



# L'aquaponie

## Bases théoriques et approches de dimensionnement

**Victor Dumas**

ITAVI – Service Aquaculture

[www.itavi.asso.fr](http://www.itavi.asso.fr)



### Partenaires techniques



### Financeurs



# Quels outils pour mieux comprendre l'aquaponie?

L'aquaponie est une boîte très complexe

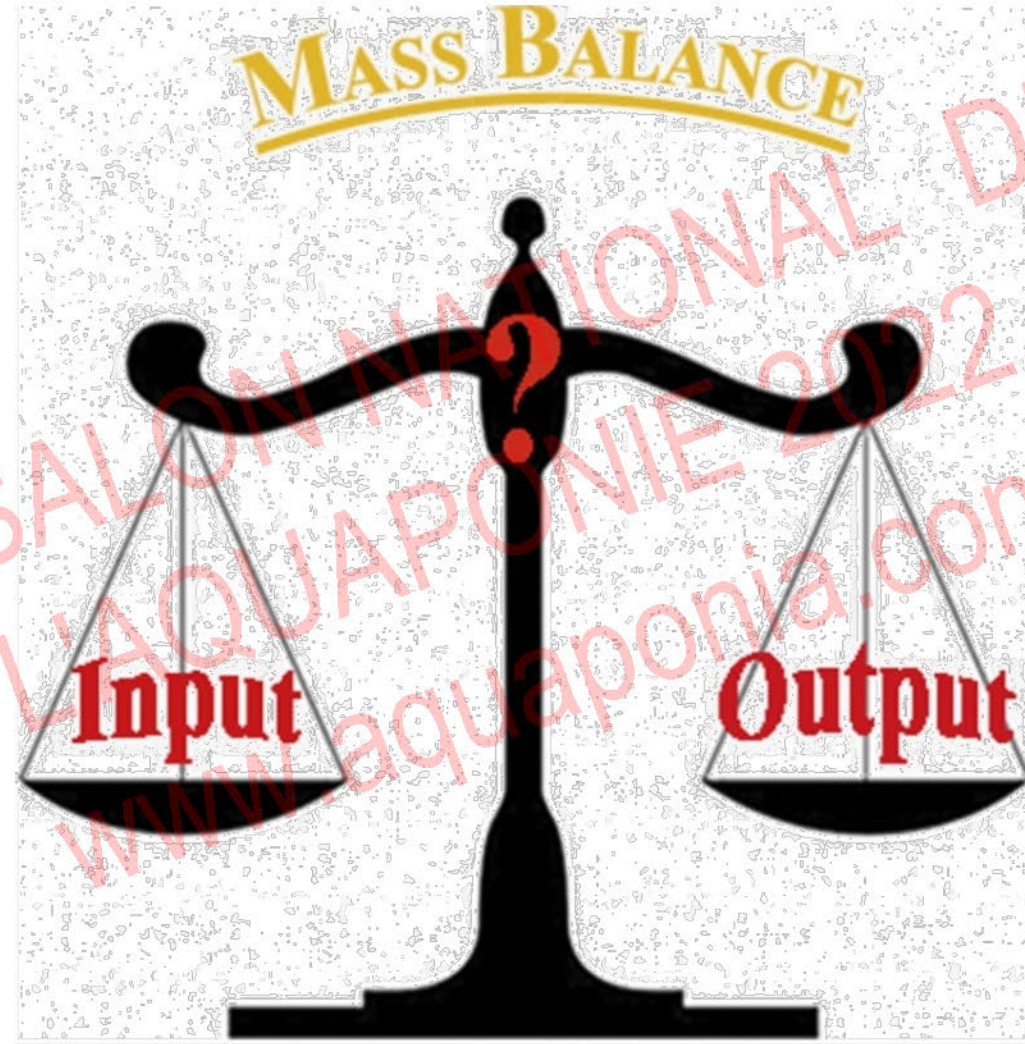
Quelle approche pour **modéliser** l'aquaponie?

Comment évaluer ce qui se passe dans le système, pour aboutir à des **éléments de dimensionnement** généralisables?





