L'aquaponie, une association vertueuse pour une alimentation durable

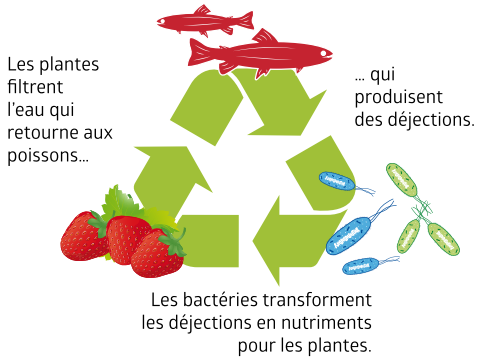
ALEXANDRA **MOLES**

S'inscrivant parfaitement dans le développement durable, l'économie circulaire a pour objectif de produire en limitant le gaspillage des ressources et les déchets dans une dynamique dite des « 5R » : réduire, réparer, réutiliser, recycler et réinventer. C'est ce que propose l'aquaponie, innovation de l'agriculture circulaire, basée sur l'association de deux productions habituellement éloignées biologiquement et en terme d'organisation : l'aquaculture et l'hydroponie. C'est-à-dire : réduire la quantité d'intrants au système ; réutiliser l'eau ; recycler les déjections des poissons en engrais et donc réinventer une nouvelle production et un nouveau métier. Cela ne va pas sans inconvénients et les freins sont nombreux à lever pour généraliser cette pratique.

TRUITE ET SALADE AU MENU

L'aquaponie est l'association de l'aquaculture (élevage d'animaux aquatiques) et de l'hydroponie (culture de plantes hors-sol). C'est un système circulaire où les déjections des animaux aquatiques élevés (souvent des poissons) servent de fertilisants aux plantes. Ces dernières épurent l'eau en prélevant les nutriments, c'est donc une eau propre qui retourne aux poissons grâce à un système de pompe. Entre ces deux compartiments, deux types de bactéries dégradent l'ammoniac rejeté par les poissons en nitrites puis en nitrates (processus de nitrification) afin que l'azote soit assimilable par les racines des plantes. Beaucoup d'espèces de poissons peuvent

CYCLE DE FONCTIONNEMENT DE L'AQUAPONIE



Source : Aquaponie Valley

être utilisées en aquaponie, comme la carpe, la truite, le tilapia (principalement des espèces ne demandant pas beaucoup d'espace, contrairement aux saumons par exemple) et même des crustacés (parfois les deux associés). Des espèces d'ornement ou d'aquariophilie comme les poissons rouges peuvent également s'intégrer dans ce système. Les plantes cultivées sont principalement des légumes à feuilles (salade, choux, herbes aromatiques) mais d'autres comme les tomates, melons, fraises ou plantes ornementales peuvent également pousser. Dans certains substrats, des légumes racines (pommes de terre, carottes) peuvent être produits. Sous serre ou avec un climat chaud, même les bananiers peuvent trouver leur place dans l'écosystème aquaponique. L'aquaponie avec de l'eau de mer ou

saumâtre est également possible, pour produire des algues ou des plantes halophytes (adaptées aux milieux salés), mais du fait de sa complexité et du manque de valorisation de ces produits végétaux, elle est généralement pratiquée avec de l'eau douce (donc avec des poissons d'eau douce). Le système peut parfois être découplé, c'est-à-dire qu'une faible part de l'eau des poissons alimente les plantes mais ne leur revient pas, les deux productions sont alors séparées.

À l'échelle mondiale, la consommation de produits aquatiques ne cesse d'augmenter, principalement en Asie (aujourd'hui 19 kg/an/hab en moyenne dans le monde). Les océans ne pourront pas fournir autant de produits sans dégrader leurs ressources naturelles et certaines espèces sont quasiment en voie d'extinction du fait de la surpêche : selon la FAO (2011), 53 % des espèces consommables ont atteint des limites tolérables de pêche et 30 % sont surexploitées. La pêche traditionnelle, plus respectueuse de l'environnement, ne pourra pas fournir la quantité demandée en produits de la mer. Pour pallier à cela, l'aquaculture semble être une solution d'avenir, elle est un secteur en pleine croissance (activité multipliée par 14 depuis 1980) qui, depuis 2013, fournit près de la moitié des poissons consommés dans le monde. Si différentes formes d'aquaculture durables existent, comme celle certifiée biologique qui n'utilise pas d'intrants chimiques et concentre moins de poissons dans un espace clos, l'aquaculture reste dépendante de la pêche minotière pour l'alimentation des poissons d'élevage et a donc un impact sur l'environnement marin.

