

# Résumé : Étude sur la réutilisation des infrastructures agricoles en installation aquaponique

**Interreg**  
**POCTEFA**  
**ORHI**



UNIÓN EUROPEA  
UNION EUROPÉENNE

*Le projet ORHI (EFA142/16) est cofinancé à hauteur de 65% par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), dans le cadre du Programme Interreg V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2014-2020).*



une école



14 mars 2021

[www.breen.es](http://www.breen.es)

1. L'étude/demande et les enjeux du projet ORHI	
1.1 Introduction	1
1.2. l'état de l'art	1
2. Méthodologie	1
2.1 Principes de l'aquaponie	1
2.2. infrastructure et emplacement agricole	2
2.2.1. la situation géographique	3
2.3 Adaptation à l'aquaponie	3
2.4. vision	4
2.5. État des installations	6
3. Étude d'adéquation	8
3.1..Adéquation des installations pour l'aquaponie	8
3.2. le cycle interne de l'eau	9
3.3 Systèmes de production végétale	11
3.3.1. LE RAFT	12
3.3.2 NFT	13
3.3.3. lits de culture	14
3.4 Système de production piscicole	15
3.4.1. l'eau des poissons	17
3.5. Énergie lumineuse et photopériode	17
3.6. Alimentation et sauvegarde du système	18
3.7. alarmes et automatisation	19
3.8. proposition de conception	20
3.8.1. vue générale des installations	22
3.9. Budget	24
4. Recommandations	26
5. Conclusions	28
6. <b>Annexes</b>	<b>29</b>

## **1.- L'étude/demande et les enjeux du projet ORHI**

### **1.1.- Introduction**

L'École Supérieure des Technologies Industrielles Avancées ESTIA nous a contacté dans le cadre du projet ORHI pour faire un rapport sur les actions suivantes.

Le projet ORHI vise à **"valoriser l'industrie agroalimentaire du territoire POCTEFA, par le développement de synergies entre les entreprises des deux pays, ainsi que par l'identification transfrontalière et internationale de technologies innovantes et de nouveaux modèles d'affaires qui contribuent à de nouvelles utilisations de la valeur ajoutée et à l'utilisation efficace et efficiente des flux de matières organiques et plastiques dans les entreprises.**

Les partenaires de l'ESTIA et d'ORHI ont défini l'aquaponie comme une technologie pertinente pour le territoire des Pyrénées-Atlantiques et réfléchissent à la manière de développer cette technologie ; la demande de l'ESTIA est d'étudier et de démontrer les possibilités de réutiliser/réorganiser des infrastructures agricoles obsolètes dans des installations aquaponiques.

L'accent est mis sur la durabilité de l'eau, la gestion de l'énergie et l'automatisation.

Le projet ORHI (EFA142/16) est cofinancé à 65% par le Fonds européen de développement régional (FEDER), par l'intermédiaire de l'initiative

Programme Interreg V-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2014-2020).

### **1.2.- État de l'art**

Certaines des infrastructures agricoles du Pays basque nord sont actuellement désaffectées. Dans l'idée de fournir un débouché adéquat à toutes ces installations, la société Breen Aquaponic Systems, experte en aquaponie, a été sollicitée par l'école d'ingénieurs ESTIA.

Breen est un pionnier et une référence en matière d'aquaponie depuis dix ans, avec plusieurs installations de recherche européennes, notamment une formation à l'Université d'Islande, un projet d'aquaponie en bioéconomie circulaire dans le sud du Pays basque et une installation de production de 6 000 mètres.

## **2.- Méthodologie**

### **2.1.- Principes de l'aquaponie**

L'aquaponie est une production conjointe de légumes et de poissons. Il s'agit d'une technique de production de végétaux à partir de matières organiques qui se développent biologiquement dans une pisciculture et sans sol.

Dans une ferme piscicole, lorsque les poissons sont nourris, une grande quantité de matière organique est laissée dans l'eau. Cette matière organique, à la fois dissoute et solide, est nocive pour les poissons.

Dans un système traditionnel, cette eau serait jetée et une nouvelle eau serait introduite.

