



L'aquaponie

Bases théoriques et approches de dimensionnement

Pierre Foucard

ITAVI – Service Aquaculture

www.itavi.asso.fr



Partenaires techniques



INRAE



Financeurs



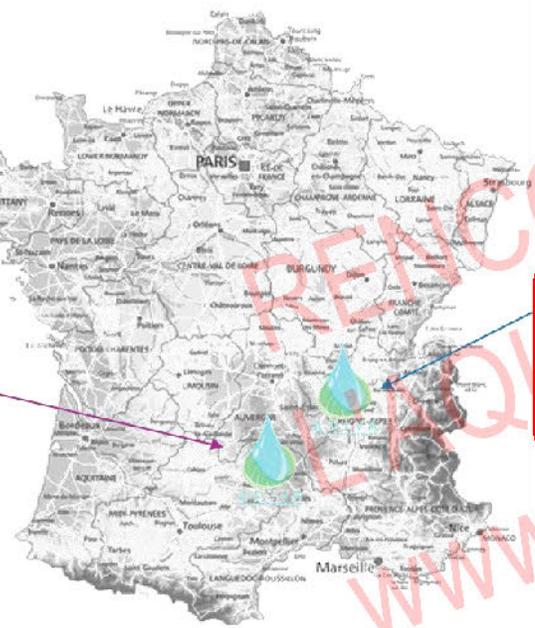
Contexte



Un projet de R&D français



3 structures pilotes supports des travaux



INRA
SCIENCE AGRICOLE
PEIMA, Sizun (29)



eplefpa
LOZÈRE
EPLEFPA de la Lozère,
La Canourgue (48)



ASTREDHOR
RHÔNE-ALPES-AUVERGNE
RATHO, Brindas (69)

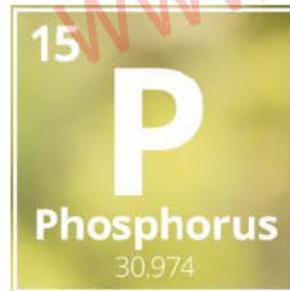
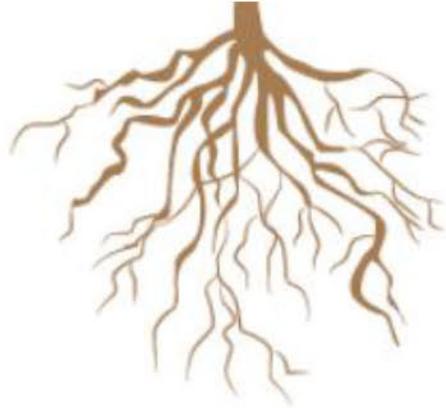


- 2014-2018: APIVA « Aquaponie Innovation végétale et aquaculture »
- 2018-2021: « Optimisation végétale et aquacole »





Le taux de nutriments



Aquaponie VS Hydroponie

- 2 à 5 fois moins de N
- 3 à 8 fois moins de P
- 10 à 20 fois moins de K (sauf si apports)
- Peu de microéléments (sauf si apports)
- Déséquilibres N/P
- Déséquilibres K/Mg
- Déséquilibres Ca/K
- Taux de Na supérieurs

Impact des taux de nutriments sur le rendement et la qualité des produits en aquaponie?



Qualité de la production : facteurs de variation

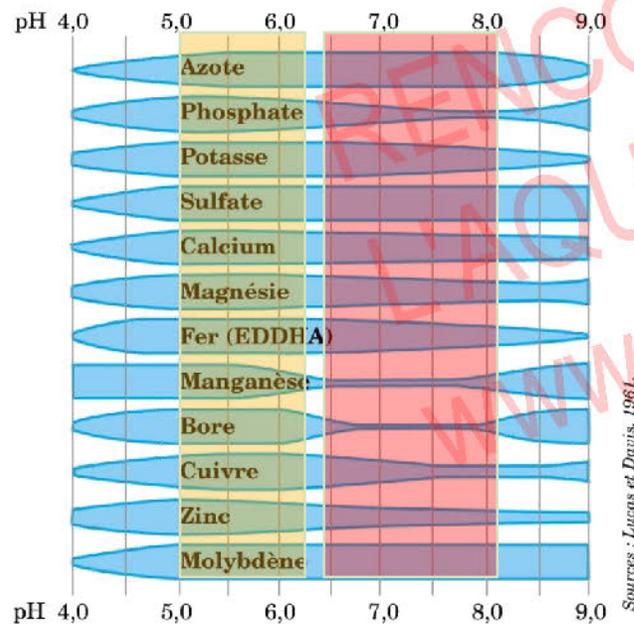


Le pH

Largeur de la bande = assimilabilité de l'élément

En hydroponie: préférence pH 5 à 6,5

En aquaponie: pH 6,5 à 8



Sources : Lucas et Davis, 1961.

Diagramme de Truog

Impact du pH sur le rendement et la qualité des produits en aquaponie?