L'hydroponie, quant à elle, est la culture hors-sol de plantes irriguées par une solution nutritive sur un substrat inerte (billes d'argile, laine de roche, etc.), avec des économies d'eau et des rendements supérieurs à la production en terre (environ 25 % de plus). Cependant, il y a souvent des rejets d'eau chargée en sels minéraux (Martinez, 2000). L'hydroponie a plusieurs variantes. Par exemple, la bioponie, qui utilise des intrants homologués pour l'agriculture biologique ou l'aéroponie, qui alimente les plantes avec un brouillard nutritif. En 2012, en France, la culture hors-sol représentait plus de la moitié de la production de fraises et de tomates en volume. Du côté de la filière ornementale, 12 % de la surface globale est cultivée en hors-sol (France Agrimer, 2014).

DÉJÀ AU TEMPS DES AZTÈQUES…

Il est difficile de savoir exactement d'où provient l'aquaponie car elle a été utilisée dans de nombreuses communautés, notamment les Aztèques (jardins flottants) et les Asiatiques (rizi-pisciculture). En agriculture, il est très courant d'utiliser les déjections des animaux d'élevage comme source de fertilisants pour les cultures végétales. D'ailleurs, dans certains cas, les boues solides des élevages piscicoles sont utilisées comme fertilisant au même titre que le fumier de vaches. Dans les années 1970 à Hawaï, James Rakocy a travaillé sur l'aquaculture recirculée et la phytoépuration pour leurs avantages en économie et qualité d'eau. Il a abouti naturellement à l'association de la production aquacole avec l'horticulture, car les aliments pour poissons (les seuls intrants de l'écosystème) contiennent les éléments nutritifs pour les plantes et, de par la nature liquide des effluents d'élevage aquacole, le lien avec la solution nutritive utilisée en hydroponie a été assez logique pour créer l'aquaponie. Ensuite, la technique a été développée par les professionnels de l'aquaculture plutôt que ceux de l'horticulture. En France, sa propagation a longtemps été le fait de particuliers passionnés qui ont partagé leurs expériences. Mais depuis, la recherche s'est emparée du sujet, dont en premier lieu le lycée piscicole de La Canourgue (Lozère).

AUJOURD'HUI, DIFFÉRENTES FORMES DE PRODUCTION COEXISTENT

Le modèle industriel

De grandes fermes aquaponiques sont déjà en activité depuis une dizaine d'années en Amérique du Nord et en Australie où elles apportent une solution dans les zones arides. Elles fonctionnent sur le modèle de grandes exploitations en bâtiment où les plantes sont les unes au-dessus des autres pour optimiser l'espace. À Chicago, dans un ancien entrepôt de 9 000 m^2, FarmedHere est la plus grosse exploitation de ce genre, elle a une capacité de production de 450 tonnes de plantes à feuilles. Les États-Unis comptent le plus grand nombre d'aquaponiculteurs, soit près de 650, c'est-à-dire 80 % des installations commerciales recensées à travers le monde, selon une enquête récente (Love *et al.*, 2014). Ces chiffres restent

très faibles, ils ne représentent qu'une part très marginale des plantes d'horticulture et des poissons produits dans le monde.

La production à petite échelle

Il existe une multitude d'installations aquaponiques de différentes tailles, qui vont du particulier à l'associatif (BioFabLab de Toulouse par exemple) en passant par le restaurant, la petite entreprise, les serres sur des toits ou des containers aménagés au sein de villes, comme à Berlin. Dans les pays en développement, il existe des installations de ce type en Haïti, Afrique du Sud et à Gaza où la FAO a mis en place des structures sur les toits. À Paris, Agnès Joly (conseillère privée en aquaculture) a lancé le projet Aquaprimeur à la Maison de l'air, au sein du parc de Belleville. Le projet consiste à prouver l'intérêt théorique de l'aquaponie comparé à l'hydroponie et la bioponie, à montrer aux visiteurs cette activité, peu connue du grand public, et à prouver que l'agriculture urbaine a toute sa place pour nourrir les villes.

