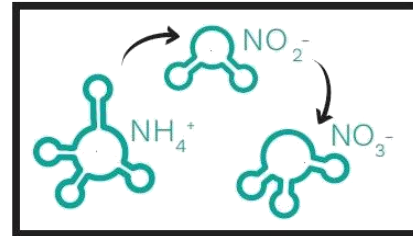


Les fondamentaux de l'aquaponie



« Acteurs » et mécanismes de l'aquaponie

Filtration biologique



Eau riche en azote ammoniacal + autres éléments + matière organique fine

Eau riche en nitrates, orthophosphates et autres nutriments assimilables par les plantes

2 - Nitrification + minéralisation particules organiques fines

3 - Phyto-épuration

1 - Filtration mécanique

6 (Optionnel) - Minéralisation / compostage des boues

Aquaculture en circuit recirculé

Eau riche en matière organique et dissoute (fèces)

LE CYCLE DE L'AQUAPONIE

Culture hors sol

Intrants:
-Fer chélaté si besoin
-Autres apports en fonction de la qualité de l'eau neuve (Mg, B, Zn, Mo)

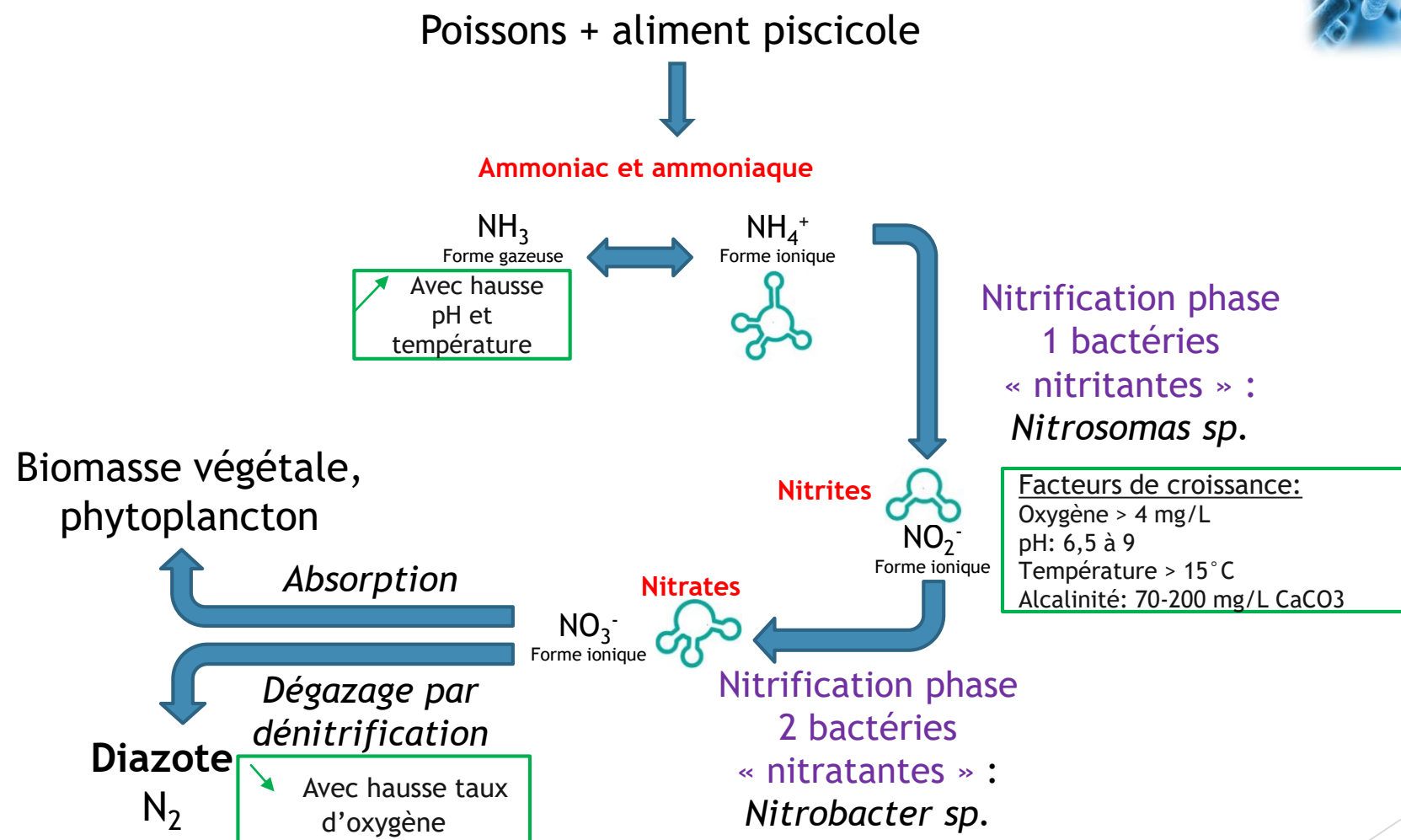
Recirculation d'une eau appauvrie en nutriments