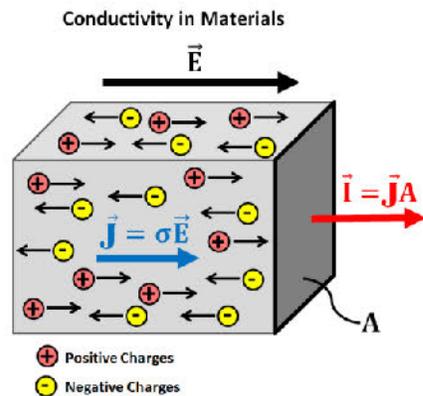




La conductivité

Exprimée en mS/cm

Elle traduit la concentration en ions minéraux dans l'eau



→ Notion de potentiel osmotique

EC trop forte? (>4 mS/cm)

Déshydratation de la plante

EC moyenne (2 à 3 mS/cm)

Optimal en hydroponie

EC trop faible? (<1,5 mS/cm)

Absorption d'eau en excès, production de moins de sucres

-> En aquaponie, 0,8 à 1,2 mS/cm

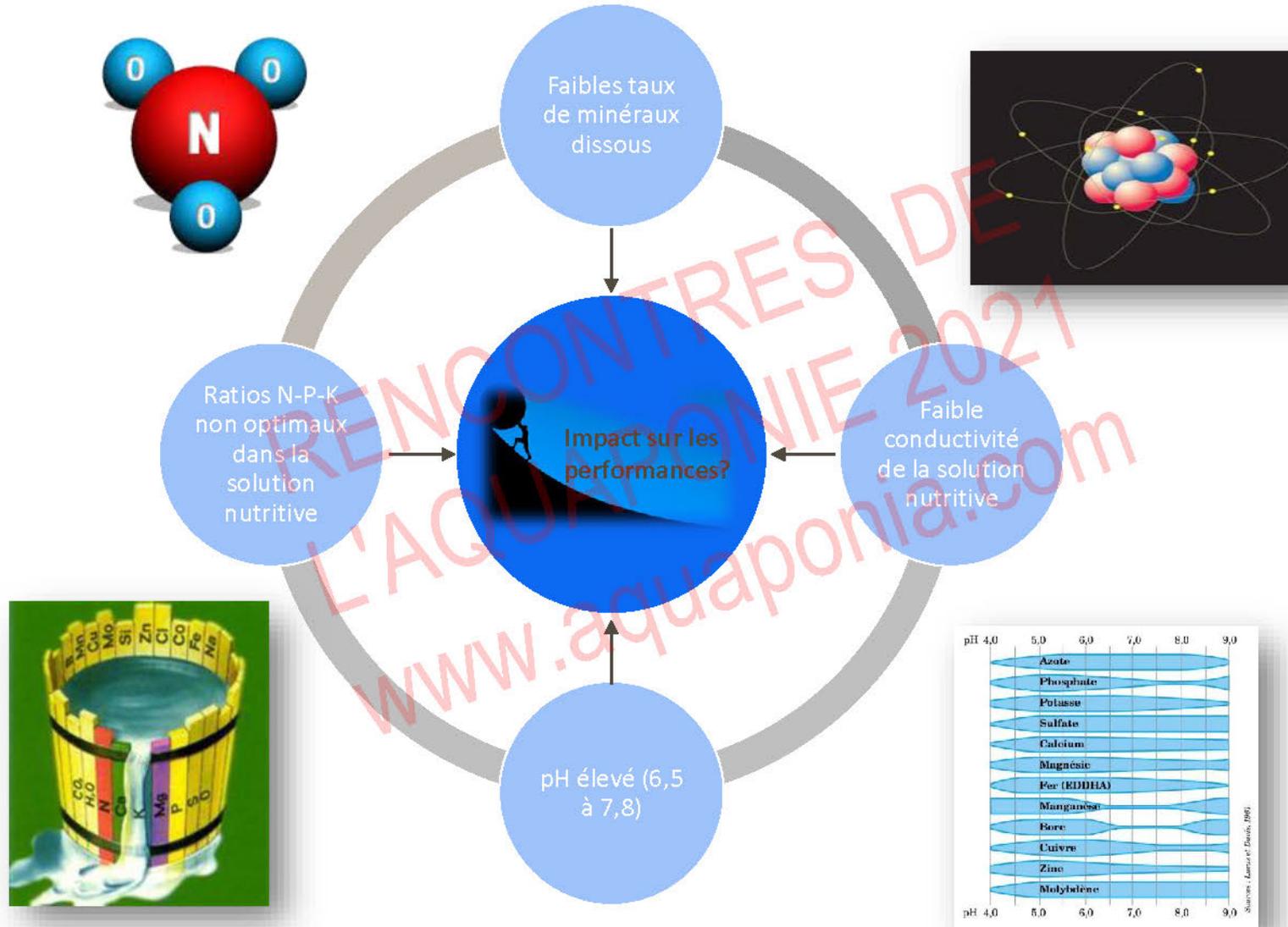
Impact de la conductivité sur le rendement et la qualité des produits en aquaponie?



Qualité de la production : facteurs de variation



D'après le paradigme « hydroponie », l'aquaponie n'a rien pour réussir...



Qualité de la production : facteurs de variation



... et pourtant!



