

Premières expérimentations d'aquaponie associant aquaculture et horticulture

Résumé

L'aquaponie repose sur l'intégration de processus de production aquacole et hydroponique permettant le recyclage et la valorisation des nutriments émis par l'élevage aquacole par des cultures végétales. Cette démarche innovante attire les filières aquacoles - car la co-production permet de réutiliser l'eau en permanence pour l'élevage - mais également les filières horticoles en raison de réduction de l'emploi d'intrants chimiques dans la conduite de production végétale. Le projet APIVA® (Aquaponie Innovation Végétale et Aquaculture) vise à développer et caractériser des pilotes aquaponiques fonctionnels, d'étudier leur faisabilité économique, leur impact environnemental et la qualité des produits obtenus, tout en modélisant les flux se produisant entre les compartiments (bassins d'élevage, surfaces de culture, filtre biologique). Les premiers résultats sont encourageants : l'aquaponie semble intéressante pour la production de plantes à feuille (herbes aromatiques, laitues...) avec un rendement élevé et des caractéristiques sanitaires des produits satisfaisantes. Les indicateurs zootechniques des poissons élevés en circuit recirculé sont légèrement améliorés en comparaison des poissons élevés aux circuits ouverts classiques. La comparaison hydroponie/aquaponie a montré une absence de différence significative en terme de performance de croissance végétale, et ce malgré la mise en évidence de carences en nutriments limitants en aquaponie, ce qui impliquerait un apport d'éléments complémentaires, qu'il convient de tester.

Introduction

L'aquaponie se définit comme un couplage entre l'aquaculture et la culture végétale hors-sol avec recirculation de l'eau. Les rejets dissous issus de l'aquaculture sont des sources de nutriments rendus

assimilables pour les plantes via les racines des végétaux immergées dans l'eau, notamment grâce à une étape préalable de dégradation des composés ammoniacaux en nitrates par des bactéries nitrifiantes et d'élimination des matières particulaires par une filtration mécanique adéquate (figure 1).

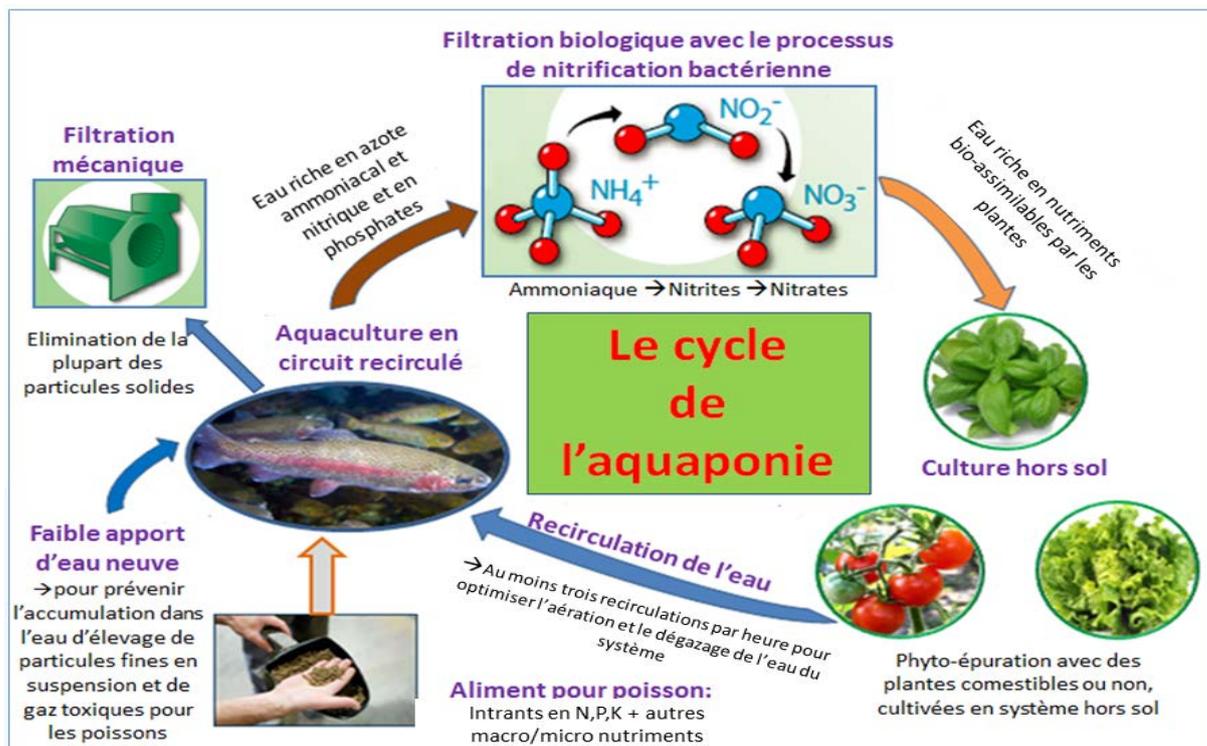


Figure 1 : Description du principe de l'aquaponie

Historiquement pensée et développée par la recherche aquacole dans une optique initiale de phytoépuration, l'aquaponie intéresse aujourd'hui également la filière horticole en recherche d'idées pour se diversifier. L'aquaponie constitue un exemple de système dit d'« aquaculture intégrée multitrophique » (AIMT) et résulte d'une logique de recyclage des rejets. Elle fait partie intégrante de la nécessaire diversité des agricultures de demain, orientées vers la durabilité et la complémentarité entre systèmes agricoles. L'aquaponie a également l'avantage d'être une technique très attractive pour le grand public, et de nombreux porteurs de projet tendent à vouloir développer des activités en lien avec cette pratique novatrice, et ce souvent en milieu urbain ou péri-urbain.

