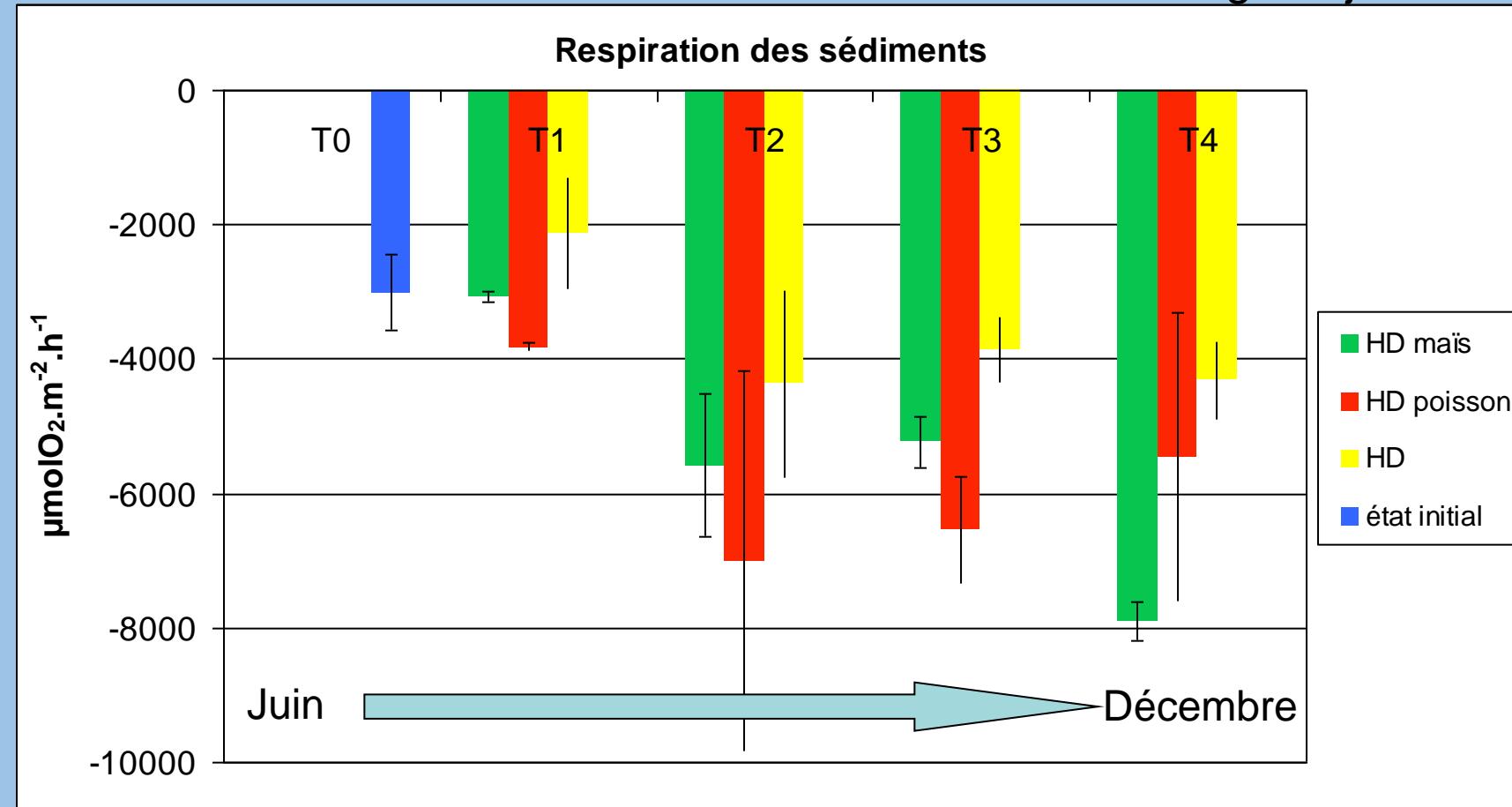
Le projet HOBICAL

Une augmentation de la ration en aliment au dessus de $2 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ a mené à des crises d'anoxie ayant engendrées des mortalités.

L'apport de matière au niveau des sédiments doit resté inférieur à $1 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$

Une augmentation de la ration en aliment au dessus de $2 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ a mené à des crises d'anoxie ayant engendrées des mortalités.

L'apport de matière au niveau des sédiments doit resté inférieur à $1 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$



La respiration des sédiments augmente fortement avec la température, il faut adapter la ration avec la saison.

Il ne faut pas mettre trop d'azote

Seuil maximum $0,1 \text{ gN.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$, soit $0,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ de farine de poisson



Conclusion

Les protocoles de nutrition ont mené à une amélioration des croissances mais pas de la capacité de charge.