Facteur d'importance: le microbiote



Analyse des flux de nutriments – Bilan de matière



L'aquaponie est une boîte noire

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

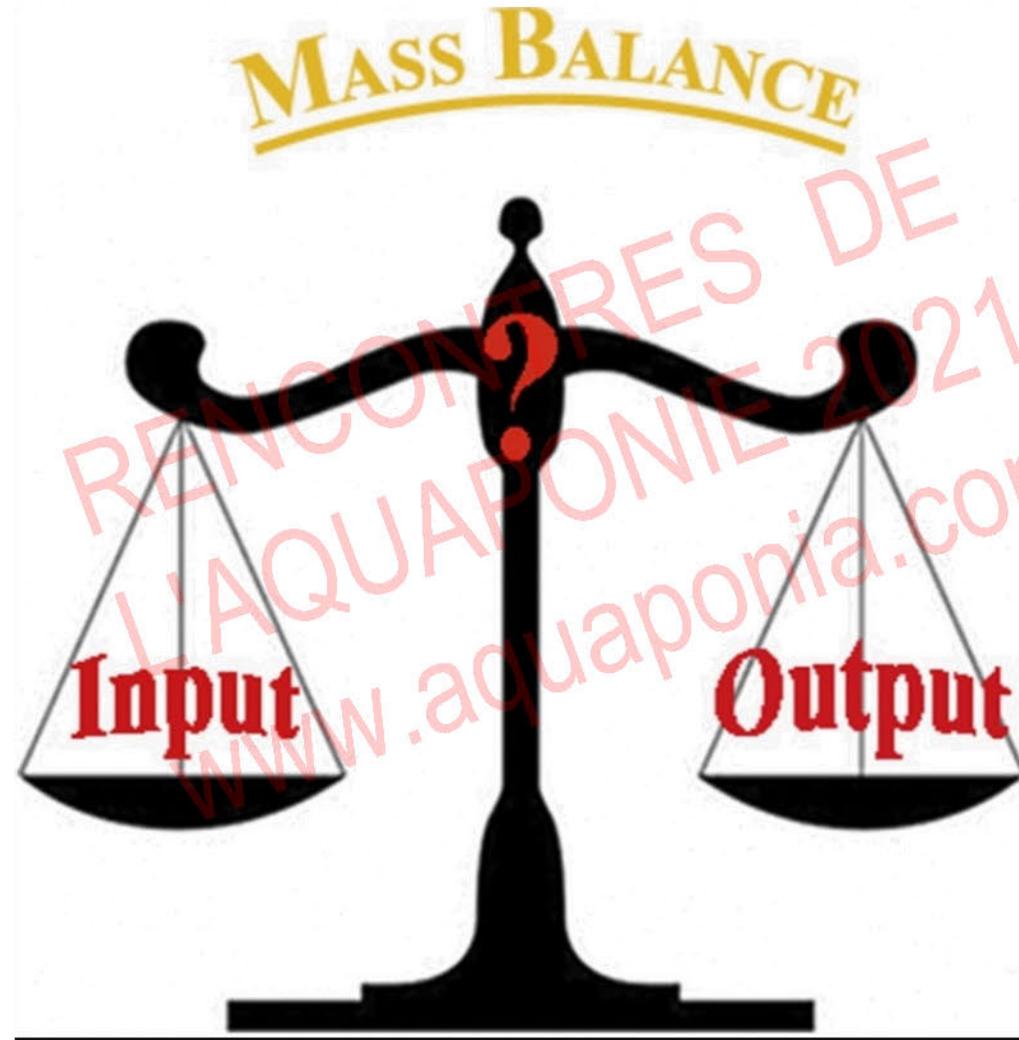


Quelle approche pour **modéliser** l'aquaponie?



Principe du bilan de matière

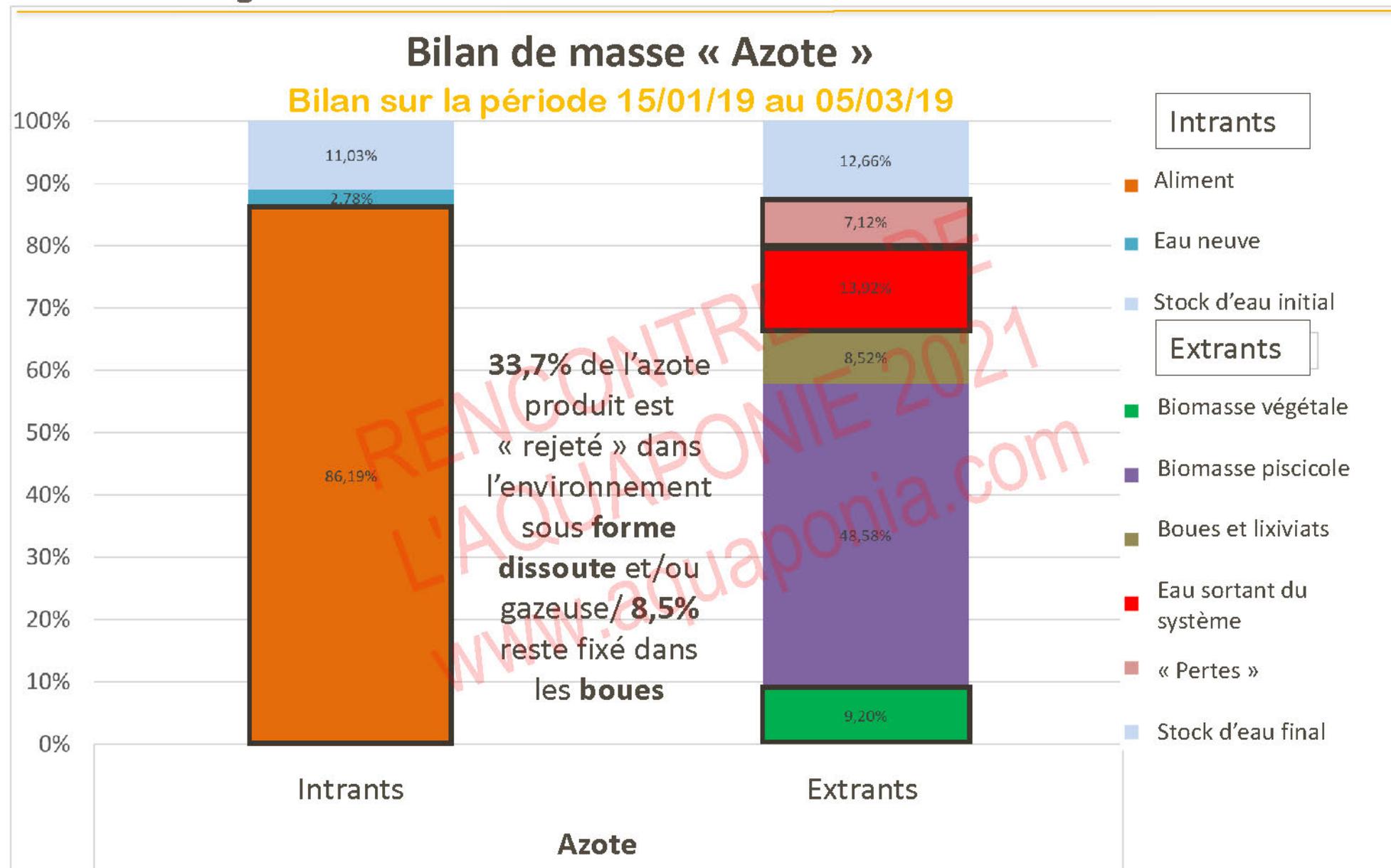
Le **bilan de masse** renseigne sur la répartition des nutriments dans les différents compartiments du système aquacole