## Principe du bilan de matière



Le **bilan de masse** renseigne sur la répartition des nutriments dans les différents compartiments du système aquaponique

Evaluation des **quantités d'intrants** et d'extrants  
→ *Evaluation de la répartition des biomasses d'éléments (en g)*

Atomes d'intérêt azote (N), phosphore (P) et potassium (K)

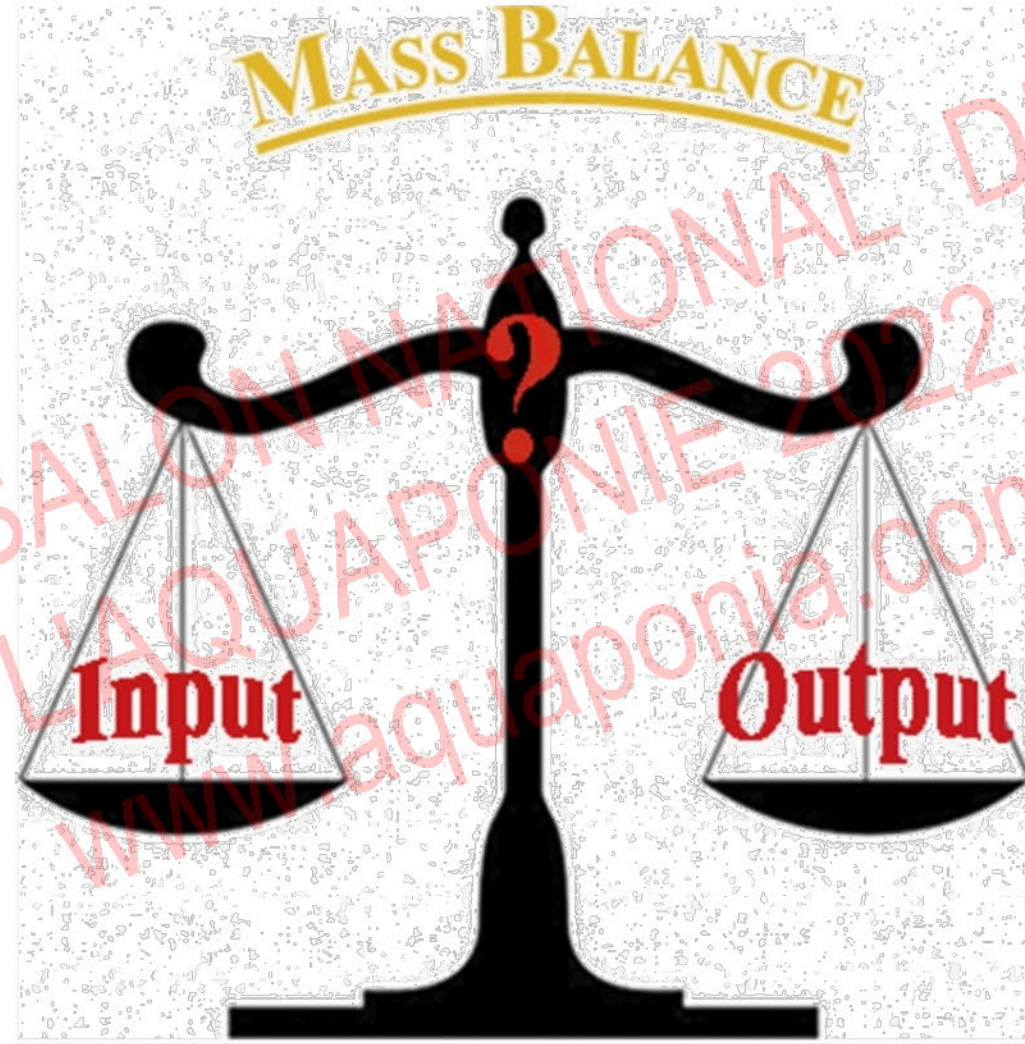




## Principe du bilan de matière

### INTRANTS

- Eau neuve
- Aliments piscicoles
- Stock d'eau initiale
- Tampon de pH

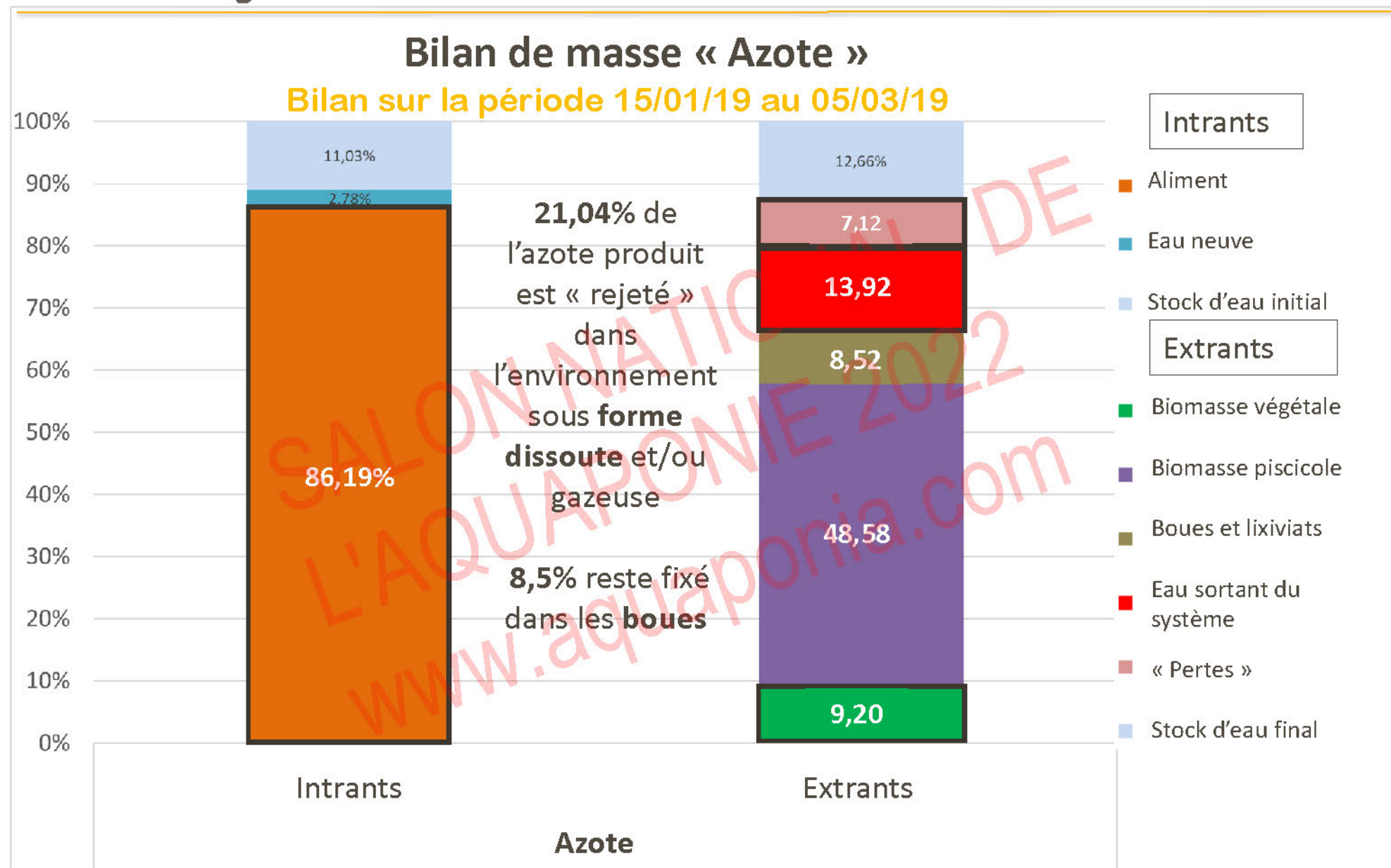
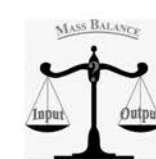


### EXTRANTS

- Biomasse de poisson produit
- Biomasse de plantes produite
- Boues
- Eau sortant du système
- Stock d'eau final
- Gaz ? ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$  diazote,  $\text{N}_2\text{O}$  protoxyde d'azote)



# Analyse des flux de nutriments – Bilan de matière





Permet de modéliser les rejets aquacoles sur la base de tests terrain, et de confronter la réalité aux modèles théoriques =  système dépendant



	Abattement mg.m <sup>-2</sup> /jour		
	N	P	K
"Iceberg" lettuce	249,4	20,9	263,7
"Feuille de Chêne" lettuce	285,2	36,72	348,2
Spinach	281,3	46,9	334,1
Lamb's lettuce	76,6	8,4	58,1

Approche bilan de masse effectuée sur quelques végétaux « modèles » (laitue, épinards...)