Seule une très faible fraction de l'aliment est directement assimilée.

Il existe une seuil d'intrant à partir duquel il y a une détérioration du milieu d'élevage.

Il faut rester sous une quantité totale d'aliment $< 1 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$

Il faut mettre moins de $0,1 \text{ gN.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ (soit $0,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ de farine de poisson)

Perspectives:

Il est nécessaire de réaliser des études sur les besoins nutritifs des holothuries.

Quelles sont les formes de nourriture efficacement assimilables?

Quel est l'élément limitant la croissance durant les élevages?

Qu'est ce qu'un régime alimentaire équilibré pour une holothurie?



Perspectives:

Permettrait de formuler un aliment efficace, ce qui a déjà montré ses preuves pour l'holothurie *A. japonicus* en chine



Table 1 Ingredients and proximate composition (g kg^{-1}) of the experimental diets

Protein levels (g kg^{-1})	200		300		400	
Lipid levels (g kg^{-1})	20	100	20	100	20	100
Ingredients						
Soybean meal	340	340	520	520	700	700
Dextrin	447	378	289	220	131	63
Algae powder ¹	100	100	100	100	100	100
Squid liver oil	13	20	12	20	11	20
Soybean oil	13	75	12	73	11	70
Vitamin premix ²	20	20	20	20	20	20
Mineral premix ³	20	20	20	20	20	20
Alpha-cellulose	40	40	20	20	—	—
Choline salt	2	2	2	2	2	2
Chromic oxide	5	5	5	5	5	5
Proximate analysis (dry matter basis)						
Crude protein	198	202	306	294	385	391
Crude lipid	14	89	21	88	16	95
Ash	77	71	79	86	94	96
Carbohydrate ⁴	711	638	594	532	505	418
Gross energy (MJ kg^{-1})	14.2	16.7	14.6	16.7	15.0	16.7

¹ *Sargassum thunbergii*.

² Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g kg^{-1} premix): L-ascorbic acid, 200.0; DL- α -tocopherol acetate, 20.0; thiamin hydrochloride, 5.0; riboflavin, 8.0; pyridoxine hydrochloride, 2.0; niacin, 40.0; Ca-D-pantothenate, 12.0; myo-inositol, 200.0; D-biotin, 0.4; folic acid, 1.5; ρ -amino benzoic acid, 20.0; menadione, 4.0; retinyl acetate, 1.5; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

³ Mineral premix contained the following ingredients (g kg^{-1} premix): NaCl, 7.0; MgSO₄·7H₂O, 105.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 175.0; KH₂PO₄, 224; CaH₄(PO₄)₂·H₂O, 140.0; Ferric citrate, 17.5; ZnSO₄·7H₂O, 2.8; Ca-lactate, 21.8; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.11; KIO₃, 0.02; Na₂SeO₃, 0.007; MnSO₄·H₂O, 1.4; CoCl₂·6H₂O, 0.07.

⁴ Calculated, 1000 – (crude protein + crude lipid + ash).

Perspectives:

Permettra de formuler un aliment efficace, ce qui a déjà montré ses preuves pour l'holothurie *A. japonicus* en chine

MAIS

L'indice de conversion de l'aliment sera sûrement très mauvais..

Quelle est la rentabilité et la pertinence de cette pratique?



Table 1 Ingredients and proximate composition (g kg^{-1}) of the experimental diets

Protein levels (g kg^{-1})	200		300		400	
	20	100	20	100	20	100
Ingredients						
Soybean meal	340	340	520	520	700	700
Dextrin	447	378	289	220	131	63
Algae powder ¹	100	100	100	100	100	100
Squid liver oil	13	20	12	20	11	20
Soybean oil	13	75	12	73	11	70
Vitamin premix ²	20	20	20	20	20	20
Mineral premix ³	20	20	20	20	20	20
Alpha-cellulose	40	40	20	20	—	—
Choline salt	2	2	2	2	2	2
Chromic oxide	5	5	5	5	5	5
Proximate analysis (dry matter basis)						
Crude protein	198	202	306	294	385	391
Crude lipid	14	89	21	88	16	95
Ash	77	71	79	86	94	96
Carbohydrate ⁴	711	638	594	532	505	418
Gross energy (MJ kg^{-1})	14.2	16.7	14.6	16.7	15.0	16.7

¹ *Sargassum thunbergii*.