Evaluation des **quantités d'intrants** et d'extrants (en L ou en kg) et des **concentrations** en éléments recherchés (en g/l ou en g/kg)

→ *Evaluation de la répartition des biomasses d'éléments (en g)*

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 ⁻² /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

→ Multiplier les données via une approche rendement/composition (screening végétal)

« Screening » végétal

Acquisition de données de rendement, durées de cycle de production, composition N-P-K



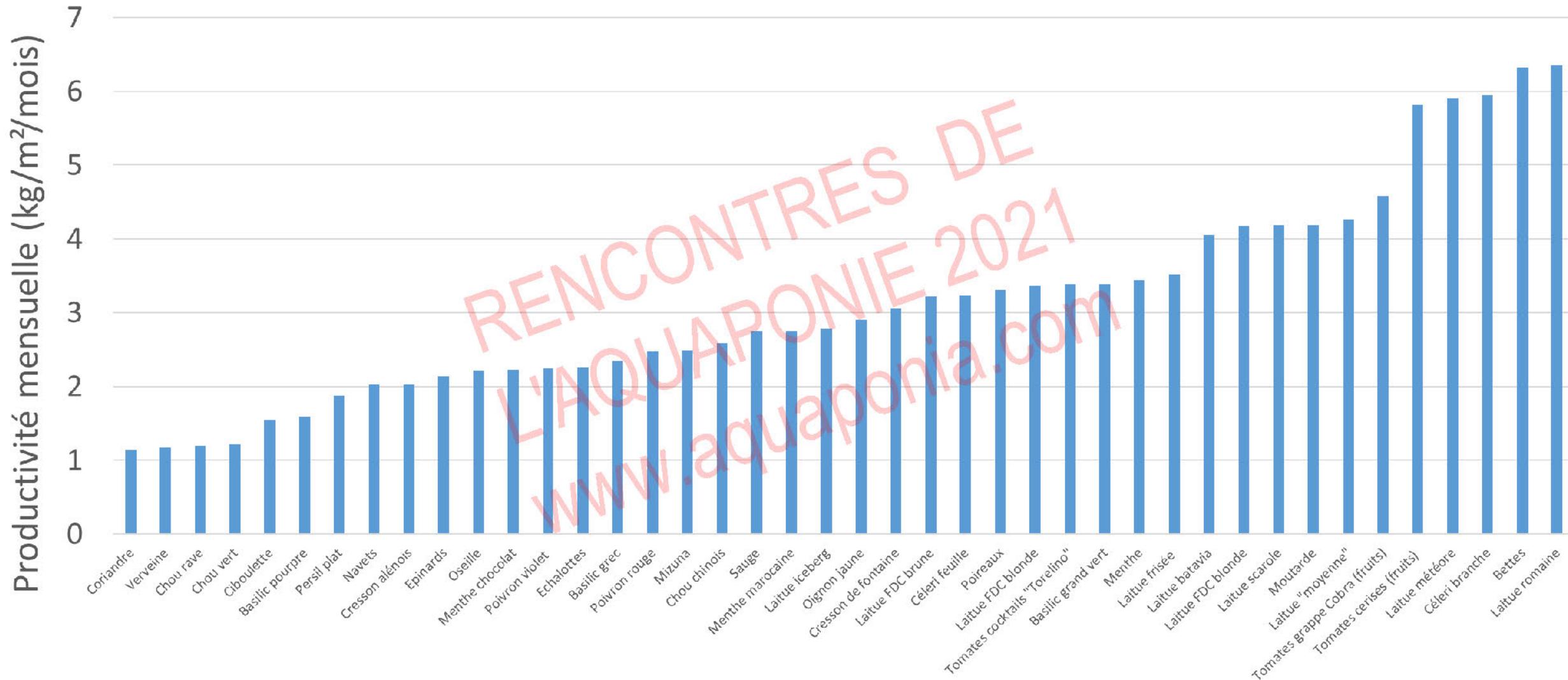
« Screening » végétal

Acquisition de données de rendement, durées de cycle de production, composition N-P-K