4 - Traitement UV
5 - Aération / Oxygénation

Intrants:

- 1) Aliment aquacole
- 2) Produit tampon de pH
- 3) Eau neuve (2 à 10% vol/jour)

Le cycle de l'azote en aquaponie



Aquaponie: les pour et les contre

Avantages



Inconvénients

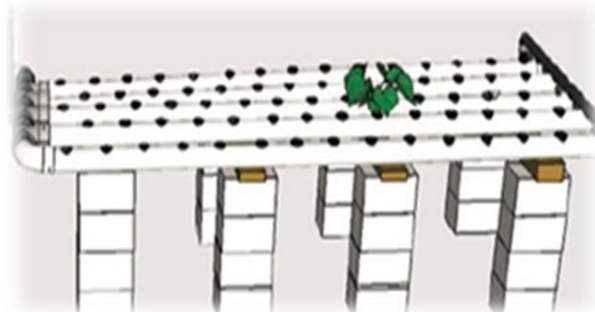
Co-production poissons / plantes
Double valorisation de l'aliment aquacole
Epuration des effluents d'élevage
Economie en eau

Culture hors sol avec rendement végétal élevé
Adaptabilité aux zones urbaines et périurbaines et au commerce de proximité
Intégration dans une démarche d'économie circulaire

Complexité accrue
Absence de modèles de dimensionnement technico économique fiable et généralisable
Equilibre physico chimique fragile
Investissements et coûts de production importants
Nécessité de sélectionner des espèces de poissons et de végétaux à forte valeur ajoutée + marchés de niche
Pas de labellisation « bio » ou spécifique
Défi phyto-sanitaire

Méthodes de culture adaptées à l'aquaponie

Les « grands classiques »



Rafts avec pot
panier et substrat



NFT avec pot
panier et substrat



Ebb & Flow sur
gravier

Méthodes de culture adaptées à l'aquaponie

Autres méthodes possibles



**Goutte à goutte sur
pain de culture
(tourbe, coco...)**
→Spécifique pour
certaines plantes



**Tours verticales sans
substrat organique**
→Occupation de l'espace vertical
→Gain en productivité?



**Tables à marées horticoles
et plantes en pots**
→Adapté de l'horticulture
→Rendement plus faible, mais
saveur des produits ++

Quelles espèces puis-je élever?