Des projets de recherche

En France, le projet APIVA (AquaPonie : Innovation Végétale et Aquaculture) est porté par l'Itavi, le Cirad, l'Inra, le lycée piscicole de la Canourgue et la station horticole expérimentale du Ratho. Ce projet Casdar 2013-2016 a pour but de « tester des systèmes aquaponiques sur différents types de productions piscicoles afin de caractériser et modéliser leur fonctionnement (en particulier les flux de matières entre les compartiments), d'analyser le couplage des compartiments aquacoles et hydroponiques et d'établir des éléments technico-économiques de dimensionnement en vue d'un transfert vers les professions aquacoles et horticoles » (Itavi, 2015). Ce travail est attendu des professionnels afin que la recherche et les instituts techniques puissent les conseiller sur cette nouvelle activité agricole.

POURQUOI L'AQUAPONIE EST-ELLE DURABLE ?

L'aquaponie présente de nombreux avantages inscrits dans les trois piliers du développement durable : environnement, social et économique.

Peu d'utilisation d'intrants chimiques

L'aquaponie utilise les déjections des poissons, riches en nitrates, pour nourrir les plantes. Elle évite donc l'emploi d'engrais de synthèse, limitant ainsi l'utilisation de ressources fossiles (sauf si besoin, potassium et fer pour rétablir le bon pH et combler les carences des plantes). Compte tenu du couplage entre les compartiments aquacole et végétal, l'aquaponie ne peut apparemment pas utiliser d'antibiotiques pour les poissons ou de pesticides pour les légumes (ces intrants seraient néfastes à l'autre production, à l'étude dans le projet APIVA). Elle privilégie donc les auxiliaires de culture si besoin (en général moins de maladies qu'en extérieur et pas d'adventices ou d'attaques de pathogènes du sol). Le fait de ne pas utiliser d'intrants chimiques est favorable pour l'environnement (eau, sol, biodiversité, changement climatique), pour la santé du producteur et des consommateurs et d'un point de vue économique, car souvent ces intrants prennent une place importante dans le budget d'une exploitation.

Préservation de la ressource en eau

Si l'on excepte une nécessaire compensation de l'évaporation et de l'évapotranspiration, l'eau reste en circuit fermé. Les besoins en eau neuve sont donc très limités. L'eau sale des poissons est épurée par les racines des plantes ce qui évite une fuite des déjections dans le milieu naturel et donc la pollution de l'eau. Les grosses particules peuvent être éliminées par un filtre mécanique et faire des boues aquacoles épandables. Ce système utilise 10 à 20 % de l'eau nécessaire pour la même surface en pleine terre. Il est donc intéressant dans les zones arides (désert australien, Afrique) en plus de l'avantage économique dû à une faible consommation d'eau.

Préservation des terres

Les systèmes aquaponiques ont peu d'emprise au sol ce qui évite une compétition pour le foncier avec d'autres activités, comme l'agriculture en pleine terre. Des systèmes de petites tailles peuvent être mis en place n'importe où (à l'intérieur, à l'extérieur, dans des serres) notamment dans les villes : sur des toits, sur des parkings (exemple de containers aménagés), sur des friches industrielles, dans des restaurants, des halls d'entreprises ou de gares, chez les particuliers ou dans leur jardin. Cette agriculture urbaine permet de rendre les villes plus autonomes sur le plan alimentaire, de les rendre plus « vertes », de recréer du lien entre la production agricole et

l'alimentation et de limiter les transports (utilisation d'énergie fossile et source importante de pollution). Cette agriculture hors-sol peut également être utile là où les sols sont stériles et ne permettent plus de culture en terre. Cependant, il existe également des grandes exploitations aquaponiques qui nécessitent plus d'emprise sur le foncier.