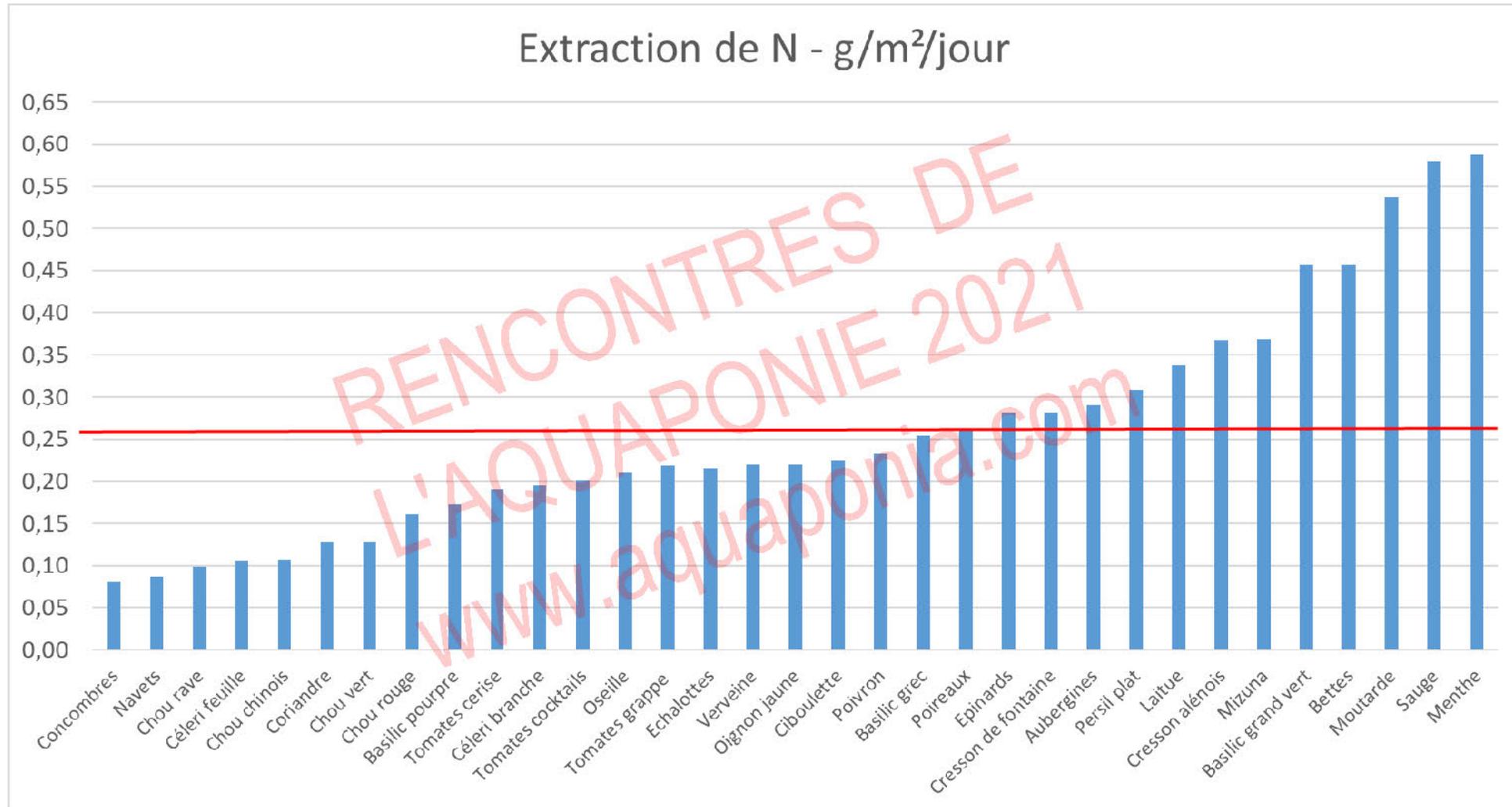
« Screening » végétal

Acquisition de données de rendement



« Screening » végétal

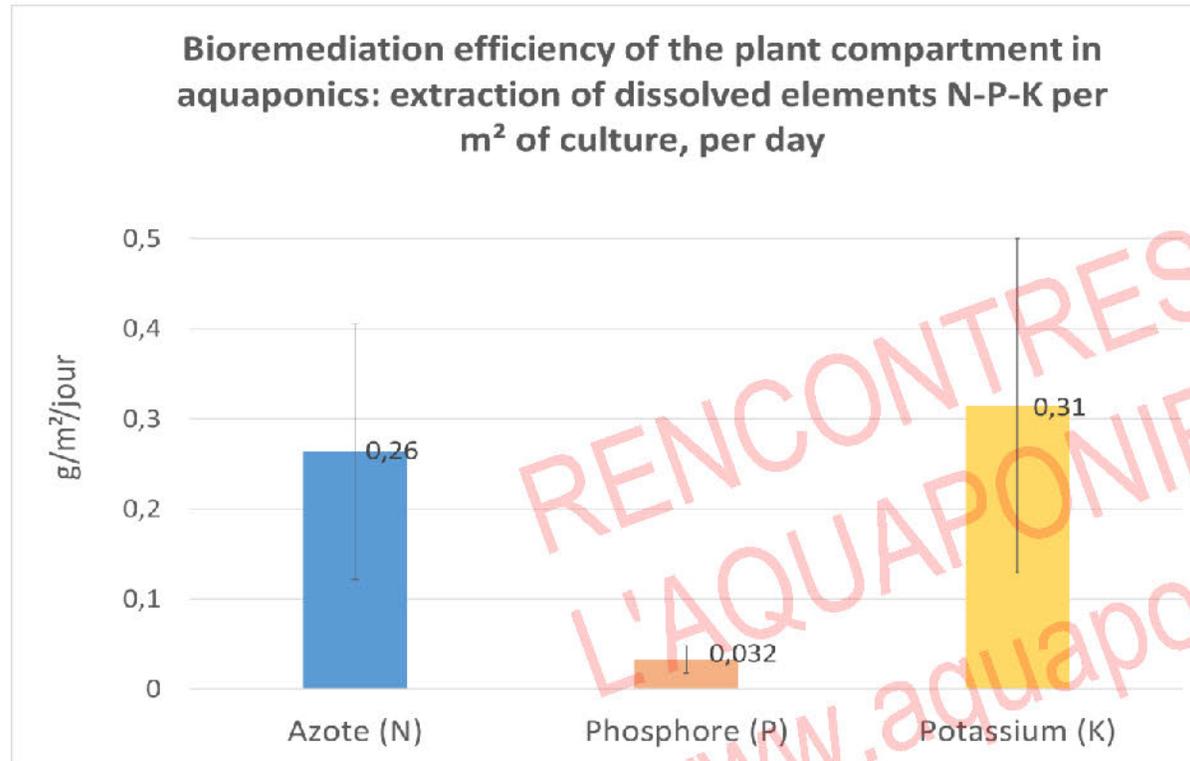
Acquisition de données de potentiel phytoépuratoire