Les poissons



Oncorhynchus mykiss



Sander lucioperca



Perca fluviatilis



Salmo trutta



Astacus astacus



Ornementaux



Acipenser baerii



Carpe commune



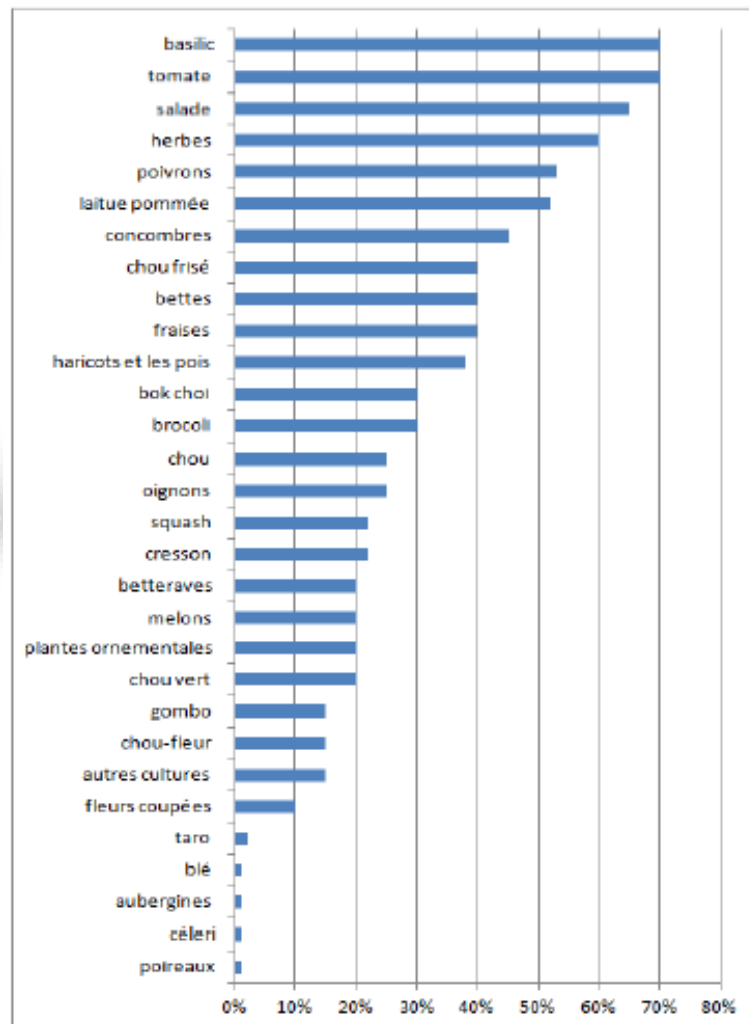
Silurus glanis

Non
exhaustif!

- **Contraintes réglementaires:** autorisation, agrément zoosanitaire, espèces invasives, espèces non représentées...
- **Contraintes zootechniques:** connaissances de l'espèce, besoin de compétences spécifiques, sensibilités spécifiques
- **Contraintes économiques:** toutes les espèces ne sont pas rentables en circuit fermé
- **Contraintes de marché:** offre/demande
- **Contraintes d'approvisionnement:** fourniture d'alevins, aliment commercial

Quelles espèces puis-je cultiver?

Les végétaux

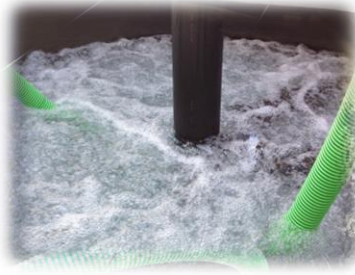
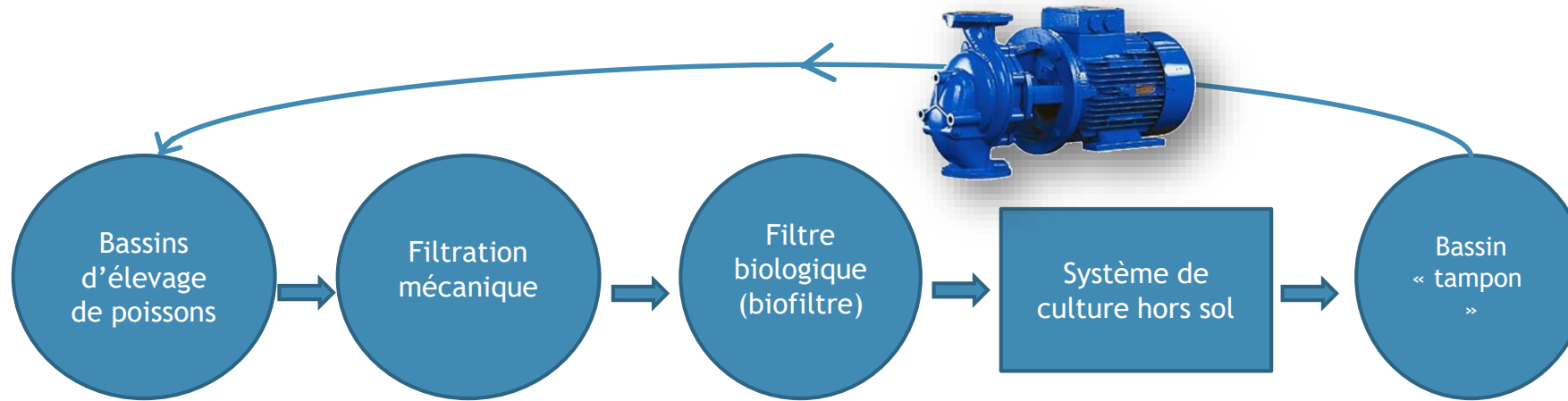