Cela peut poser des problèmes considérables en termes de durabilité. Même s'il s'agit d'eau organique d'un côté, elle peut être nocive si elle est déversée dans un ruisseau ou une rivière.

En termes de gestion de l'eau, il n'est pas non plus durable car ce système gaspille beaucoup d'eau et l'eau, comme nous le savons, est très précieuse dans de nombreux endroits.

Enfin, tout cela conduit à une forte consommation d'énergie, avec les coûts et les conséquences que cela peut entraîner.

Au lieu de jeter cette eau organique du poisson, on peut l'élever biologiquement, comme cela se fait dans la nature, afin de la réutiliser pour un autre bénéfice. Cette eau peut contenir beaucoup de nourriture pour une utilisation biologique.

L'un de ces outils biologiques peut être les plantes. Les plantes peuvent obtenir presque toute la nourriture dont elles ont besoin à partir de l'eau organique des poissons. La production de plantes et de poissons dans le même système est appelée aquaponie.

Comme nous le verrons plus loin, bien que le concept de l'aquaponie soit simple, le système de production aquaponique sera différent selon les lieux et les besoins. Ainsi, chaque étude de cas peut avoir sa propre solution unique et personnelle.

En fonction du marché, de la géographie, de la qualité et de la quantité d'eau, du soleil et de la température, différents systèmes peuvent être conçus.

## 2.2.- Infrastructure et localisation agricole

Une exploitation porcine appartenant à la famille de M. Mael Rampillon servira de modèle.

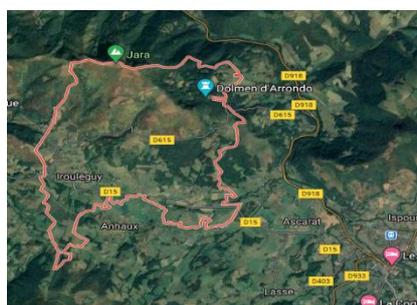
Après avoir produit des porcs pendant des années, ils ont cessé de les produire il y a quelques années.

Compte tenu de toute la nouvelle législation provenant de l'Europe, ils ont décidé qu'il était plus approprié d'arrêter la production.

Après des années d'arrêt des installations, M. Rampillon souhaite donner une autre utilité à ce bâtiment et voir s'il peut être adapté à un système d'aquaponie.

Les installations de M. Rampillon sont situées à Irouleguy dans le 64ème département du Pays Basque Nord en France.

### 2.2.1.- Localisation géographique.



L'installation fait environ 225 m2 dans un seul bâtiment de 9x25 mètres.

Les installations intérieures peuvent être réutilisées pour l'aquaponie, comme on peut le voir dans la proposition ci-dessous, mais avec quelques modifications.

Comme il ne s'agit pas d'une serre, certains ajustements devront être apportés aux matériaux du toit et des côtés, afin qu'ils soient transparents et que les rayons du soleil pénètrent bien à l'intérieur. La hauteur est plus faible qu'elle ne devrait l'être pour les plantes longues. Il peut donc y avoir des limitations lors de la plantation d'arbustes ou de plantes longues.

L'état général de l'intérieur du bâtiment est bon. Pour l'instant, les porcheries ne sont pas adaptées à l'aquaponie, le mur en béton et les autres sections doivent donc être jetés.

### **2.3.- Adaptation à l'aquaponie**

Comme mentionné ci-dessus, l'aquaponie consiste à produire des poissons et des plantes/légumes en même temps, en s'enrichissant mutuellement.

Lorsque l'on nourrit les poissons, l'eau se charge de substances organiques. Les principaux composés organiques de cette eau sont azotés.

Lorsque les poissons respirent et défèquent, la matière organique la plus courante qu'ils rejettent dans l'eau est l'ammonium NH<sub>3</sub>.

L'ammonium est nocif pour les poissons et, s'il n'est pas éliminé, il peut leur être fatal.

Dans la production de poissons dans un système ouvert, cette eau est rejetée dans le ruisseau ou la rivière et une nouvelle eau est introduite. Ainsi, toute cette charge organique est évacuée et une nouvelle eau est introduite dans le poisson.