Assure une sécurité alimentaire

L'aquaculture, en général, permet un approvisionnement local non dépendant des aléas de la pêche et des importations, ce qui renforce la résilience et la sécurité alimentaire des personnes qui en bénéficient. En plus des poissons, l'aquaponie apporte des légumes, des herbes aromatiques ou des fruits. Si le système aquaponique est en intérieur, la production peut se faire toute l'année, elle n'est pas dépendante de la météo et donc du changement climatique. Si le système est en ville, il permet une certaine résilience de celle-ci vis-à-vis de l'extérieur et des transports.

Bonne qualité des aliments

La production hors-sol souffre d'une image où les produits n'ont pas de goût à cause des longues chaînes d'approvisionnement où les produits sont sélectionnés et récoltés tôt, pour une bonne conservation lors des longues étapes de transport et de stockage. Mais si les variétés produites ont du goût et si les produits sont consommés frais, l'absence de sol n'a pas d'effets néfastes sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques des aliments. Le fait que les végétaux soient nourris avec les déjections des poissons n'a apparemment aucun impact sur leur qualité sanitaire et organoleptique (à l'étude dans le projet APIVA). Autre avantage, le poisson présente d'importantes qualités nutritionnelles, notamment les oméga 3 dans les salmonidés tels que les truites.

Avantage financier pour le producteur

En aquaponie, pour la même surface, la même quantité d'eau et le même apport de nourriture pour poissons, on fait de l'aquaculture et de l'horticulture. En fait, les aliments pour poissons sont doublement valorisés. Les deux productions sont réalisées simultanément et sont complémentaires, elles recréent un écosystème naturel. Le système fournit en moyenne quatre fois plus de production végétale que de poissons, ce qui correspond finalement aux besoins car la consommation de légumes est plus importante que celle de poissons. De plus, les récoltes de légumes ou de fruits sont plus abondantes en aquaponie qu'en pleine terre pour la même superficie et avec moins de travail (pas de travail de la terre, de désherbage, d'arrosage, etc.).

LES LIMITES DE L'AQUAPONIE

L'aquaponie présente les avantages cités précédemment mais elle a également des inconvénients pouvant être des freins à son développement.

Un coût d'installation élevé

Le principal inconvénient de l'aquaponie est le coût de l'installation du système. En effet, le matériel nécessite un investissement important. De plus, l'électricité utilisée dans le système (pompage, oxygénation, lumière, température) peut coûter cher, en fonction de la taille de l'installation, en plus de l'impact environnemental du mix énergétique utilisé. Par ailleurs, ne pouvant pas bénéficier du label d'agriculture biologique (seul label entièrement reconnu pour les qualités environnementales des produits), car il est interdit pour les productions hors-sol en Europe, les produits de l'aquaponie ne peuvent pas être vendus plus chers, ce qui constitue également un frein.

Complexité du système

Un autre inconvénient pouvant être un frein à l'installation d'un système aquaponique est la technicité. En effet, le système est complexe, il faut arriver à trouver un équilibre entre les cycles d'élevage des poissons (durée, vitesse de croissance, besoins métaboliques, etc.) et ceux des plantes (cycles beaucoup plus courts, besoins métaboliques différents) et contrôler tous les paramètres (lumière, température, oxygénation, pH de l'eau, taux d'ammoniac et nitrates, etc.) sachant qu'il n'y a actuellement pas encore de modèle vulgarisable dans ce secteur. En effet, les données disponibles sont pour la majorité d'entre elles issues d'approches empiriques non validées et très spécifiques (donc peu généralisables). Inversement des données plus solides existent à l'échelle d'entreprises de plus grande taille, comme aux États-Unis et en Australie, mais les résultats

sont alors privés et non diffusés. Pour faire de l'aquaponie une activité commerciale, il faut avoir des connaissances en aquaculture et en horticulture, c'est un nouveau métier plus compliqué que celui d'aquaculteur ou d'horticulteur.