Végétaux les plus fréquemment cultivés en aquaponie, d'après une enquête de Love et al, 2014

Colloque « Aquaponie » - APIVA N°3: 18 et 19 décembre, Paris

Configuration des systèmes aquaponiques

Le système couplé

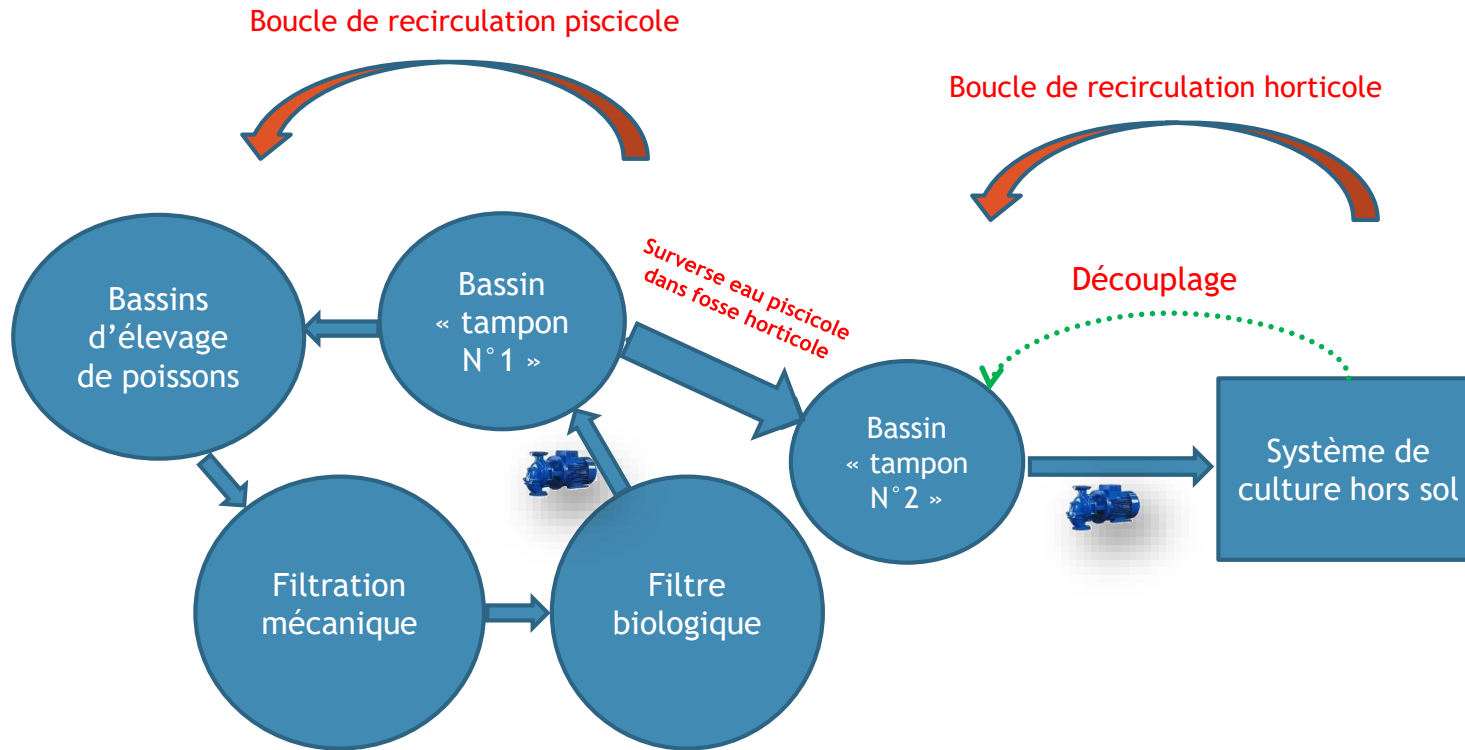


Limites du système classique?

- Dépendance totale des deux compartiments poissons/plantes
- Risques importants à grande échelle!

Configuration des systèmes aquaponiques

Le système découplé



Intérêt du système découplé?

- Sécurité, flexibilité, possibilité de rendre les compartiments indépendants temporairement ou de manière permanente