Les pisciculteurs de tout le Pays Basque Nord sont soucieux que cette matière organique ne contamine pas les autres êtres vivants de la rivière, mais il peut être intéressant de ne pas perdre toute cette matière organique et de la réintroduire dans le système.

Les plantes / légumes se nourrissent de matières organiques. Dans la matière organique produite dans la lune de la pisciculture, on trouve la plupart des éléments nutritifs dont ont besoin les plantes et les légumes.

Étant donné que la surface à produire est de 225 m<sup>2</sup>, on peut prévoir que la production ne sera pas très importante. La production qui sortira de cette installation ne sera pas suffisante comme activité principale et pourra être utilisée comme complément d'une autre activité.

La production d'une entreprise d'aquaponie nécessiterait au moins une installation de 2000 m<sup>2</sup> pour être économiquement suffisante.

### **2.4.- Vision**

Un système aquaponique a pour produits de production des poissons et des plantes. Avant de commencer l'installation, il faut définir l'objectif principal du système.

Quel sera le produit que vous souhaitez commercialiser ? Poisson ? Légumes ? Les deux ? Formation ? Écotourisme ? ...

En raison de la taille de l'installation, peu de poissons seront produits. Mais gardez à l'esprit que le fait d'avoir très peu de produits sur le marché peut également apporter une valeur ajoutée.

De nombreux facteurs différents doivent être pris en compte lors du choix d'une espèce de poisson. Ils doivent être bien adaptés à la température de l'eau tout au long de l'année, être capables de bien s'adapter aux systèmes fermés et, surtout, avoir une croissance adéquate sans être trop de travail. De plus, comme il n'y aura pas de reproduction, il faudra chercher où trouver et acheter cette espèce de poisson.

La législation doit également être prise en compte. Certaines espèces de poissons ne peuvent pas être utilisées car elles peuvent être potentiellement invasives. Pour ce faire, il faut tenir compte de la législation locale.

Avec le système fermé proposé, et l'impossibilité de retourner à la rivière, un permis spécial peut être obtenu mais le conseil local doit être consulté.

Il est proposé d'établir un diagramme QFD pour déterminer quel poisson est le plus approprié. Dans ce tableau, un score est placé en fonction des données ci-dessous et le tableau indiquera quel poisson est le plus approprié.

La notation peut se faire de 0 à 5.

Exemple de tableau à compléter pour chaque projet (dans ce cas, nous prendrons comme référence l'étude de cas réalisée pour une entreprise espagnole qui est présentée en annexe à la fin du document).

	Température de l'eau	Valeur de marché	Biomasse maximale	Taux de croissance	Permis pour les espèces envahissantes	Note globale
Truite	2	3	2	3	4	14
Carpe européenne	5	2	5	2	0	14
Esturgeon	3	3	3	1	4	14
Saumon	2	4	2	2	4	14
Anguilla	4	2	5	4	4	19
Tilapia	4	3	5	5	5	<b>22</b>

### Tableau de biologie des poissons

	Température de l'eau	Valeur du marché cible	Biomasse maximale	Taux de croissance	Obtention d'alevins
Truite	9-20 degrés	Bonne	20 kg/m3	Moyen	Simple
Carpe européenne	5-30 degrés	Faible/moyenne	60 kg/m3	Moyen	Simple
Esturgeon	8-19 degrés	moyenne	30 kg/m3	Lent	Simple
Saumon	5-20 degrés	bonne	20 kg/m3	Lent	Simple
Anguilla	5-25 degrés	moyenne	100 Kg/m3	Rapide	Difficile
Tilapia	10-35 degrés	moyenne	80 kg/m3	Rapide	Simple

Si les plantes/légumes sont les principaux produits à vendre, les espèces de poissons choisies peuvent également être importantes, même si leur tâche principale est la création de matière organique.

Le tableau QFD nous donnera la production de poissons et de plantes la plus appropriée pour chaque projet.

Il n'existe pas d'installations de ce type dans la région, les produits qui en seront extraits seront donc spéciaux et uniques, ce qui pourrait susciter un plus grand intérêt sur le marché.