« Screening » végétal



Acquisition de données de potentiel phytoépurationnaire



Pour une densité de plantation aquaponique « habituelle »

- ✓ 32 plants/m² pour les aromatiques, épinards, céleri, bulbes...
- ✓ 16 plants/m² pour salades, blettes...
- ✓ 8 plants/m² pour la plupart des choux « gros »
- ✓ 4 plants/m² pour poivrons et tomates

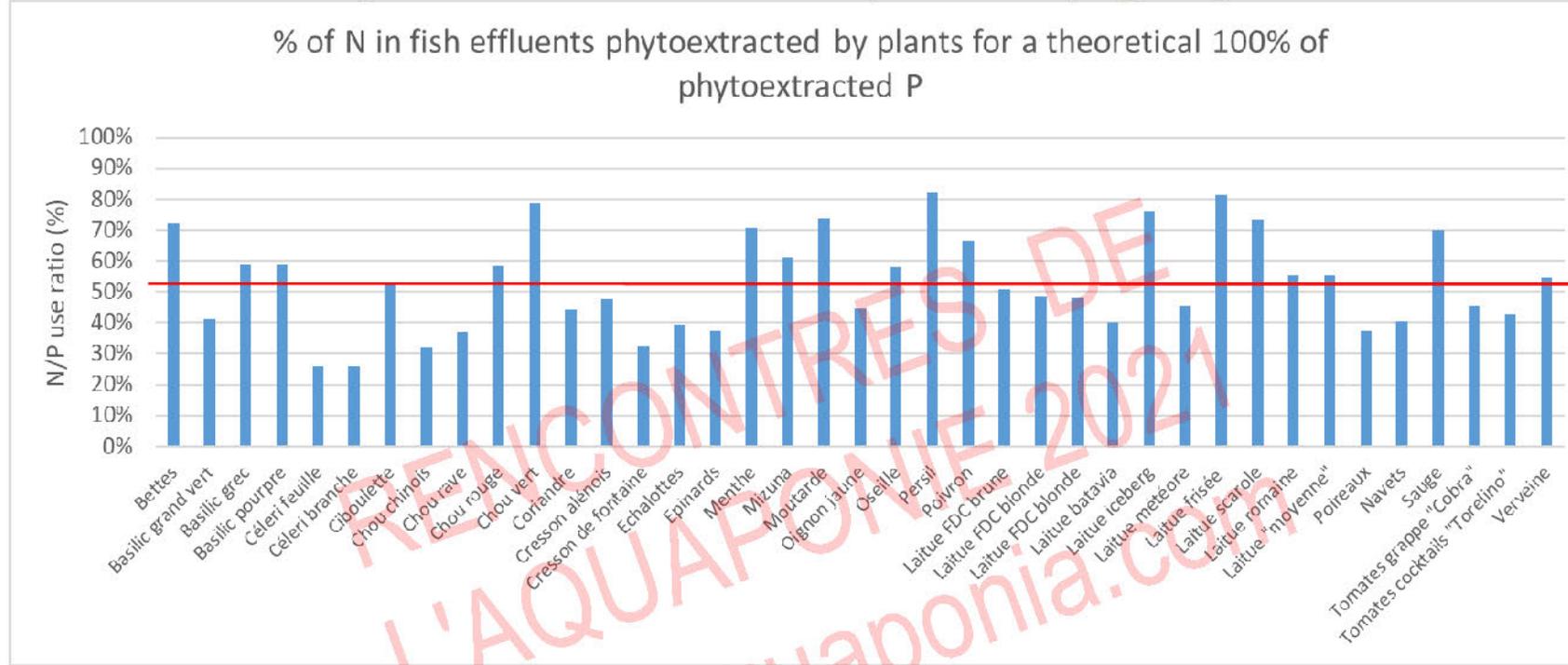


En comparaison avec les filtres à roseaux ou miscanthus :
Aquaponie ≈ 2 à 3 fois moins efficace pour la bioremédiation du N
Aquaponie ≈ 3 à 4 fois moins efficace pour la bioremédiation du P