- Possible d'agir sur le pH du compartiment végétal

Problématiques techniques

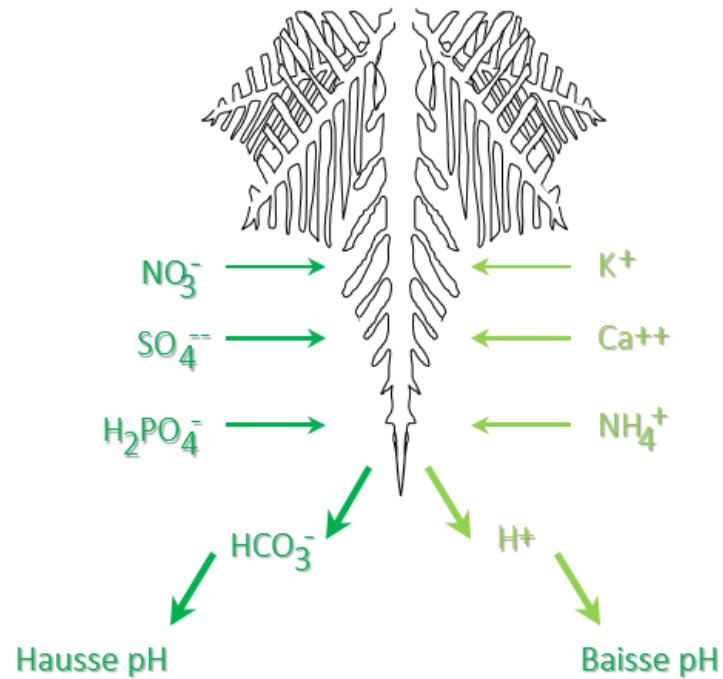
L'aquaponie, une histoire de compromis

Paramètre	Pisciculture	Culture hors - sol	Filtre biologique	Aquaponie
Température	[10 à 30]°C	[10 à 30]°C	[15 à 30]°C	Compromis selon les espèces
Taux d'oxygène	>7 mg/L poissons d'eau froide	>4 mg/L	>3 mg/L	Dimensionnement précis, primordial pour oxygéner les trois compartiments
	>4 mg/L poissons d'eau chaude			
pH	[6,5-8,5]	[5-6,5]	[7,5-9]	Compromis [6,5-7,5] ?