Le projet APIVA a pour objectif d'aider le développement de l'aquaponie, en fournissant des éléments de réflexion

aux professionnels intéressés par cette activité, que ce soit dans le cadre de la diversification d'une activité aquacole ou horticole, voire dans le cadre d'une activité nouvelle associant des professionnels aux compétences complémentaires sur un même espace de production. Au travers les expérimentations conduites sur les différents pilotes et les données issues de la bibliographie, le projet participera à définir les éléments de dimensionnement technique et économique pour des développer des systèmes aquaponiques efficaces.

Cet article présente les résultats de deux essais qui visent à caractériser les compartiments de deux systèmes aquaponiques et identifier les flux entre compartiments (aquacole, hydroponique, biofiltre) pour décrire le couplage entre les systèmes.



Le service aquaculture de l'ITAVI, en partenariat avec l'INRA, le LEGTPA de la Canourgue (EPLFPA Lozère), le CIRAD et la station horticole RATHO de l'ASTREDHOR (Institut technique horticole), conduit le projet APIVA. Il vise à tester les performances de l'aquaponie, un système d'élevage innovant de type AIMT (Aquaculture Intégrée Multitrophique), intégrant les bénéfices des systèmes piscicoles recirculés et de la culture végétale hors-sol pour l'aquaculture en eau douce.

Le projet APIVA :

Financé par le CASDAR et le FEAMP, ce projet a pour but de tester des systèmes aquaponiques sur différents types de production piscicoles (espèces d'eaux chaudes et d'eaux froides) afin de caractériser leur fonctionnement, d'analyser le couplage des compartiments aquacoles et hydroponiques et d'établir des éléments technico-économiques. Pour les aquaculteurs, l'aquaponie pourrait permettre de mettre en valeur les effluents chargés qui souvent posent problème lors du traitement, en termes réglementaires. Pour les producteurs horticoles et maraichers hors-sol, l'aquaponie pourrait mettre à leur disposition une solution riche en nutriments prête à être utilisée pour la culture de végétaux.

1. Essai sur le site de la PEIMA

La station PEIMA (Pisciculture Expérimentale INRA des Monts d'Arrée) a rattaché un système de culture hydroponique à un système piscicole recirculé pré-existant (truite/salade, lentilles d'eau, 65 m³ d'élevage et 84 m² de surface de culture). L'essai réalisé sur ce site a pour but de mesurer le potentiel phyto-épuration de plantes d'intérêt économique dans le cadre d'une pisciculture commerciale en système recirculé. Les performances des productions piscicole et végétale ainsi que les critères de consommation et qualité d'eau ont été mesurés.

1.1. Fonctionnement général du pilote

La figure 3 présente le système aquaponique testé, ainsi que le système de séparation des matières particulaires générées par les poissons. Deux bassins de collecte ont

été aménagés en aval du circuit afin de séparer les eaux chargées en matières particulaires des eaux peu chargées. Le premier process récupère les eaux de contre-lavage du filtre rotatif (0,5 à 0,7 m³/h) et des purges quotidiennes des décanteurs bassins. Son objectif est de séparer et déshydrater les formes particulaires concentrées dans les effluents. Il est composé d'une fosse de reprise équipée d'une pompe de relevage (Cuve 1), d'un silo de décantation (SD), d'un bac de floculation, d'un système de déshydratation sur sacs (Teknobag®) et de 2 filtres verticaux plantés de phragmites (filtre vertical).

Le second process récupère les eaux traitées issues du précédent traitement ainsi que l'eau excédentaire du circuit (cuve 2). Ces effluents, peu chargés en matières en suspension (MES), alimentent le compartiment végétal.