Permet d'obtenir des performances phyto-épuratoires (cf présentation bilan screening)

→ Multiplier les données via une approche rendement/composition

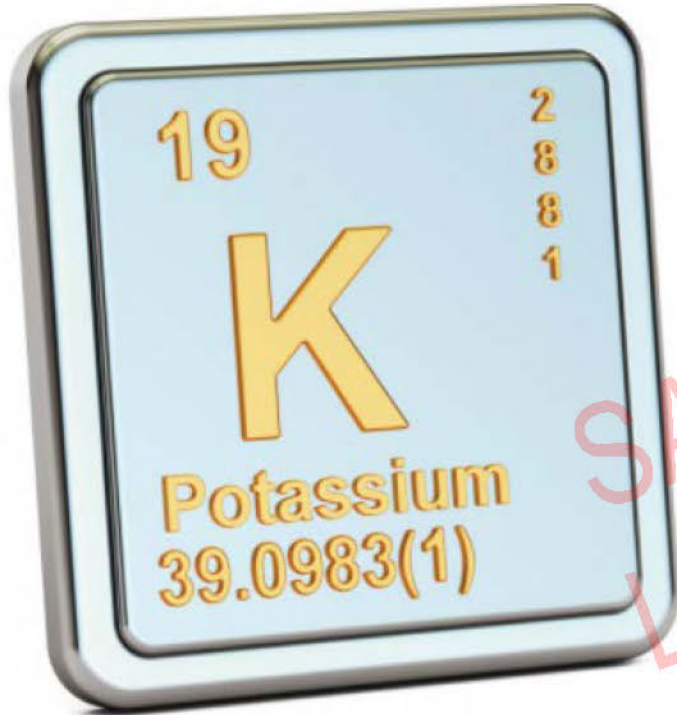


# L'aquaponie : bases de dimensionnement

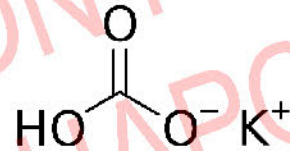


## La notion « d'élément limitant »

En aquaponie, le K est un élément toujours limitant par rapport à P et N



Présent en faibles quantités dans l'aliment pour poisson



En apporter en quantité adéquate multiplie par 6 à 8 la surface végétale cultivable ET induit que P devient le nouvel élément « limitant »

Ne pas en apporter implique une moins bonne phyto-épuration du N et P et donc une accumulation au cours du temps + des carences nutritionnelles sur les végétaux

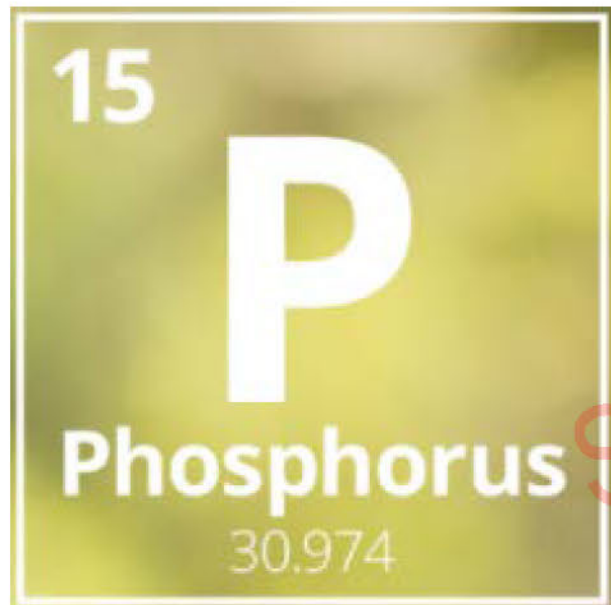


# L'aquaponie : bases de dimensionnement



## La notion « d'élément limitant »

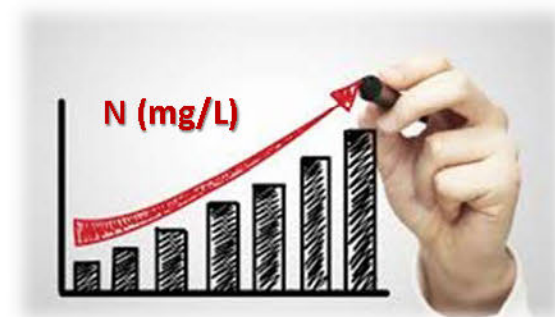
En aquaponie, le P est souvent limitant par rapport à N (quand % protéines aliment >35%)



**Ne pas en apporter** est le but en aquaponie (eutrophisation, ressource limitée)



**Ne pas en apporter** implique dans certains cas une moins bonne phyto-épuration du N et donc une accumulation de N au cours du temps  
→ Problématique en système « couplé » sans renouvellement en eau