Problématiques techniques

Les plantes et le pH

Source: S. Le Quillec, CTIFL



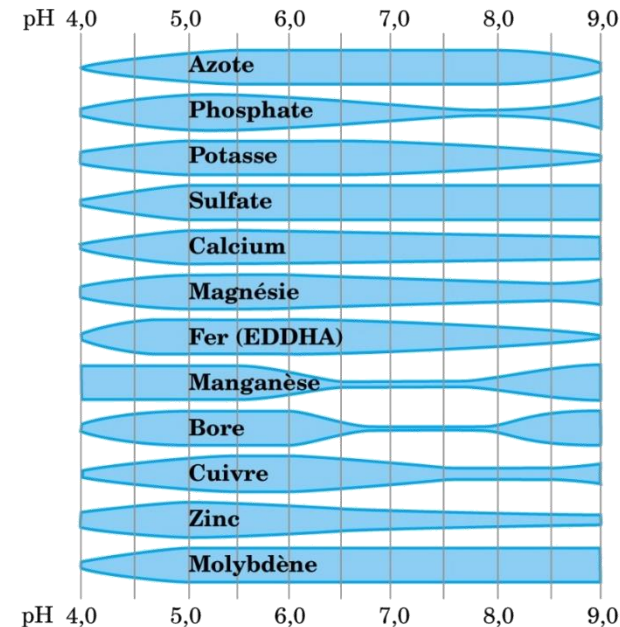
Stade de croissance

- Forte consommation de NO_3^-
- Tendance à la hausse de pH

Stade de production

- Forte consommation de K^+
- Tendance à la baisse de pH

Diagramme de Truog



Sources : Lucas et Davis, 1961.

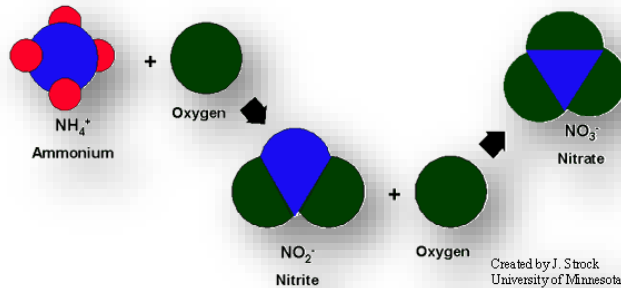
Largeur de la bande = assimilabilité de l'élément

- En hydroponie: préférence pH 5 à 6,5
- En aquaponie, les plantes poussent très bien même entre pH 7 et 8, et ce même avec apport de fer moins disponible que EDDHA... autre paradigme?

Problématiques techniques

La nitrification et l'évolution du pH

Nitrification



- Consommation alcalinité (carbonates) par les bactéries
- Baisse du pH, danger pour le filtre biologique
- Objectif théorique: $6,5 < \text{pH du système} < 7,2$
- Besoin de fournir alcalinité au système

Deux possibilités de gestion du pH:

- Ratio eau neuve/quantité d'aliment précis
- Apport de produits tampons de pH (bicarbonate de K, carbonate de Ca)

Dépend de la dureté de l'eau neuve!



Problématiques techniques

Les besoins minéraux des plantes

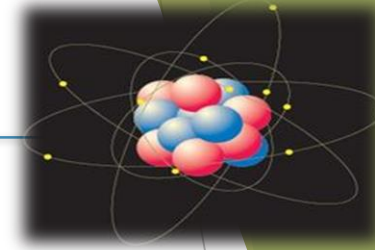
Fraction dissoute des effluents = Déchets métaboliques liquides des poissons +
Minéralisation des matières organiques fines = Minéraux disponibles pour les plantes

	Element chimique	Symbole chimique	Intervalle de concentration souhaitée (mg/L) *	Forme dissoute assimilable par les plantes
Macronutriments	Azote	N	100 à 200	NO_3^- , NH_4^+ (plus de 95% en forme NO_3^- de préférence)
	Phosphore	P	30 à 80	PO_4^{3-}
	Potassium	K	100 à 200	K^+
	Calcium	Ca	200 à 300	Ca^{2+}
	Magnésium	Mg	30 à 80	Mg^{2+}
	Soufre	S	70 à 150	SO_4^{2-}
Micronutriments	Bore	B	0,03	B(OH)_4^-
	Cuivre	Cu	0,01 à 0,1	Cu^{2+}
	Fer	Fe	2 à 12	Fe^{2+} , Fe^{3+}
	Manganèse	Mn	0,5 à 2	Mn^{2+}
	Molybdène	Mo	0,05	MoO_4^{2-}
	Zinc	Zn	0,05 à 0,5	Zn^{2+}