Figure 2 : Système aquaponique PEIMA : au 1^{er} plan : culture sur lagune ; au 2^e plan : culture sur raft ; au 3^e plan : culture sur raft avec abri serre

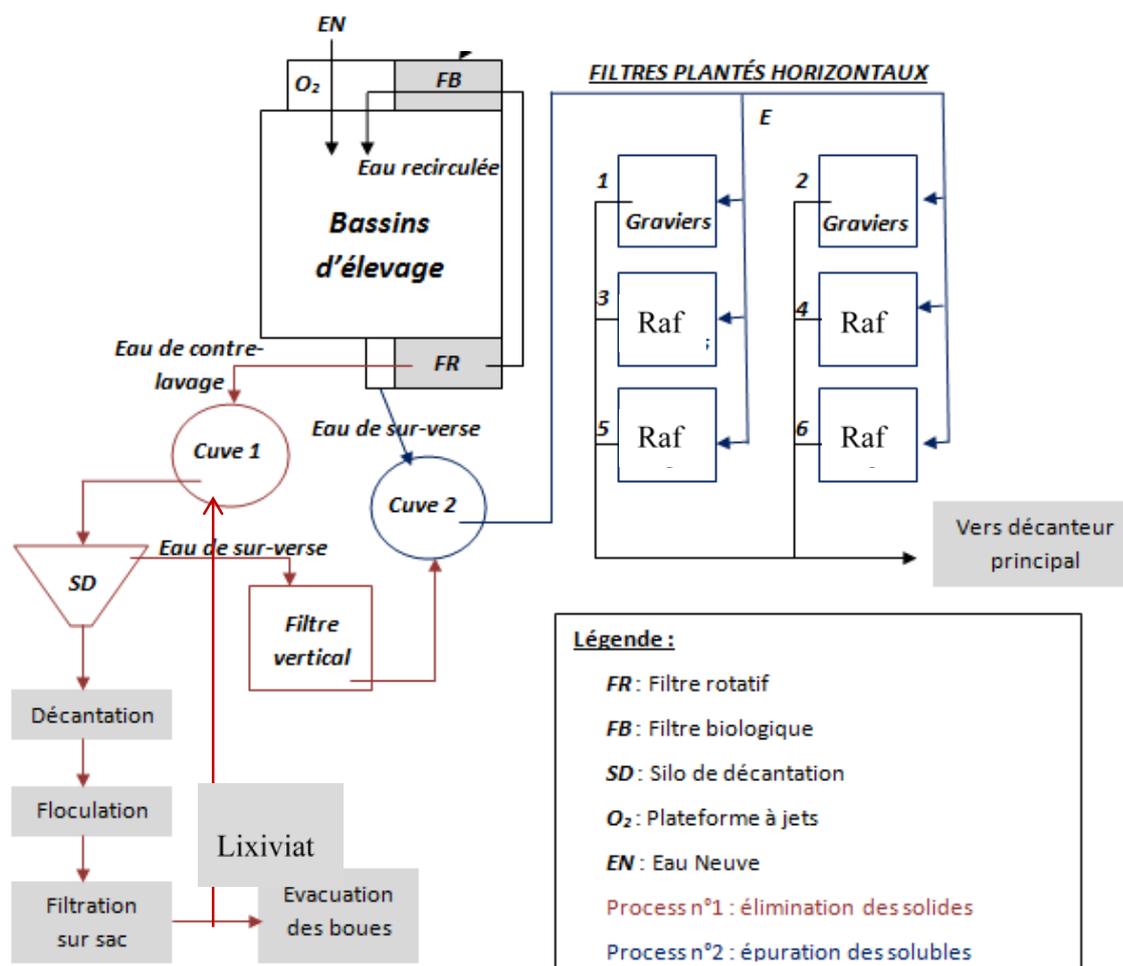


Figure 3 : Synopsis du système aquaponique PEIMA

Deux techniques horticoles sont utilisées pour le compartiment de culture de végétaux: 1) Une Culture sur Substrat Inerte tel que des graviers (CSI – figure 4). Une Culture Sur Radeau (CSR – figure 5) avec des plaques de polystyrène extrudé trouées pour laisser les racines des plantes tremper directement dans l'eau.

Les deux types de culture prennent place dans des lagunes dont les caractéristiques sont les suivantes:

- Dimensions : 3,5m x 4,0m x 0,9m
- Surface : 14 m² chacune
- Volume : fixé à 7m³ et réglable grâce aux cannes à niveau placées en sortie.
- Débit circulant : fixé à 0,5 m³/h par filtre et réglable grâce à une vanne à bille ; soit un temps de séjour hydraulique moyen de 14h pour le SCR et de 6h pour le CSI

Détail des Cultures sur substrat Inerte (CSI)

Le média filtrant choisi est du gravier calcaire ($\text{\O} 4 \text{ à } 8 \text{ mm}$). Ce substrat a pour avantage d'être très durable, peu coûteux et sa nature alcaline permet d'ajuster le pH de l'eau en réponse à l'activité bactérienne.