Nouvelle activité

Il est difficile pour les personnes commençant cette production d'obtenir des prêts bancaires. En effet, la technique étant nouvelle et les résultats sur le long terme peu connus, les banques ne se lancent pas facilement dans ces projets. De plus, actuellement, en France, il n'existe aucune réglementation sur l'irrigation de plantes par des effluents aquacoles. Ce vide juridique peut être préjudiciable en cas de développement des structures commerciales. Comme les connaissances sur l'aquaponie sont totalement empiriques, une validation des connaissances sera nécessaire avant tout conseil vers de futurs entrepreneurs voulant monter une structure d'aquaponie (but du projet APIVA).

Productions hors-sol

Les légumes et fruits produits hors-sol ont la réputation de ne pas avoir de saveur et d'être pauvres nutritionnellement. L'aquaponie peut donc souffrir de cette image et ne pas convaincre tous les consommateurs. Le bien-être animal des poissons élevés dans des bacs peut également être remis en cause, surtout si leur densité de production est forte. Ce point là peut être un frein pour des consommateurs de produits « éthiques », biologiques ou végétariens. De plus, le fait que ces systèmes n'utilisent pas de ressources foncières, ils peuvent être un prétexte à l'extension de l'urbanisation.

Développement des plantes

En aquaponie, le développement des plantes est moins rapide qu'en hydroponie, notamment parce qu'il faut combiner les exigences différentes de trois espèces ensemble, ce qui peut poser des problèmes car elles n'ont pas les mêmes besoins physiologiques, principalement le pH de l'eau (poissons : pH 6-8, bactéries : pH 8, plantes : pH 5,5-6,5). Pour satisfaire les trois espèces, le pH choisi est généralement neutre mais il ne permet pas aux plantes de bien absorber certains éléments comme le potassium et le fer. Si le système est en intérieur, la pollinisation des plantes est plus difficile. De plus, le fait de ne pas pouvoir appliquer de traitement chimique peut, dans certains cas, être problématique et engendrer de la perte due à un pathogène.

Nourriture des poissons

Même si les aliments pour poissons d'élevage carnivores contiennent des matières premières végétales et des sous-produits de transformation de poissons, et que ces espèces ont un coefficient de transformation plus avantageux que les autres espèces d'élevage (1 à 3 kg d'aliments pour produire 1 kg de poisson), l'aquaponie a encore un impact sur les milieux marins quand les poissons sont nourris avec des aliments comportant une proportion importante de farines de poissons-fourrages issus de la pêche minotière. Les espèces herbivores ou omnivores d'eau douce ne consommant pas ou peu de farine de poissons sont encore peu appréciées en Europe (mauvaise réputation du goût de vase et de la présence importante d'arrêtes) contrairement à l'Asie (en Chine, la carpe et le tilapia sont les poissons les plus consommés).

QUELLES PISTES POUR LEVER CES FREINS ?

Les freins précédemment cités peuvent être levés par des pratiques qui sont en expérimentation ou à l'étude par la recherche. Ces solutions pourront permettre une généralisation de cette innovation.

Solutions à mettre en place pour lever les freins au developpement de l'aquaponie

Des indicateurs de qualité et de réussite des structures aquaponiques sont en cours de recherche, notamment via le projet APIVA. Nous pouvons cependant en citer quelques-uns qui apparaissent incontournables pour assurer la qualité des aliments et la pérennité du système : taux d'ammoniac et de nitrates dans l'eau du système et rentabilité économique.

Nous avons vu qu'il existe plusieurs types d'aquaponie, certains à petite échelle chez des particuliers ou associations pour développer l'agriculture urbaine de quartier, d'autres à grande échelle sur le modèle des immenses fermes hydroponiques (États-Unis et Australie principalement) et une multitude de structures de tailles intermédiaires. Le choix du modèle à