Composition classique de solutions nutritives en hydroponie (Jones, 2005)

- Référentiel « hydroponie »
- Solutions nutritives « aquaponie » non équilibrées ni optimisées
- Nutriment déficient = facteur limitant
 - Apports complémentaires souvent nécessaires: Fe, K
- Aquaponie découplée préférable à grande échelle





Maximum atteint dans nos pilotes avec un ratio eau neuve/quantité d'aliment défini :
1,2 mS/cm en rythme de croisière

→Adéquat pour des légumes feuilles

→Faible pour des fruits et légumes plus complexes

Conductivité de l'eau ou du substrat (µS/cm)	Coloration	Fermeté	Conservation	Production
2000	++	++	+	++
4000	+++	+++	+++	+

Conductivité adéquate pour la tomate et impact sur paramètres culturaux
 Source: CTIFL, S. Le Quillec



Impact sur l'aspect nutritionnel?



Problématiques techniques

Solutions nutritives aquaponiques

	Espèce piscicole	Taux de fermeture du RAS	Rapport aliment / surface végétale	pH	EC	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	
	/	L d'eau / kg d'aliment	g d'aliment / m ² de culture / jour	/	mS/cm	mg/L							µg/L						
Aquaponie	Carpe commune	215	400	6,8 - 7,3	0,8 - 1,2	93,0	9,6	89 *	123,0	9,2	28,0	27,0	20,0	10,0	10,0	70,0	1,0	47,0	ITAVI, 2016
	Truite arc en ciel	500	90	7,5 - 8,2	0,6 - 0,8	35,0	5,5	5,9	128,0	8,2	21,0	24,0	10,0	10,0	10,0	70,0	1,0	42,0	ITAVI, 2017
	Esturgeon	300	65	6,8 - 7,5	0,7 - 0,9	65	17	55 *	103	15,3	23	39,8	2000,0 *	140,0 *	65,0 *	455,0 *	109,0 *	153,0 *	ITAVI, 2018
	Truite arc en ciel	10000	120	7	0,14	5,00	0,45	1,7	8,4	2,1	2,6	16,0	71,0	11,0	1,0	6,7	<1	9,0	INRA PEIMA, 2016
Hydroponie				5 - 6,2	1,5 - 3	100 - 200	30 - 60	100 - 200	150 - 300	35 - 60	50 - 330	<20	3000 - 10000	500 - 3000	20 - 400	500 - 1000	10 - 200	100 - 500	Osvalde, 2011 ; Trejo-Téllez et al, 2012 ; Jones, 2014

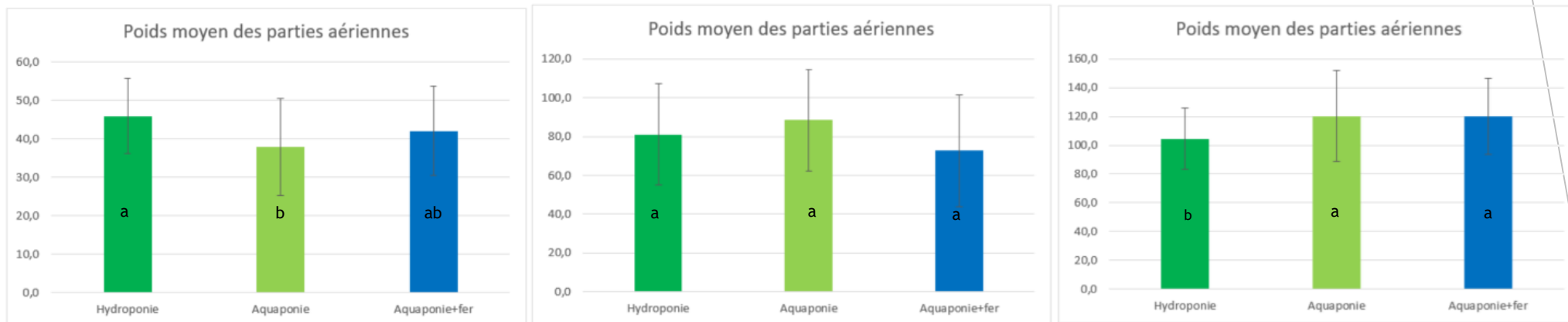
- Très peu de microéléments (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B) → Risques de carences
- Autonomie en N, P (d'après les approches bilan de masse) malgré des taux faibles par rapport à l'hydroponie
- Autonomie en Mg, Ca, S (varie selon la composition de l'eau neuve)
- K: élément limitant dans la majorité des cas
- Na: Risque d'accumulation, phytotoxique
- EC très faible par rapport au référentiel hydroponie... sans effet sur le rendement et qualité des produits