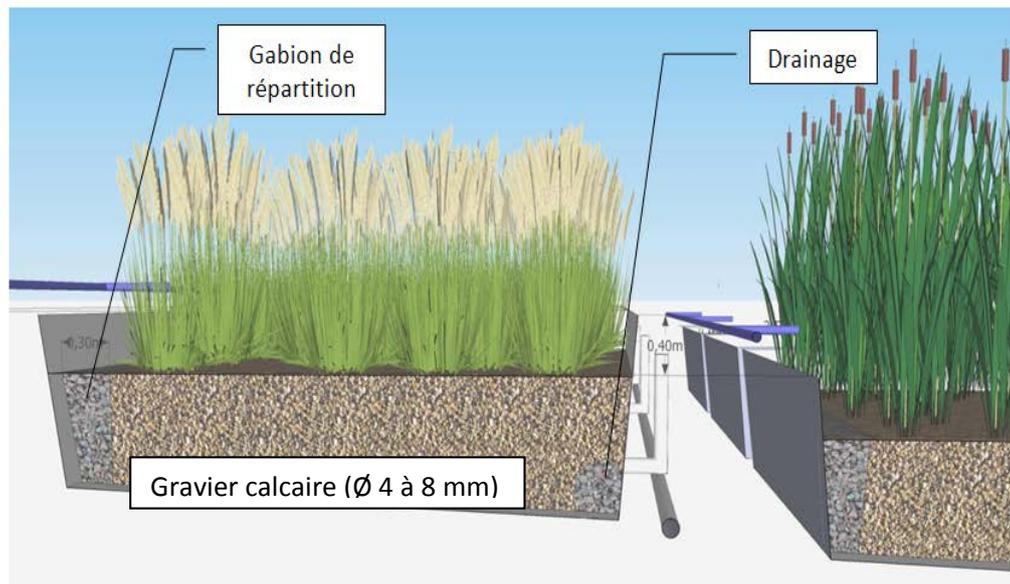


Figure 4: Culture sur Substrat Inerte

Détail des cultures sur radeaux (CSR): Les supports pour les salades ont été fabriqués à partir de plaques de polystyrène extrudés de 1,25M x 0,6M ; ép. 40mm. Des trous ont été réalisés sur ces plaques afin d'y placer des pots paniers spécialement conçus pour la culture hydroponique (figure 5). Au total, chaque filtre peut accueillir 248 plants chacun, soit près de 18 plants/m².

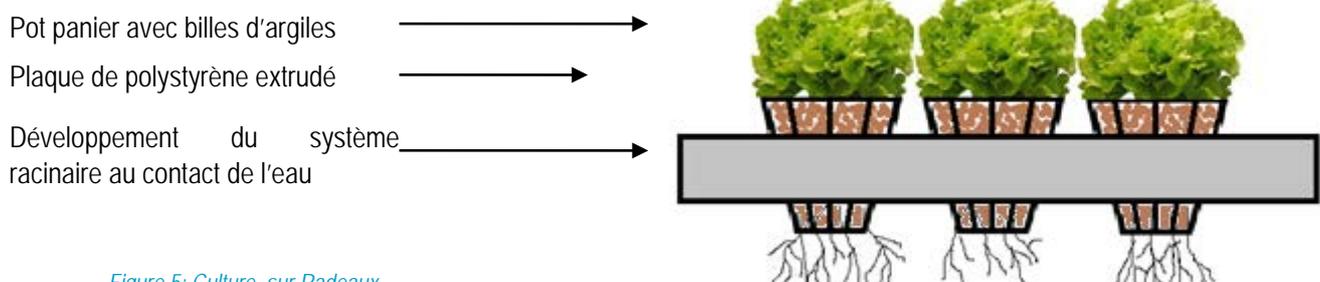


Figure 5: Culture sur Radeaux

1.2. Résultats

1.2.1. Compartiment poisson

Ce travail a permis de valider la faisabilité technique d'un système d'élevage utilisant le principe de la recirculation de l'eau pour une production de salmonidés. La quantité d'eau nécessaire n'a été que de $7,2 \pm 0,9 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de poisson produit dans le circuit recirculé contre $102 \pm 5 \text{ m}^3$ d'eau pour le circuit ouvert classique. Le pilote mis en place à la PEIMA a donc permis de réduire la consommation d'eau neuve d'un facteur 10, ce qui est cohérent avec la bibliographie (Somerville et al., 2014 et Barbosa et al., 2015). Enfin, les principaux indicateurs zootechniques ont été significativement améliorés dans le circuit recirculé (vitesse de croissance, indice de consommation) sans

affecter la qualité de chair des animaux élevés dans ce système (Labbé et al., 2014) ni leur bien-être (Colson et al., 2015).

1.2.2. Compartiment végétal

Au cours de l'année 2015, différentes productions végétales ont été testées entre le 25/02/2015 et le 14/12/2015. La densité de culture sur les radeaux a été fixée à 17 pieds/m². Plusieurs variétés de salades (scarole et batavia, laitue pommée, feuilles de chêne, mâche) ont été testées ainsi que des bettes, des choux ou des navets. Le tableau 1 présente les critères de performance de production végétale obtenus avec ces diverses variétés.