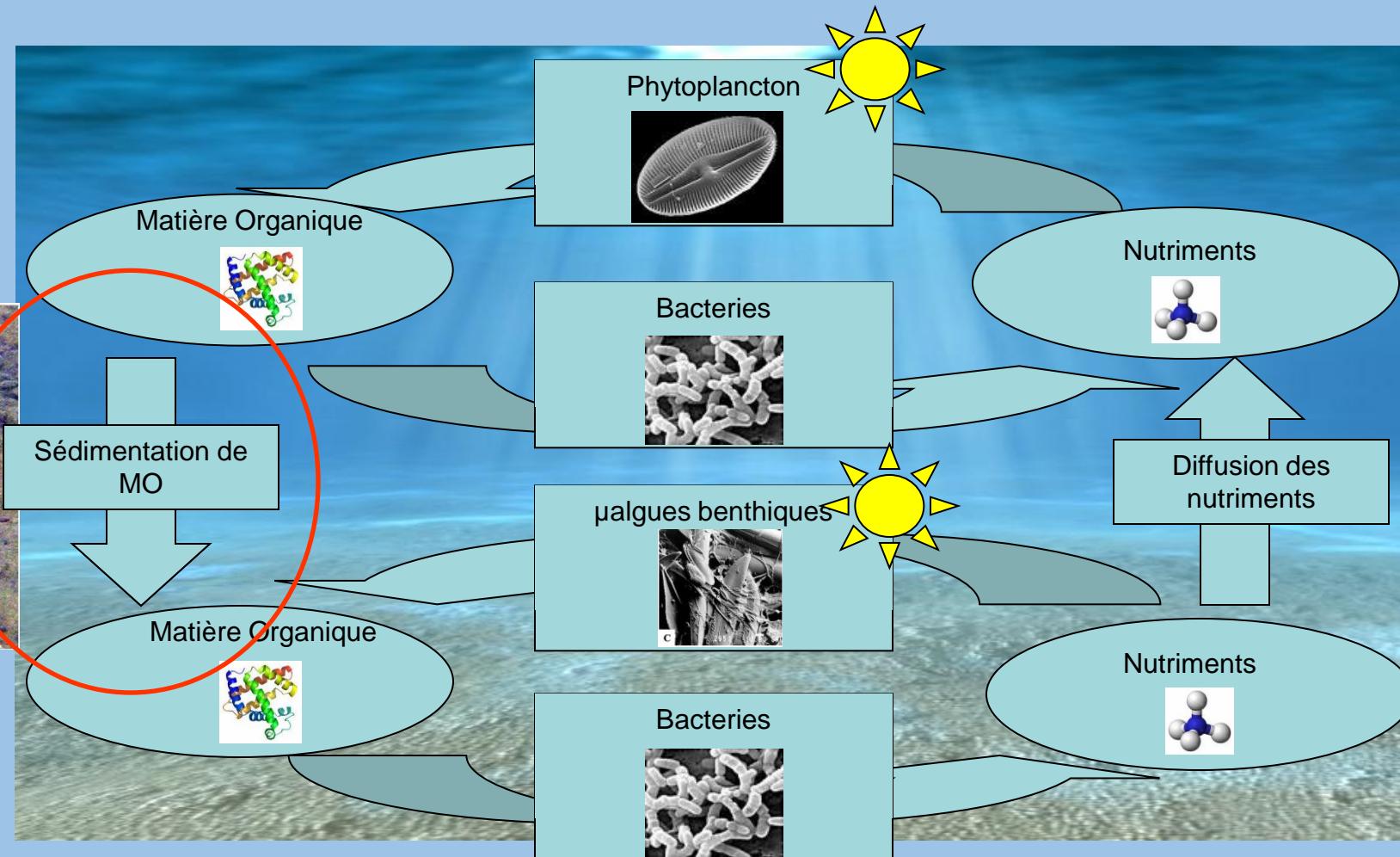
² Vitamin premix contained the following amount which were diluted in cellulose (g kg^{-1} premix): L-ascorbic acid, 200.0; DL- α -tocopherol acetate, 20.0; thiamin hydrochloride, 5.0; riboflavin, 8.0; pyridoxine hydrochloride, 2.0; niacin, 40.0; Ca-D-pantothenate, 12.0; myo-inositol, 200.0; D-biotin, 0.4; folic acid, 1.5; *p*-amino benzoic acid, 20.0; menadione, 4.0; retinyl acetate, 1.5; cholecalciferol, 0.003; cyanocobalamin, 0.003.