**Piste d'étude clé:** minéralisation anaérobie des boues piscicoles  
= rendre disponible le P solide en P dissous

# L'aquaponie : bases de dimensionnement



## La notion « d'élément limitant »

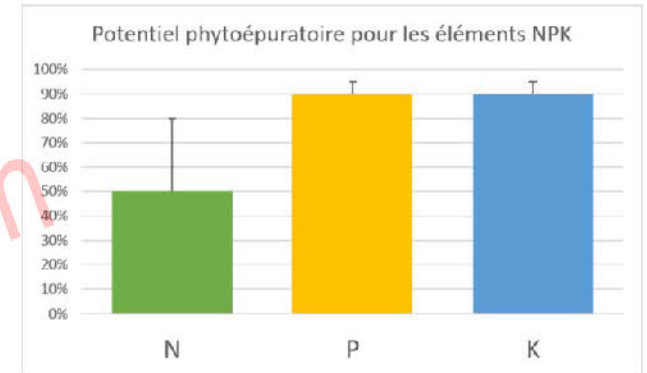
Le N est la plupart du temps en excès par rapport à P et K

Le N tend à s'accumuler en aquaponie, notamment pour de **espèces de haut niveau trophique**

→ **Nécessité de « diluer »**, d'où l'intérêt du système « **découplé** » pour l'aquaponie avec la truite ou autres espèces carnivores/demandeuses en protéines



**MAIS:** épurer  $\approx 90\%$  du phosphore, et  $\approx 50$  à  $70\%$  de l'azote via l'aquaponie est un objectif possible et très satisfaisant pour un élevage piscicole



L'élevage **d'espèce de faible niveau trophique** permet de limiter fortement l'accumulation de N dans le système et d'avoir un **ratio N/P plus proche des besoins des plantes**, ce qui rend intéressante l'idée du système « **couplé** » en circuit totalement fermé

→ *Quid de l'accumulation de  **fines particules**, et d'autres **molécules\*** d'origine alimentaire dans le système (As, Cu, Mn, Ni, Zn, Na, S)*