## **2.5.- État des installations**

Pour l'instant, l'installation est axée sur la production porcine et n'a pas été utilisée depuis quelques années. Elle a donc besoin d'innovation et d'adaptation pour devenir un système aquaponique.

Le bâtiment a une structure en bois et est fait de béton. Cela limite complètement l'entrée du soleil et l'énergie solaire est nécessaire pour la production de plantes, sinon il faudrait la remplacer par de la lumière artificielle.

Si les plantes ne sont produites qu'avec de la lumière artificielle, cela peut entraîner des coûts d'investissement et de consommation élevés.

Comme vous le verrez ci-dessous, l'énergie renouvelable peut également être utilisée pour alimenter ces lampes, mais selon l'endroit, à de nombreuses périodes de l'année, il peut y avoir très peu d'énergie disponible par rapport à ce qui est nécessaire.

En ce qui concerne les besoins en eau, l'installation actuelle présente de nombreux avantages.

D'une part, elle bénéficie d'un débit d'eau stable grâce à une source existante, et d'autre part, elle dispose d'un grand réservoir d'eau au pied de l'installation, de sorte que si l'eau de la source n'arrive pas à un moment donné, la production ne s'arrêtera pas.

Un échantillon d'eau de source a été analysé pour mesurer la qualité de l'eau.

L'eau contenait un peu de fer, ce qui pourrait être bon pour les plantes (elles peuvent en avoir besoin de plus selon la variété), et il n'y avait aucune trace de matière organique, en particulier de NH<sub>3</sub> et NO<sub>3</sub>.

Le pH peut également convenir aux plantes, car il varie de 6 à 6,5. Certains êtres vivants dans le système aquaponique comme les bactéries, ont besoin d'un pH plus élevé, mais pas de problème, grâce à la répartition du système, étant un système dépareillé vous pouvez faire une gestion différente du pH dans chacune des parties séparément.

En ce qui concerne l'énergie, à l'heure actuelle, l'électricité est obtenue à partir du raccordement principal. En raison de l'emplacement du bâtiment, certaines énergies renouvelables alternatives peuvent être installées, mais l'électricité du réseau principal sera toujours nécessaire, il est donc très bon que le bâtiment dispose déjà d'une installation énergétique.

Comme mentionné ci-dessus, il est essentiel d'incorporer la lumière naturelle du soleil, donc bien que le toit soit bien pour le moment, il serait nécessaire de le remplacer par un autre matériau transparent et au moins le mur orienté vers le sud.

### 3.- Étude d'adéquation

#### 3.1.- Adéquation des installations pour l'aquaponie

À l'intérieur, le bâtiment dispose de petites étables pour l'élevage de porcs. Vous pouvez utiliser l'un d'entre eux, mais la plupart ne seront pas valables.

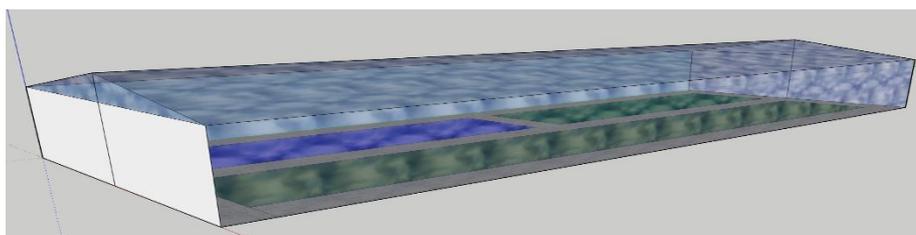
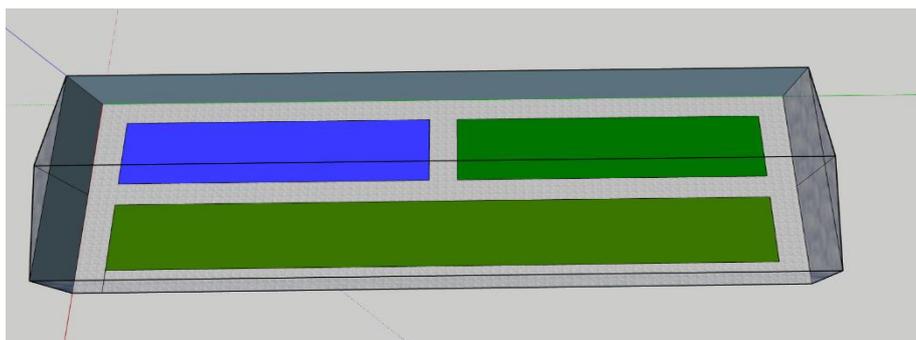
Ces granges sont faites de béton et doivent être enlevées pour pouvoir placer le système aquaponique.