Tableau 1 Productions végétales du compartiment végétal (février 2015 à décembre 2015)

Variétés testées	Quantité commercialisable (g)	Taux de mortalité	Durée de culture (Jours)	Rendement (kg/m ²)
Bette	49 795	0,3%	137	11,1
Scarole	99 401	0,0%	103	5,2
Navet	8 567	0,3%	55	1,4
Batavia	46 211	2,7%	48	6,4
Laitue pommée	117 287	16,6%	48	3,7
Laitue feuille de chêne	100 292	4,2%	43	3,4
Mâche	780	0,1%	55	0,7
Choux Kale	82 776	0,0%	129	3,0

Les variétés choisies permettent d'obtenir des récoltes tout au long de l'année en assurant une diversité de production importante. Le régulateur de pH (NaHCO₃) utilisé pour le fonctionnement du biofiltre mis à part, aucun intrant chimique n'a été utilisé. En combinant judicieusement les variétés et en respectant le cycle naturel des saisons, un rendement du compartiment végétal proche de 25kg/m²/an a été obtenu. Il est donc largement supérieur aux rendements obtenus dans des systèmes de cultures traditionnels pour une même superficie (environ 12 – 15 kg/m²/an).

Le Rapport des Taux d'Alimentation (RTA) calculé sur cette expérimentation est de 180 g/m²/j. Ce ratio, exprimé en grammes d'aliment distribués dans le compartiment poisson et rapporté à la surface de culture (en m²), est supérieur aux 60 à 100 g/m²/j préconisés par Rakocy et al. (2006) pour la culture de légumes feuilles. La quantité d'azote (ammonium et nitrates) consommée par les plantes, mesurée en sortie des compartiments végétaux, sous-entend que le RTA est effectivement très élevé et que le système pourrait produire plus de végétaux pour une même quantité de poisson produite.

1.2.3. Qualité d'eau

Dans cet essai, la quantité de macro et micro nutriments fournis par les poissons et disponibles pour les plantes dans le compartiment végétal est très faible par rapport aux valeurs préconisées en hydroponie (tableau 2). Néanmoins nous n'avons, à ce jour, remarqué aucune carence. Le temps de présence de l'eau et le temps de contact assez long de ces nutriments avec les racines favorise probablement leur absorption.

La qualité de l'eau a été contrôlée à divers localisations du compartiment végétal et comparée aux caractéristiques de l'eau neuve afin d'envisager un retour possible de l'eau de sortie des végétaux vers les poissons (tableau 3). Quel que soit le système de culture considéré, la teneur en oxygène, la transformation des formes azotées, ainsi que la température de l'eau ne permettent pas actuellement de boucler complètement le système aquaponique avec retour de l'eau vers les poissons.

Des aménagements liés au traitement des matières en suspension (MES) seront nécessaires. L'abattement en azote assimilable par les plantes est très faible (10 % sur les CSI et nulle pour les CSR) ce qui laisse penser que le compartiment végétal pourrait être plus développé.

Tableau 2 : Teneur en oligo-éléments dans l'eau du compartiment végétal

	Mn µg/l	Fer µg/l	S mg/l	Mo µg/l	B µg/l	Zn µg/l	Cu µg/l	Po4 mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l
Eau neuve	24	140	1.7	<1	8	2	<0.5	<0.04	4	1.8	1.1
Entrée Plantes	30	150	2.2	<0.1	9	11	2.7	1.4	5.2	1.9	1.5
Préconisation hydroponie	50-80	3000	1-10	10-20	90-200	300-500	30-50	30-80	10-80	4-8	10-50

Tableau 3 Qualité d'eau dans le compartiment végétal

	Temp. °C	Oxygène (mg/l)	pH	N-Nh4 (mg/l)	N-NO2 (mg/l)	N-NO3 (mg/l)	MES (mg/l)
Eau neuve	13.4	10.23	6.39	0.11	0.022	1.52	1.32
Entrée compartiment végétal	15.2	9.62	6.82	0.38	0.086	4.89	5.0
Sortie Culture Substrat Inerte (CSI)	16.1	1.12	7.67	0.110	0.110	4.64	1.1
Sortie Culture Sur Radeaux (CSR)	15.1	6.77	6.71	0.30	0.114	4.87	4.7

1.3. Conclusion et perspectives

Ce travail réalisé à la station PEIMA a permis de valider la faisabilité technique d'un système aquaponique d'eau froide. Ces premiers résultats doivent être consolidés par l'acquisition de données sur la circulation et la transformation des nutriments essentiels à la croissance des poissons et des végétaux. Il est donc prévu de poursuivre le suivi et de réaliser des bilans de masse des éléments générés par le système aquaponique (boues, MES, productivité des 2 compartiments : truite et végétal) et d'un bilan des éléments minéraux (K, N, P, Ca, Mg, S) et des oligoéléments (Fe, Cu, Zn, Mg, Mo, Br) indispensables à la croissance des plantes.

Des évolutions de ce premier système seront effectuées afin d'optimiser le rapport production végétale/production piscicole. Les futurs travaux concerneront 1/ l'adaptation des formules alimentaires des poissons pour mieux répondre aux besoins des plantes et 2/ la mise en œuvre de nouvelles techniques de culture qui permettront d'augmenter le temps et la surface de contact entre l'effluent et les racines des plantes.