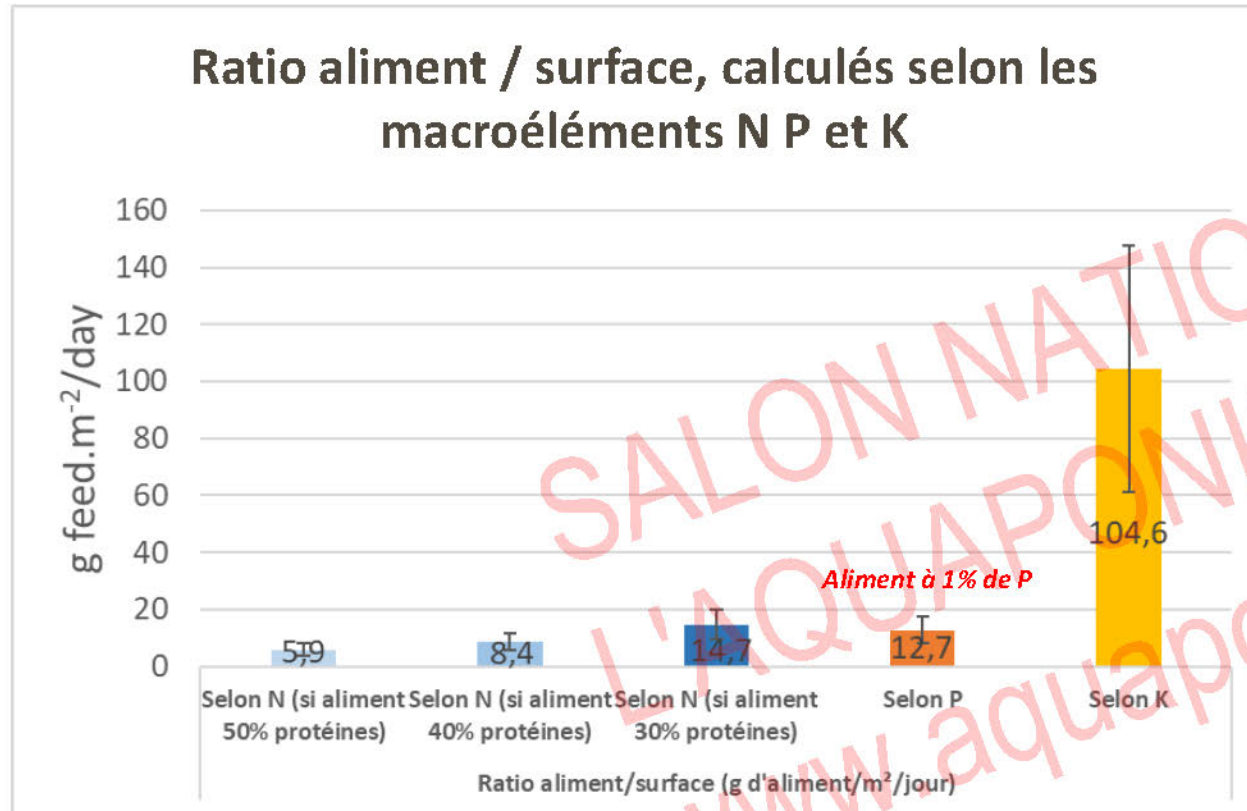


\*Martins, 2009 - The accumulation of substances in Recirculating Aquaculture Systems (RAS) affects embryonic and larval development in common carp *Cyprinus carpio*, June 2009 *Aquaculture* 291(1):65-73

# L'aquaponie : bases de dimensionnement



Mise à jour du ratio aliment/surface de Rakocy (60-100 g/m<sup>2</sup>/jour) pour la truite arc enciel



Plus le ratio est faible, plus on peut augmenter la surface de culture pour une quantité d'aliment donnée  
→ Dépend de l'espèce et de stade d'élevage, besoins différents en protéines et P

## Règle de base sur la conception aquaponique avec la truite arc-en-ciel:

Pour nourrir suffisamment les plantes ET éviter l'accumulation de composés N et P dans le système:

→ Viser un maximum de 15-20g d'aliment/m<sup>2</sup> de culture végétale/jour ET apporter des additifs potassiques



# L'aquaponie : bases de dimensionnement

La grandeur «  $m^3$  d'eau par kg d'aliment »