³ Mineral premix contained the following ingredients (g kg^{-1} premix): NaCl, 7.0; MgSO₄·7H₂O, 105.0; NaH₂PO₄·2H₂O, 175.0; KH₂PO₄, 224; CaH₄(PO₄)₂·H₂O, 140.0; Ferric citrate, 17.5; ZnSO₄·7H₂O, 2.8; Ca-lactate, 21.8; CuCl, 0.2; AlCl₃·6H₂O, 0.11; KIO₃, 0.02; Na₂SeO₃, 0.007; MnSO₄·H₂O, 1.4; CoCl₂·6H₂O, 0.07.

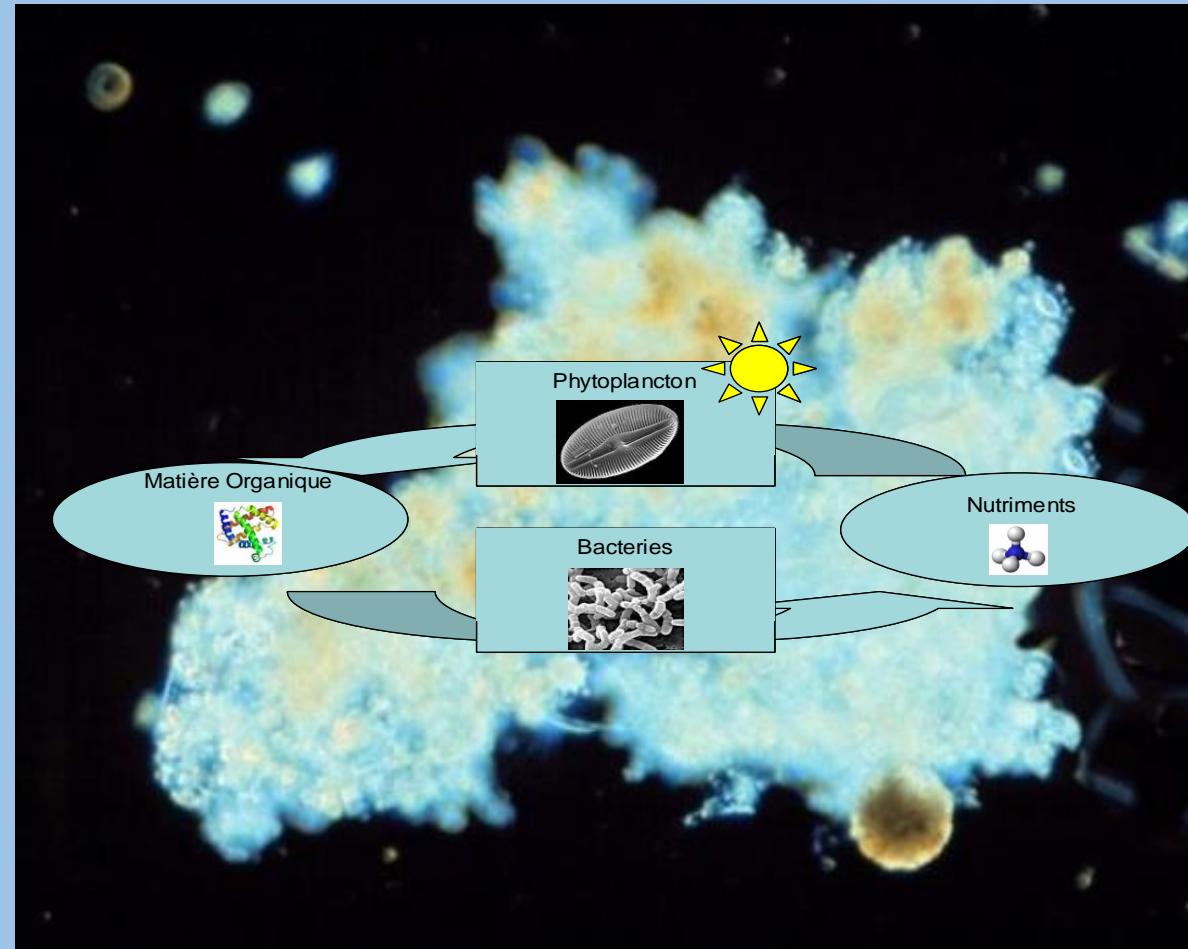
⁴ Calculated, 1000 – (crude protein + crude lipid + ash).

Une autre solution est envisageable:
Nourrir la colonne d'eau

La colonne d'eau représente une deuxième boucle microbienne susceptible de nourrir les holothuries via les flux de sédimentation.