2. Essai sur le site du RATHO

Installé dans une station horticole expérimentale, le pilote testé est composé d'un compartiment piscicole en recirculation, couplé avec une structure de culture végétale hors-sol pré-existante. Les deux compartiments sont modulables et peuvent fonctionner de manière indépendante. L'essai réalisé avec ce pilote a pour but de comparer les performances agronomiques entre l'aquaponie à la l'hydroponie (voir encart 2). Le suivi a concerné la production végétale avec la mesure de critères de rendement, de qualité nutritionnelle et organoleptique mais également les caractéristiques physico chimique et sanitaire de l'eau issue du circuit piscicole recirculé, afin d'évaluer son intérêt pour les cultures végétales.

L'hydroponie (ou hors sol « classique » basé sur l'apport de solutions nutritives minérales) offre un rendement végétal jusqu'à 3 fois plus élevé qu'en plein champ en raison des conditions contrôlées (température, ombrage, nutrition). **L'aquaponie** se distingue de l'hydroponie dans le sens où l'objectif est d'irriguer les plantes avec des effluents d'élevage piscicole.

2.1. Fonctionnement général du pilote

Le compartiment aquacole est composé : d'un filtre à tambour pour l'élimination des MES, gérant un débit circulant de 45 m³/h ; d'un système de filtration biologique sur lit agité pour assurer la filtration biologique des composés ammoniacaux rejetés par les poissons ; d'une soufflante permettant une aération suffisante pour les besoins des poissons ; de bassins d'élevage subcarrés

avec un volume utile total de 15 m³ ; d'un système de récupération et de stockage des composés solides pour concentration des boues d'élevage en vue d'une valorisation ultérieure.

Le compartiment végétal est composé : de tablettes de culture horticoles hors-sol, avec une surface exploitable de 130 m² et un système hydraulique modulable composés de plusieurs tablettes de culture permettant diverses configurations et modalités expérimentales. Des capteurs permettent de mesurer automatiquement les paramètres physico chimiques majeurs pour les poissons comme pour les plantes (O₂, ph, T°, conductivité). Différentes techniques sont en test : la technique des « rafts » qui consiste à faire cultiver les plantes sur des plaques flottantes disposées sur une couche d'eau (les racines trempent directement dans la solution nutritive) ; la technique de culture sur table à marée (les plantes sont maintenues dans un substrat inerte et la solution nutritive vient irriguer les plantes avec des fréquences programmables.

Le débit circulant permet trois renouvellements de l'eau par heure dans les bassins. Le taux de fermeture du système piscicole recirculé est de 0,05 à 0,2 m³ d'eau neuve/kg d'aliment (100 m³/kg d'aliment pour les piscicultures en milieu ouvert et 5 m³/kg en circuit recirculé « conventionnel »). De plus, en fonction de la saison, ce pilote renouvelle quotidiennement 3% (hiver) à 10% (été) du volume d'eau global du compartiment aquacole (bassins + biofiltre + fosse de reprise). Les besoins en eau étant supérieurs en été. Il est possible de gérer l'accumulation de nitrates si besoin via un système de dénitrification.



Figure 6: Culture sur Radeaux sur le site du RATHO - Crédit photo : Matthieu Gaumé

2.2. Modalités expérimentales

La technique de culture utilisée était la culture sur radeau (plaque de polystyrène extrudée flottante sur masse d'eau). 38,4 m² de surface de culture étaient disponibles pour l'expérimentation. Le facteur étudié était le type de fertilisation, à travers deux modalités :

- H : « hors-sol ou hydroponie » : les plantes sont irriguées avec une solution nutritive dont la composition est idéalement adaptée pour la croissance végétale avec des solutions formulées et évolutives d'intrants minéraux, sur la base de modèles connus. La solution nutritive est stagnante, aérée, et changée une fois par semaine. Le pH était stable à 5,5, valeur idéale pour la croissance des plantes.

- A : « aquaponie » : les plantes ne sont irriguées qu'avec l'eau d'origine piscicole (production de carpes communes en circuit recirculé). L'eau est circulante, avec un temps de rétention de 1 à 2h dans les supports de culture pour permettre une bonne aération. L'eau d'irrigation des plantes revient aux poissons par recirculation. Le pH variait entre 6,5 et 7,2, intervalle qui correspond au compromis pour les besoins des bactéries du filtre biologique, des poissons, et des plantes. La régulation du pH s'effectuait via un apport hebdomadaire d'environ 1kg de bicarbonate de potassium ; cet apport est nécessaire en raison des réactions bactériennes de nitrification qui entraînent une baisse d'alcalinité de l'eau et du pouvoir tampon de l'eau, et par la même une baisse de pH. L'apport de sources carbonées permet de

rehausser le pH à des valeurs satisfaisantes et maintenant l'activité épuratrice du filtre biologique.

2.3. Résultats

Au T₀ de l'expérimentation (15/01/2016), les salades (Batavia et Feuille de Chêne, sans les racines) avaient un poids frais moyen de 3,4g toutes variétés confondues (428 échantillons par modalité A/H). Au T_{intermédiaire} de l'expérimentation (26/01/16), les salades (sans les racines) avaient un poids frais moyen de 15g, quel que soit le mode de fertilisation et toutes variétés confondues (388 échantillons par modalité A/H après réduction de la densité de culture à 20 plants/m²). Au T_{final} (23/02/2016), la biomasse fraîche des parties comestibles (feuilles) des salades ne présentait pas de différence significative quel que soit le mode de fertilisation et quelle que soit la variété considérée (151,7g par plant en moyenne). La biomasse fraîche racinaire des salades était en moyenne identique selon les variétés (12,8g par plant en moyenne), mais légèrement plus élevée en hydroponie (13,8g par plant en moyenne) qu'en aquaponie (12,8g par plant en moyenne). Au niveau visuel, les salades aquaponiques présentaient une couleur plus pâle que les salades hydroponiques, en raison de carences en certains micronutriments, très probablement.