Le ratio de production d'un système aquaponique pour les plantes peut varier de 1:3 à 1:6 selon la nourriture, la température, l'énergie et les heures d'ensoleillement.

Dans cette installation, compte tenu de son emplacement, il est préférable d'utiliser un modèle 1:3, c'est-à-dire que pour chaque mètre carré de surface de poisson, il faut 3 m<sup>2</sup> de surface pour les plantes.

Les systèmes de filtration, les pompes, etc. sont inclus dans la zone réservée aux poissons, de sorte qu'il n'y a pas que des poissons dans la zone réservée aux poissons.

Comme nous le verrons plus loin, il existe différents systèmes de production végétale, en fonction des besoins et de la taille de l'usine. Les méthodes de production seront précisées ultérieurement, mais vous trouverez ci-dessous une présentation de la manière dont les différentes zones peuvent être conçues.



### **3.2.- Cycle interne de l'eau**

Dans un système aquaponique, l'eau est le lien, l'eau transporte toute la nourriture des poissons vers la filtration biologique et de là vers les plantes. C'est pourquoi une bonne gestion de l'eau est très importante, tant en termes de quantité que de qualité.

Comme nous l'avons dit, l'eau vient d'une source jusqu'au bâtiment. Cette eau n'a pas d'éléments nutritifs pour les plantes mais convient très bien aux poissons.

Certaines eaux peuvent être riches en certains minéraux mais n'offrent aucune nourriture aux poissons ou aux plantes.

Les systèmes aquaponiques peuvent avoir des conceptions différentes mais sont en fin de compte basés sur le même concept interne.

Les poissons reçoivent une nouvelle eau. En nourrissant les poissons, on crée une charge organique dans l'eau.

Par le biais des excréments des poissons et de la respiration, la principale matière organique azotée restant dans l'eau est l'ammonium selon le pH de  $\text{NH}_3$  + ou  $\text{NH}_4$ .

L'ammonium est nocif pour les poissons au-delà de 2 mg/litre. Dans les systèmes traditionnels, un changement d'eau est effectué pour résoudre ce problème organique.

Un changement d'eau a différentes conséquences, telles qu'une consommation d'eau élevée, une perte de matière organique et une perte d'énergie, car dans certains cas, l'eau est chauffée ou refroidie en fonction des espèces de poissons et de l'emplacement de l'installation.

L'aquaponie peut être utilisée pour rendre le système durable. Au lieu de jeter cette matière organique, cette eau et cette énergie, il faut les réutiliser encore et encore.

Pour ce faire, il faut séparer la matière organique présente dans l'eau. La matière organique présente dans l'eau des poissons peut se trouver sous deux formes, dissoute ou solide.

Les matières organiques solides peuvent être séparées par filtration mécanique. Dans notre cas, par filtration sur sable ou par traitement biologique.

Dans les deux cas, la matière organique solide est séparée correctement, en les plaçant l'un après l'autre pour obtenir une filtration adéquate.

Cette matière organique, séparée de l'eau, ne peut être jetée. Même s'il est organique, il peut devenir polluant s'il est déversé dans la rivière ou le lac. Il faut donc trouver une nouvelle solution à ce problème.

Après avoir séparé la matière organique solide de l'eau, celle-ci passe à la première filtration biologique, la station d'épuration biologique par vermiculture. Il s'agit d'un système d'épuration au moyen de vers de terre, les vers rouges de Californie (*Eisenia fetida*). Ces vers mangent cette matière organique, la décomposant par voie enzymatique, ce qui donne de l'humus de ver.