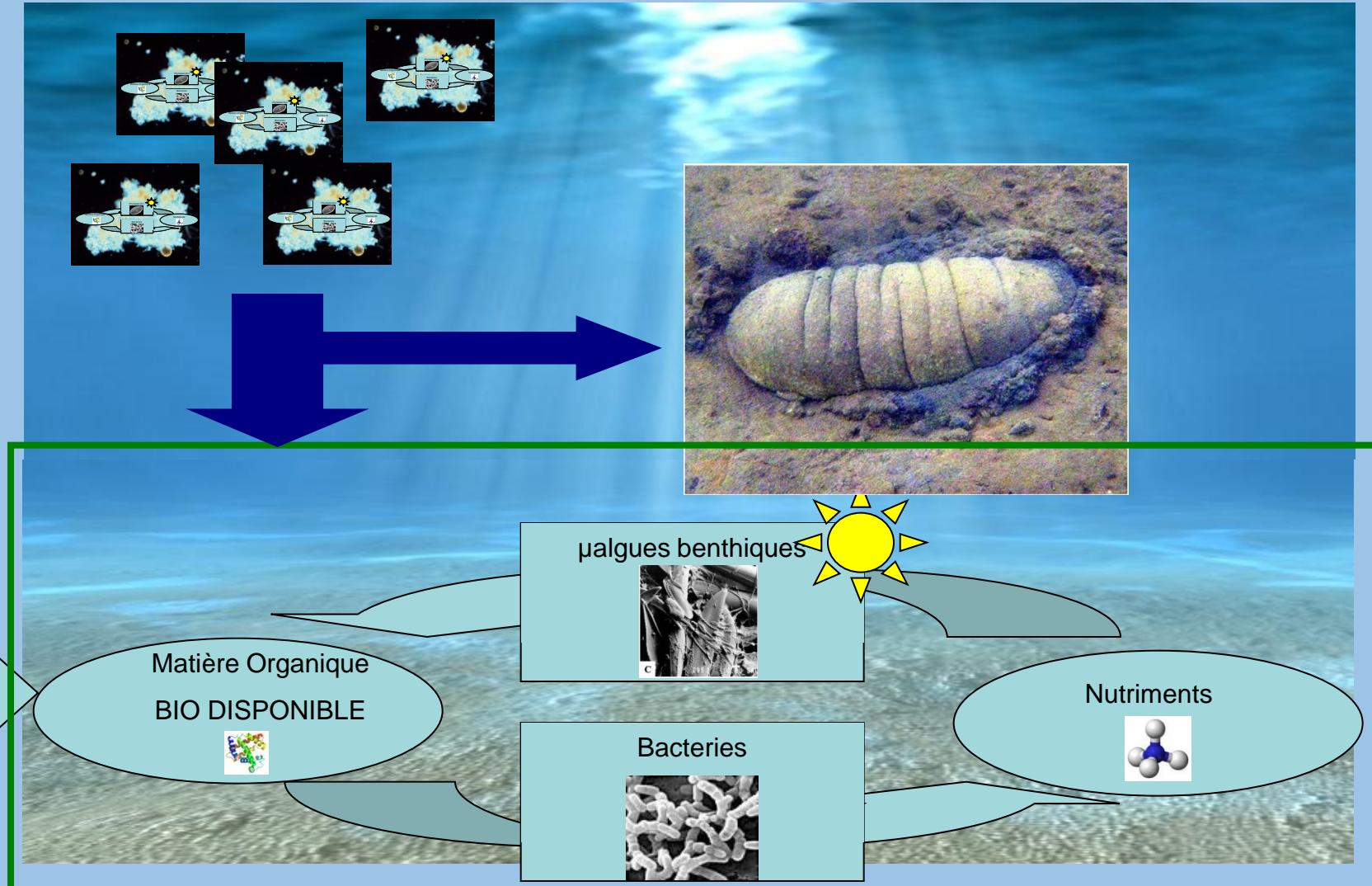
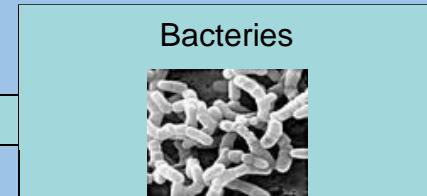


Faire produire des agrégats de MO labiles par la colonne d'eau.



Ce processus représente une source de nourriture efficace dans le milieu naturel, où des capacités de charge de 700 g.m^{-2} ont déjà été observées.

Matière
Organique
totale



Gérer une colonne d'eau stable dans un bassin est un exercice difficile.

Une surproduction de matière pourrait mener à une dégradation de l'environnement d'élevage.

Des boucles de rétro actions négatives peuvent se mettre en place.

Pourrait mener à une faible efficacité de transfert des intrants vers les holothuries.

Solution proposer:

Réaliser une co culture avec une espèce dans la colonne d'eau, ce qui permettrait de nourrir la colonne d'eau et de produire des fèces, qui sont une source de nourriture efficace pour les holothuries.