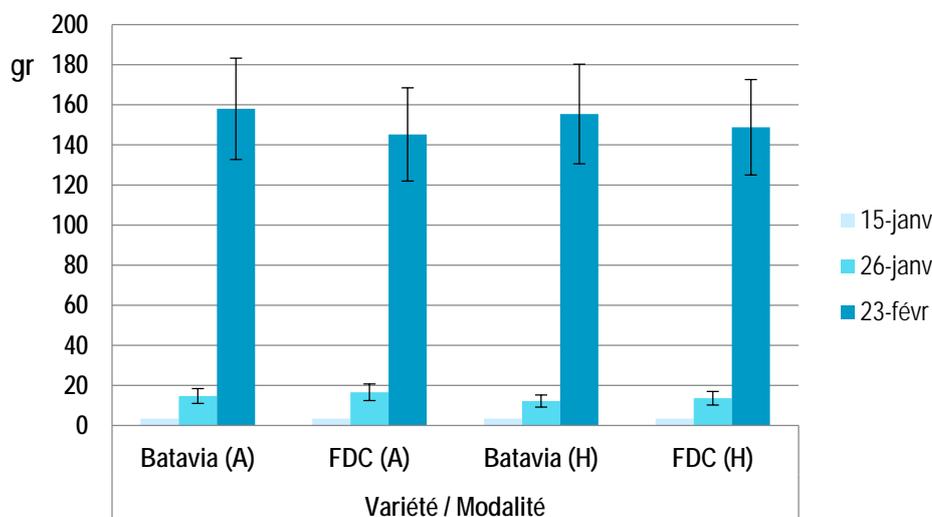


Figure 7 : Poids des feuilles (g) de salade (batavia et feuille de chêne (FDC)) en culture hydroponique (H)/aquaponique (A)



Figure 8 : Aspect visuel des salades batavia selon le mode de culture, gauche : aquaponie et droite : hydroponie - Crédit photos : Pierre Foucard

Élément mesuré	Azote	Phosphore	Potassium	Calcium	Magnésium	Soufre	Manganèse
Forme mesurée	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Mn ²⁺
Eau analysée / Valeur obtenue (mg/L)	Eau neuve [réseau potable]						
	6,10	0,00	2,45	117,48	6,91	18,20	0,00
	Eau d'irrigation [fosse de reprise]						
	96,00	24,00	101,00	120,12	12,36	27,50	0,01
	Apport réel aquaponie						
	89,90	24,00	98,55	2,64	5,45	9,30	0,00
Valeurs guide hydroponie (Trejo-Téllez 2012)							
	100-200	50-300	120-400	150-250	50-100	30-200	0,1-1,5

Élément mesuré	Fer	Molybdène	Cuivre	Bore	Zinc	Chlore	Sodium
Forme mesurée	Fe ²⁺	MoO ₄ ²⁻	Cu ²⁺	Acide borique H ₃ BO ₃	Zn ²⁺	Cl ⁻	Na ⁺
Eau analysée / Valeur obtenue (mg/L)	Eau neuve [réseau potable]						
	0,04	0,00	0,05	0,04	0,16	34,80	18,70
	Eau d'irrigation [fosse de reprise]						
	0,01	0,00	0,01	0,07	0,09	0,03	28,18
	Apport réel aquaponie						
	-0,03	0,00	-0,04	0,03	-0,07	-34,77	9,48
Valeurs guide hydroponie (Trejo-Téllez 2012)							
	0-5	0,001-2,5	0,01-0,1	0,1-0,6	0,01-0,6	0-30	N.A

Figure 9 : Composition de l'eau neuve (eau de remplacement à raison de 1m³ jour environ) ; Composition de l'eau d'irrigation (= eau circulant sous les supports de culture) ; Apport réel de l'aquaponie (=différentiel entre la concentration de l'élément dans l'eau circulante et dans l'eau neuve) ; Valeurs guides « classiques » en hydroponie - Source : ITAVI