Cet humus de ver est très riche en nutriments, mais il est encore sous forme solide.

Une filtration mécanique ne permet pas d'éliminer la matière organique dissoute dans l'eau, une autre filtration est nécessaire pour éliminer l'ammonium produit par les poissons, une filtration biologique réalisée par des bactéries.

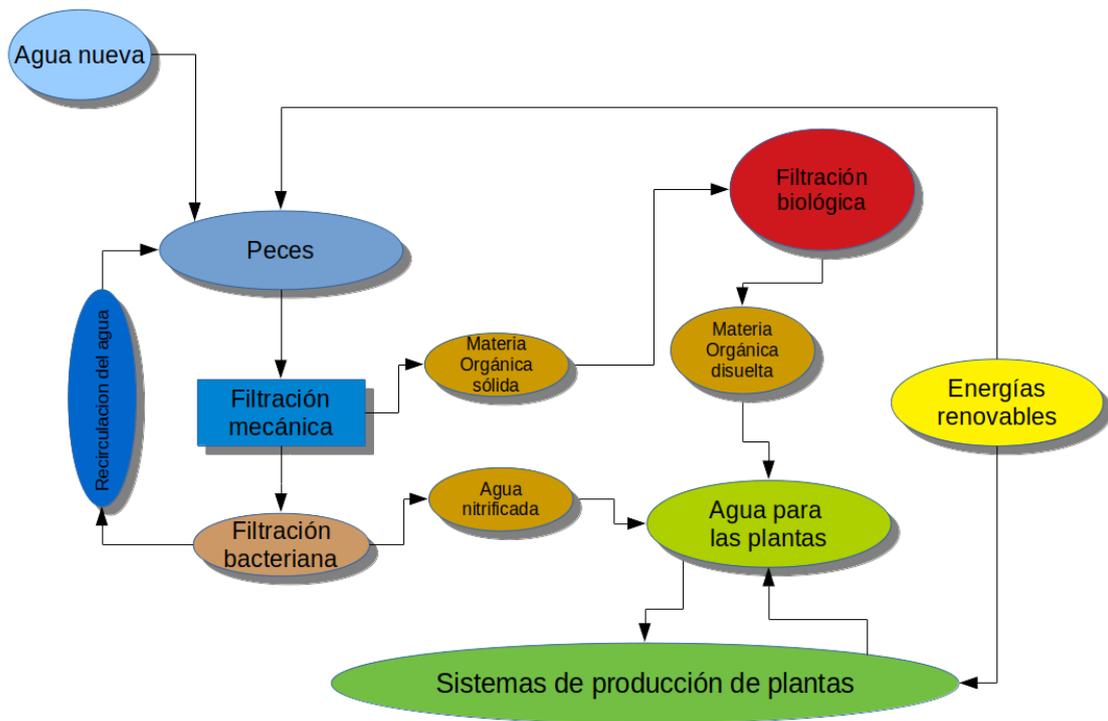
Certaines familles de bactéries que l'on trouve à la fois dans l'air et dans l'eau se nourrissent d'ammonium. Lorsque les bactéries des familles Nitrosomona et Nitrobacter se nourrissent d'ammonium, elles produisent un processus biologique appelé nitrification, qui transforme l'ammonium en nitrate NO<sub>3</sub>.

Pour créer une nitrification, les bactéries doivent être dans le bon état. Pour une bonne nitrification, ils ont besoin d'un pH d'environ 7, de nourriture, d'obscurité, d'oxygène et d'un endroit physique pour vivre et se reproduire. Ayant tout cela, ils transforment l'ammonium en nitrate.

Les nitrates sont la principale nourriture des plantes. En une seule étape, ils nettoient biologiquement l'eau des poissons avec de la matière organique dissoute et obtiennent de la nourriture pour les plantes.

Si cette eau, riche en nitrates, passe à travers la croissance des vers de terre, elle peut être dirigée vers les plantes à bonne croissance organique.

Le graphique suivant montre les étapes des processus biologiques décrits.