→ Impact bénéfique du microcosme à étudier en aquaponie

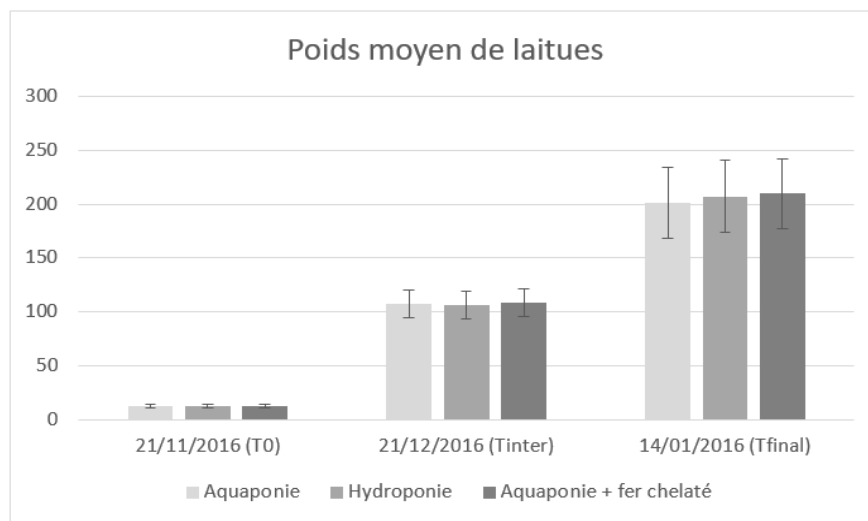
Problématiques techniques

Croissance aquaponie VS Hydroponie

Essai sur basilic: trois récoltes successives estivales



Essai sur laitues:



Problématiques techniques

Détection des carences, une compétence utile



Carence en N



Carence en P



Carence en K

Crédit photos: Mattson et Merrill, 2016



Carence en Ca



Carence en Mg



Carence en Fe

→ Vieilles feuilles? Jeunes feuilles? Partie basse de la plante? Nécroses? Chloroses?

→ Clés de détection (voir ouvrage aquaponie APIVA)



“Les poissons produisent tout ce dont les plantes ont besoin!”

FAUX

“Les plantes produites hors sol sont de moins bonne qualité nutritionnelle et organoleptique qu’en plein champ”

FAUX

“Pas besoin de pesticides en aquaponie!”

FAUX

“L’aquaponie est une méthode de production “bio”!”



FAUX

“L’aquaponie c’est à la portée de tous”

FAUX

VRAI

“Les rendements végétaux en aquaponie sont dix fois plus élevés qu’en plein champ”

FAUX

“L’aquaponie ne produit aucun déchet!”

FAUX

“L’aquaponie c’est bon pour l’environnement”



“Pas besoin de filtrer l’eau des poissons, il suffit d’installer un lit de graviers et de mettre des vers de terre, et le tour est joué”

FAUX

“L’aquaponie permet de consommer au moins 90% d’eau en moins par rapport à l’aquaculture et au maraîchage conventionnels”

VRAI

Carte des porteurs de projets en aquaponie en France



https://umap.openstreetmap.fr/fr/map/lag-aquaponie-en-france-et-au-dela-porteurs-de-projet_87452#6/47.205/2.065

Des questions ?

*Merci de votre attention
et de votre participation*

<https://projetapiva.wordpress.com/>

<https://www.itavi.asso.fr/>