« Screening » végétal



Acquisition de données de potentiel phytoépurationnaire



Application du modèle « INRA Papatryphon » avec aliment 40% protéines et 0,9% phosphore

Utilisation des données de phytoépuration acquise via le screening végétal

→ En moyenne un ratio estimé à **53% de N** produit par les poissons consommé par les plantes, pour 100% du P consommé « théorique »

→ **P est un élément limitant pour le dimensionnement de systèmes aquaponiques**

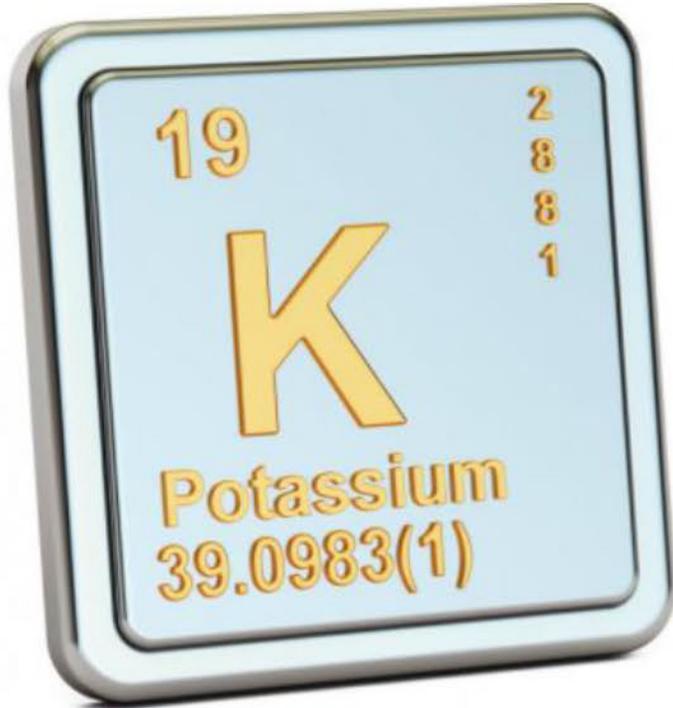


L'aquaponie : bases de dimensionnement

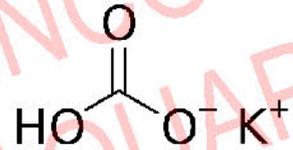


La notion « d'élément limitant »

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

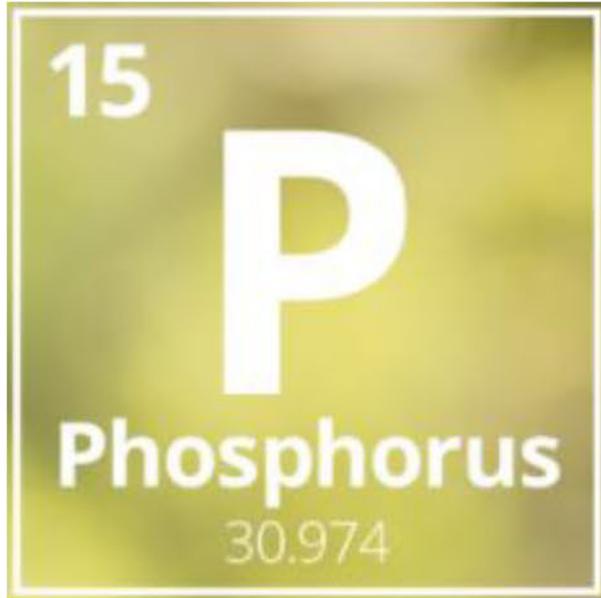


L'aquaponie : bases de dimensionnement



La notion « d'élément limitant »

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

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



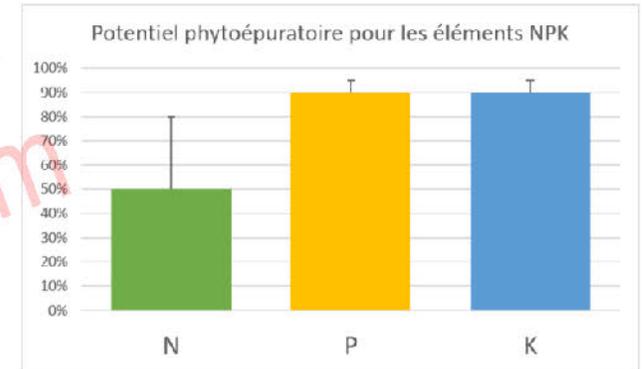
Le N tend à s'accumuler en aquaponie, notamment pour de espèces de haut niveau trophique



→ 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 ≈ 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 fermée