Freins identifiés	Solutions possibles
Coût	· Utiliser des matériaux simples ou de récupération. · Utiliser des sources d'énergie renouvelable pour les besoins en électricité, par exemple en installant des panneaux solaires. · Installer le système dans une serre pour optimiser la lumière et la chaleur naturelle ou utiliser des LED pour une utilisation verticale. · Privilégier les poissons d'eau froide pour éviter de chauffer l'eau (par exemple la truite ou la carpe). · Apporter une 3e valorisation économique au système comme une culture de champignons qui profitent de l'humidité des bacs à poissons, si l'installation le permet. · Privilégier les productions horticoles à haute valeur ajoutée (herbes aromatiques, légumes rares, fleurs). · Autoriser la certification biologique de ces produits (comme aux États-Unis) afin de rentabiliser la structure ou créer un label propre à l'aquaponie.
Complexité	· Favoriser la recherche, les formations et l'*open data* pour la diffusion des connaissances.
Nouvelle activité	· Convaincre les banques avec des expériences réussies. · Combler le vide juridique avec une réglementation propre à l'aquaponie.
Productions hors-sol	· Renseigner les consommateurs sur les qualités nutritionnelles et organoleptiques de ces produits et de leurs aspects « sains » et « frais », sur l'absence de transmission de pathogènes d'un compartiment à l'autre et sur le faible impact environnemental de cette activité. · Respecter un taux de remplissage des bassins en adéquation avec le bien-être animal. · Prendre en compte que ce type de production urbaine restera complémentaire à l'agriculture classique, donc préserver les terres agricoles pour les autres productions.
Développement des plantes	· Ne pas axer les objectifs de cette production vers des rendements élevés mais des produits de qualité. · Utiliser des engrais foliaires ou certains produits non nocifs dans l'eau pour compléter les apports en potassium et fer, si besoin. · Insérer des pollinisateurs, si c'est en intérieur. · Découpler les compartiments ponctuellement pour traiter chimiquement sans endommager l'autre espèce ou pour permettre de rééquilibrer le pH de l'eau, si besoin.
Nourriture des poissons	· Utiliser des algues, car cela pourrait être une réponse à leur prolifération, pour remplacer les protéines végétales de l'aliment, comme le soja (qui concurrence l'alimentation humaine) mais également la farine de poisson (recherche en cours sur ce dernier point). · Utiliser de la farine d'insectes comme les larves de mouches soldats noires qui se nourrissent de déchets organiques (utilisable principalement pour des petites structures). · Utiliser des PAT (protéine animale transformée) issues de l'élevage avicole et porcin : risque zéro de transmission de maladies entre espèces terrestres et aquacoles (pas utilisé en France malgré l'autorisation de l'UE). · Informer (consommateurs, restaurateurs, poissonniers) sur les bienfaits durables des espèces de poissons omnivores et herbivores d'eau douce et sur leur absence de goût de vase quand elles sont élevées en bassin.

mettre en place dépend des acteurs impliqués et de leurs intérêts à développer des systèmes tendant vers la durabilité. Dans les années à venir, l'aquaponie va probablement trouver sa place et se développer en Europe car le Parlement européen a mentionné en 2014 que « l'aquaponie recèle un potentiel de production alimentaire local, durable, utilisant moins de ressources que les systèmes conventionnels » (Foucard *et al.*, 2014) et il l'a désignée pour être parmi les « dix technologies qui pourraient changer nos vies » (European Parliament, 2015).

EN SAVOIR PLUS

AGRO CAMPUS OUEST. *Fiche eau 1,7. Aquaponie.*

AQUAFILIA MAGAZINE. Juin-Juillet 2011. *Aquaponie : un développement fulgurant à l'international, des projets en France...* n°45. Article pp. 22-25.

AQUAPRIMEUR. 2015. *Aquaprimeur : solution de maraîchage urbain*.

EUROPEAN PARLIAMENT. *Ten technologies which could change our lives. Potential impact and policy implications*. 2015

FAO. Programme Smartfish. *Aquaponie, une solution intelligente basée sur les poissons pour produire de la nourriture en utilisant des ressources limitées et peu d'eau.* Smart fiche n°9.

FAO. Rapport 2014. *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*.

FOUCARD *et al.* Itavi. *Projet APIVA*. 2014.

FRANCE AGRIMER. *La filière des fruits et légumes - Chiffres clés 2012*. 2014.

HUGHEY T. *Aquaponics for developing countries*. 2005.

INSTITUT INSPIRE. *Aquaponie et agriculture urbaine : évaluation et propositions de scénarios*. 2012.

ITAVI. *Présentation du projet APIVA*. 2015.

LOVE D. *et al.* 2014. Elsevier Aquaculture. *Commercial aquaponics production and profitability: findings from an international survey.* 8p.