### 3.3.- Systèmes de production végétale

L'aquaponie permet de produire différentes plantes, qui poussent toutes vers le haut. Les tubercules, carottes, poireaux, etc. ne s'adaptent pas très bien aux systèmes aquaponiques. Quelques essais ont été réalisés avec des pommes de terre sur un substrat solide mais la croissance n'a pas été celle escomptée, il est donc recommandé de faire pousser les produits à produire vers le haut. L'ail frais, par contre, peut bien pousser dans un substrat pendant l'hiver.

Le système de production aquaponique à utiliser doit également être différent en fonction de la taille de la plante et du besoin et du mode d'alimentation.

Les méthodes de culture présentées ci-dessous ont été affinées à partir du développement initial des docteurs James Rakocy, Donald Bailey, Charlie Shultz et Jason Danaher à l'Université des Îles Vierges pendant plus de 20 ans. Charlie Shultz et Jason Danaher à l'Université des Îles Vierges depuis plus de 20 ans.

Trois systèmes de production différents peuvent être utilisés en aquaponie et tous sont sans sol.

- RAFT
- NFT
- Lits de culture

### **3.3.1.- RAFT**

Le système RAFT est très simple. Les racines des plantes sont mises en contact direct avec l'eau organique par l'intermédiaire de plaques flottantes.

Pour un système RAFT, les plantes peuvent être obtenues à partir d'un lit de semences ou en repiquant des semis ou des boutures.

Pour un tel système, les petites plantes conviennent parfaitement. De longues racines qui n'ont pas besoin d'être enracinées quelque part. Allumez les plantes qui ne portent pas de fruits, car elles peuvent être mangées par les insectes lorsqu'elles entrent en contact avec la planche et pour qu'elles ne se courbent pas ou perdent leurs fruits.

C'est pourquoi les systèmes RAFT peuvent convenir à la production de laitues et d'herbes aromatiques.



### **3.3.2.- NFT**

Dans un système NFT, les racines, comme dans le précédent, sont en contact direct avec l'eau. Dans ce cas, cependant, au lieu d'utiliser une grande surface d'eau, quelques tuyaux sont utilisés pour la production.

Des tubes (qui peuvent être de différentes formes) sont utilisés pour pomper l'eau à travers eux, de sorte que ce flux d'eau entre en contact avec les racines et qu'elles puissent recevoir tous les nutriments dont les plantes ont besoin.

Contrairement au système RAFT, une pompe est nécessaire dans ce cas.

Les systèmes NFT peuvent convenir à la production d'herbes aromatiques, de laitues et surtout de fraises. Le principal avantage de ces systèmes est qu'ils peuvent être placés à la hauteur souhaitée par rapport au sol. Le matériau du substrat est sans importance, la nourriture va dans l'eau et peut être pompée n'importe où.

Dans le cas des fraises, ce système est très approprié, alors que la plante pousse vers le haut, les fruits sortent vers le bas, mais sans contact avec une surface quelconque, ce qui permet de produire de beaux et bons fruits, presque sans l'effet des insectes ou des champignons.



### **3.3.3.- LITS DE CULTURE**

Ces systèmes, comme leur nom l'indique, sont des pépinières ou des lits remplis de différentes surfaces et substrats.

Dans ce cas, les racines des plantes ne sont pas en contact direct avec l'eau organique.

Un substrat inerte est utilisé pour enraciner les plantes et pour les renforcer et les étirer.

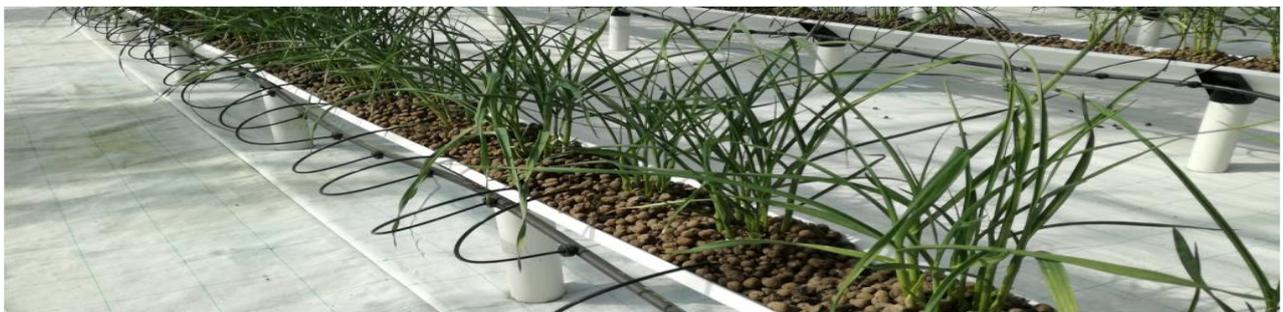
Ces systèmes conviennent mieux aux plantes longues. Les tomates, les poivrons et même l'ail frais conviennent également très bien aux systèmes de lits.