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



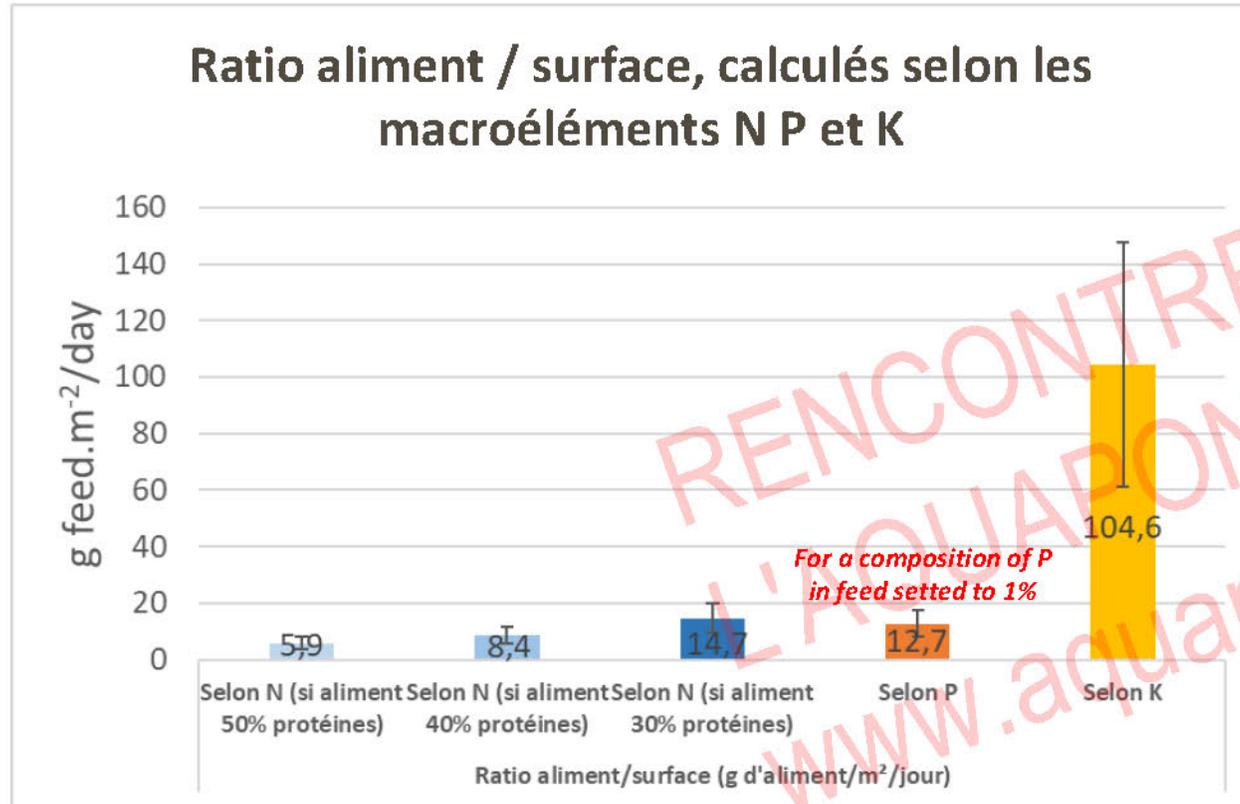
*Martins, 2009 - The accumulation of substances in Recirculating Aquaculture Systems (RAS) affects embryonic and larval development in common carp *Cyprinus carpio*, June 2009 *Aquaculture* 291(1):65-73



L'aquaponie : bases de dimensionnement



Mise à jour du ratio aliment/surface de Rakocy (60-100 g/m²/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/m² de culture végétale/jour ET apporter des additifs potassiques



Conclusion

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

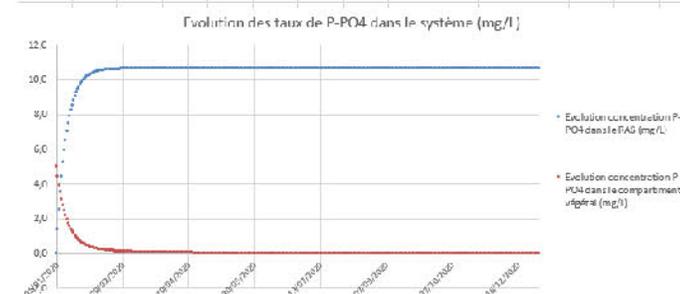
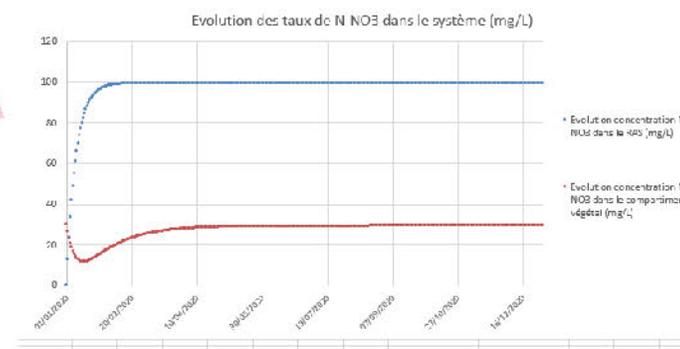
- ✓ Espèce végétale, stade de croissance, densité de culture: **impacte potentiel phytoépuration**
- ✓ Espèce de poisson, stade de croissance, performances zootechniques, qualité d'eau, et type d'aliment: **impacte les rejets de N et de P**

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**

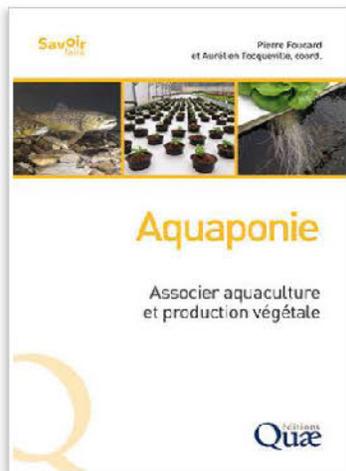


ITAVI Service Aquaculture
28 rampe Bouvreuil
76000 ROUEN

Merci pour votre écoute

Avez-vous des questions?

Pierre FOUCARD
Tel : 06 61 64 39 82
foucard@itavi.asso.fr
www.itavi.asso.fr



Idée de cadeau de Noël



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