2.4. Conclusions et perspectives

Après 40 jours de culture, les salades avaient un poids commercialisable (≥150g en poids frais) quel que soit le mode de fertilisation considéré. 120kg de biomasse a été produite durant l'expérimentation (50% en hydroponie et 50% en aquaponie) soit 3,1 kg/m² en 40 jours de culture ce qui représenterait sur une année dans des conditions contrôlées entre 25 et 27 kg/m². Les performances agronomiques de l'aquaponie sont en ce sens très satisfaisantes. Des carences (a priori chloroses ferriques, selon les analyses effectuées sur l'eau d'irrigation) ont été détectées en aquaponie sans pour autant que cela n'impacte le rendement, tandis que les racines des salades aquaponiques semblaient plus fragiles et moins souples qu'en hydroponie. Pour autant, le taux de mortalité est resté limité, et similaire selon les modalités. Les salades respectaient la réglementation sanitaire (règlement CE N°1881/2006 et règlement CE N°2073/2005) pour les produits végétaux destinés à la consommation humaine (E.Coli, salmonelles, bactéries aérobies mésophiles, taux

de nitrates) que ce soit en aquaponie ou en hydroponie, et ce sans prendre de dispositions particulières d'hygiénisation des produits post-récolte. La composition de l'eau issue du compartiment piscicole est globalement éloignée par rapport aux apports recommandés en hydroponie (figure 9). De même, la conductivité de l'eau est deux fois plus faible en aquaponie par rapport à l'hydroponie. Cependant, le régime d'irrigation est incomparable étant donné que le hors sol basé sur l'apport d'intrants minéraux consiste à apporter l'eau en régime flux-reflux, contrairement à la technique des rafts qui consiste à laisser les racines des plantes tremper dans l'eau en permanence. Des analyses sont en cours pour comparer les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles des produits issus de ces différentes techniques hors-sol et mesurer l'impact potentiel d'une conductivité plus faible et donc d'une concentration moindre en nutriments, sur la valeur nutritive des plantes.

3. Poursuite des travaux

Ces premières expérimentations ont permis de générer des références techniques pour deux types de système aquaponique. Les travaux vont se poursuivre afin d'optimiser le fonctionnement des systèmes pour atteindre le meilleur compromis entre performance agronomique, qualité organoleptique et sanitaire des productions piscicole et végétale. Une évaluation des impacts environnementaux de ces systèmes aquaponiques sera réalisée selon la démarche de l'ACV (Analyse du Cycle de

Vie) tandis que la démarche bilan de masse a été appliquée pour décrire la dynamique des nutriments entre les différents compartiments (piscicole et horticole).

A terme, un déploiement des connaissances sur ces nouvelles techniques se fera par la rédaction d'un guide des bonnes pratiques aquaponiques et par la mise œuvre de formations professionnalisantes.

Références bibliographiques

- Barbosa L.G., Gadelha F.D.A, Kublik N., Proctor A., Reichelm L., Weissinger E., Wohlleb G.M., Halden R.U., 2015. Comparison of Land, Water, and Energy Requirements of Lettuce Grown Using Hydroponic vs. Conventional Agricultural Methods. *Int J Environ Res Public Health*.12(6): 6879–6891.
- Barrut B., 2011. Etude et optimisation du fonctionnement d'une colonne airlift à dépression - Application à l'aquaculture. Thèse de l'Université Montpellier II, France, 154p. <http://archimer.fremer.fr/doc/00050/16091/13979.pdf>
- Colson, V, Sadoul B, Valotaire C, Prunet P, Gaumé M, Labbé L. Welfare assessment of rainbow trout reared in a Recirculating Aquaculture System: Comparison with a Flow-Through System. *Aquaculture* 436 (2015) 151-159
- Labbé L., Lefevre F., Bugeon J., Fostier A., Jamin., Gaumé M., 2014. Conception d'un système innovant de production de truites en eau recirculée. In : Numéro spécial, Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? Ingrand S., Baumont R., (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 27, 135-146.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo T.M., 2006. Recirculating aquaculture tank production systems : Aquaponics-Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center Pub. SRAC-454
- Said, M.Z.M., Culley D.D. Jr., Standifer L.C., Epps E.A., Myers R.W. and Boney S.A., 1979. Effect of harvest rate waste loading, and stocking density on the yield of duckweeds. *Proceedings of the World Mariculture Society* 10, 769-780.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. 2014. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589*. Rome, FAO. 262 pp.

Abstract

First results of Aquaponics systems, combination of aquaculture and horticulture activities

Aquaponics is based on the integration of aquaculture and hydroponics production process for the recycling and recovery of nutrients rejected by fish farming with vegetable crops. This innovative approach is attractive for the aquaculture sectors as this co-production allows the recirculation of water with a minimal opening rate of the system, but also for the horticulture sector as it reduces totally or partially the needs of chemical inputs in soilless plant production. APIVA®'s project ("Aquaponics: Innovation for plants and aquaculture") aims to develop functional aquaponic pilots and to study the economic feasibility of such systems, but also their impact on the environment and on the quality of products, while modeling the flow occurring between the different compartments (fish farming, soilless culture, biological filter). First results are encouraging: aquaponics systems seems interesting for the production of sheet plants (aromatic herbs, lettuce ...) with high yield and health-characteristics of products satisfactory. Zootechnical indicators of fishes, bred in recirculating system, have improved slightly compared to fishes bred in conventional open circuits. The comparison hydroponic / aquaponic systems showed no significant difference in growth performance of plants, despite nutrient deficiencies observed in aquaponic system; which would means a need of complementary elements, which should be tested.