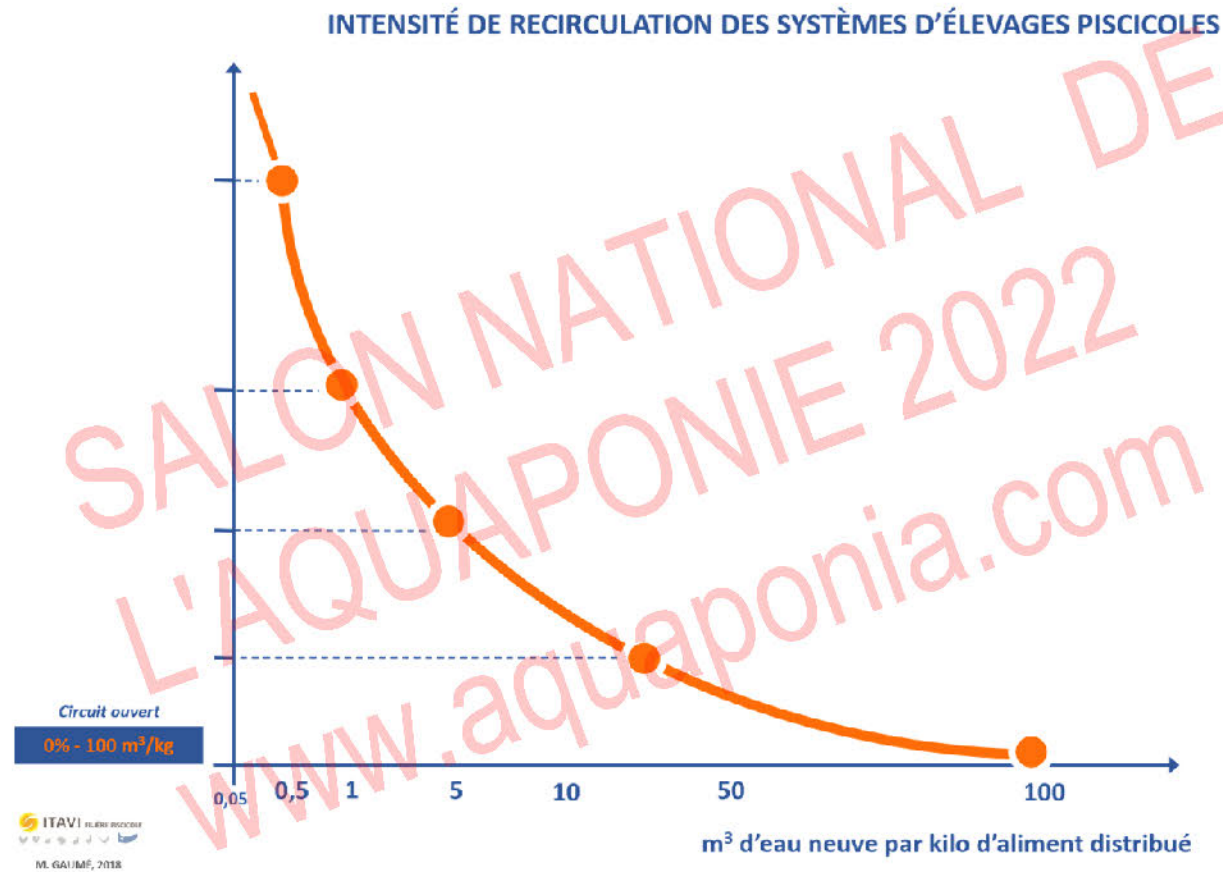
=

un repère pour la compréhension des systèmes d'élevages piscicoles

$$\text{« } m^3 \text{ d'eau par kg d'aliment »} = \frac{\text{Débit d'eau neuve (en } m^3/j)}{\text{Quantité d'aliment distribuée (par jour)}}$$

Plus la valeur est faible, plus le système est « fermé »,  
ou encore plus le « taux de recirculation » est important (en %)

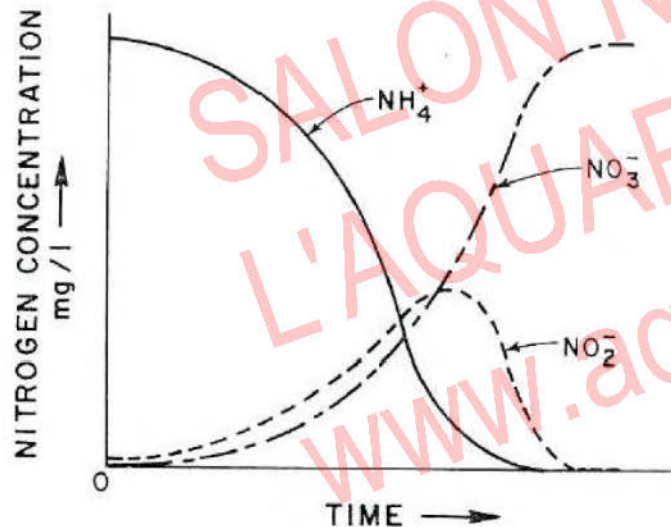
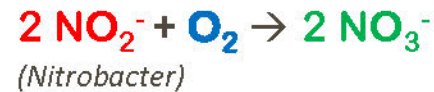
# L'aquaponie : bases de dimensionnement



# L'aquaponie : bases de dimensionnement

## « BIOLFITRATION » = le point crucial

### Nitrification bactérienne : équations



- acidification du milieu :  $\text{H}^+$
- consommation d' $\text{O}_2$
- intermédiaire toxique pour les poissons :  
les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )
- production de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

MISE EN PLACE D'UN FILTRE BIOLOGIQUE = 40 JOURS

# L'aquaponie : bases de dimensionnement

## La nitrification bactérienne : facteurs de variation

- **Température :**

- optimum 30 à 38°C
- ≠ optimum poissons

- **pH :**

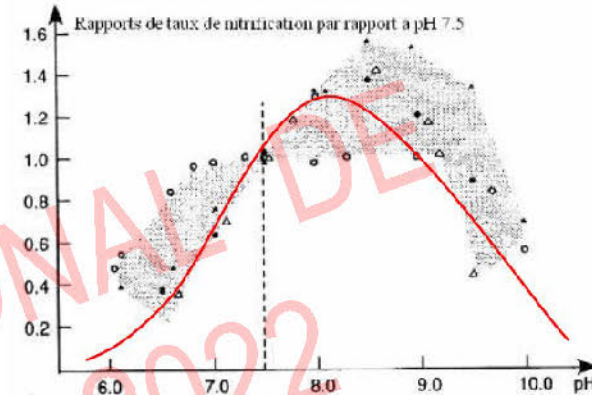
- optimum 7,5 à 8,2
- eaux acides = correction du pH (bicarbonate, chaux ?, soude ? ...)

- **Concentration en O<sub>2</sub> dissous (> 2 mg.l<sup>-1</sup>)**

- **Surface de fixation :**

- Caractéristique des supports utilisés m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
- Plus ce ratio est élevé, plus le volume du biofiltre diminue

- **Rapport C/N et matière organique : compétitions avec bactéries hétérotrophes**



# L'aquaponie : bases de dimensionnement

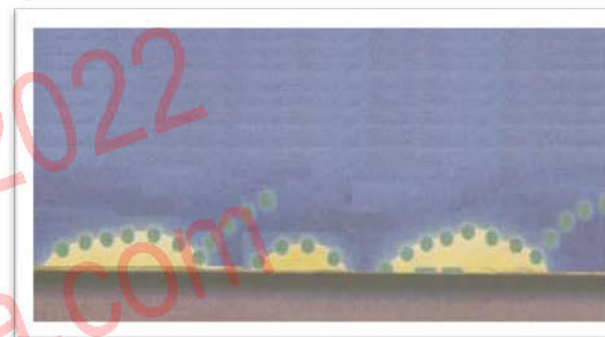
## Biofilm : la compétition bactérienne

Sur la surface offerte par les médias du biofiltre ...



... des bactéries autotrophes transforment l'ammoniaque ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) puis en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ...

Temps de génération : **1 à 2 semaines** ...



... **ET** des bactéries hétérotrophes transforment la matière organique en suspension.

Temps de génération : **quelques heures** !

# L'aquaponie : bases de dimensionnement

## Filtration mécanique des MES :

- **point central** du bon fonctionnement du biofiltre

**Objectif “zéro MES” en entrée du biofiltre !**



## Gestion des gaz :

### Oxygène $O_2$ :

- *Evaluation de TOUS les besoins : poissons + bactéries + plantes ...*
- **ATTENTION :  $[O_2 \text{ dissous dans l'eau}] = f(\text{température})$  !**

### Dioxyde de Carbone $CO_2$ :

- Ne pas sous estimer la production de  $CO_2$
- OBLIGATION de dégazage en recirculation
- Biofiltre sur lit fluidisé = filtration biologique + DEGAZAGE

# Conclusion

## Dimensionner un système aquaponique est complexe et doit prendre en compte de multiples facteurs

- ✓ Espèce de poisson, stade de croissance, performances zootechniques, qualité d'eau, et type d'aliment: **impacte les rejets de N et de P**
- ✓ Espèce végétale, stade de croissance, densité de culture: **impacte le potentiel phytoépuration**

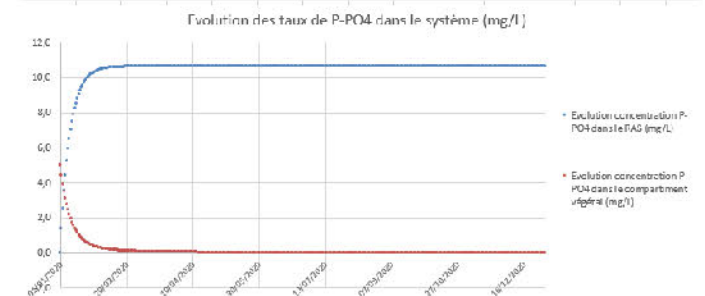
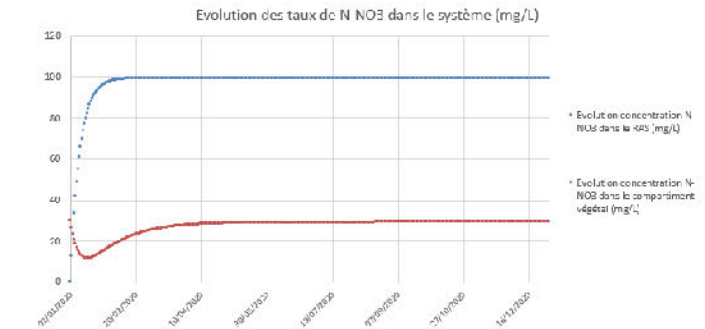


## Elaboration d'un modèle de dimensionnement

- ✓ Estimation **des rejets de N, P, boues**
- ✓ **Dimensionnement des organes du système** (filtration mécanique et biologique, aération/oxygénation, débit circulant, taux d'ouverture)
- ✓ Estimation des **surfaces végétales admissibles** selon la variété végétale ou en polyculture
  - ✓ Estimation du **potentiel phyto-épuration du système**

## Objectifs

- ✓ Mieux comprendre le **fonctionnement des systèmes aquaponiques**
  - ✓ Accompagner et **conseiller les porteurs de projets**





# Merci pour votre écoute

**Avez-vous des questions?**



Site internet du programme: <https://projetapiva.wordpress.com>