Les plantes utilisent un substrat inerte pour s'enraciner et l'alimentation se fait au moyen d'un système de fertirrigation.

Grâce à une programmation automatique, le temps d'arrosage requis par la plante est réglé.

Cela nécessite également une pompe qui, dans la plupart des cas, est considérablement plus grande que le système NFT. Dans ce cas, la pompe doit non seulement surmonter la hauteur de charge mais aussi la pression.

Les conceptions peuvent être différentes mais, à terme, nous aurons le même format de production dans des systèmes de lits de culture, de substrat inerte, par exemple de l'arlita (pierre volcanique utilisée dans la construction) et de système d'irrigation automatique.



### **3.4.- Système de production piscicole**

Il y aura un système unique pour les poissons, bien que l'espèce de poisson n'ait pas encore été sélectionnée, beaucoup de choses ne sont pas différentes du point de vue de l'ingénierie.

Vous avez besoin d'un lieu de production pour les poissons, d'un réservoir où les poissons se trouveront. Les réservoirs peuvent être de forme ronde, carrée ou rectangulaire.

Normalement, les ronds sont utilisés pour faciliter l'élimination des sédiments, mais ceux de forme carrée ou rectangulaire sont plus couramment utilisés s'ils sont en brique ou en béton et peuvent être plus grands en taille ou en longueur.

Les citernes en fibre sont le plus souvent rondes mais ont une taille limite, elles ne dépassent pas 10 000 litres et sont impossibles à transporter dans certains endroits. Si vous devez entrer par une porte, la plupart du temps, ils ne peuvent pas être utilisés.

Un autre avantage des ronds est qu'ils sont directement liés au poisson. Si le poisson est actif, c'est-à-dire s'il nage tout le temps d'un côté à l'autre, comme la truite, le saumon et l'esturgeon, il inflige moins de blessures au museau, ce qui réduit la mortalité.

En revanche, dans les réservoirs carrés, les blessures peuvent être plus nombreuses car elles se heurtent au museau des poissons lorsqu'ils sont stressés ou terrifiés. Et mourir en conséquence.



En plus du réservoir, dans le système de poissons, un système de filtration mécanique est nécessaire. Sur le marché, vous pouvez trouver différents filtres mécaniques. Les plus couramment utilisés sont les filtres à tambour et les filtres à sable.

Les deux peuvent convenir dans ce cas, bien que les sables soient plus économiques. Ceux à tambour, en revanche, sont plus automatiques et ne nécessitent pas d'autonettoyage à la main.



Filtre à tambour



Filtre à sable

Une fois la matière organique solide éliminée par filtration mécanique, elle est acheminée vers une station d'épuration biologique, où elle est compostée par les vers de terre et mise à la disposition des plantes.

La matière organique dissoute est à nouveau traitée par filtration biologique. Une filtration biologique peut prendre différentes formes, mais à l'intérieur, elles sont toutes identiques. S'il y a de l'obscurité, de la nourriture, de l'oxygène et un endroit où s'installer, les bactéries resteront là et se concentreront sur la nitrification. Plus il y a d'endroits, plus il y a de nourriture et plus il y a d'oxygène et de bactéries, plus il y aura de reproduction et de nitrification.

La nitrification fait baisser le pH de l'eau, ce qu'il est très important de contrôler, car les bactéries entrent en dormance en dessous de pH6 le temps de retrouver un pH correct.

Dans ces cas, il faut utiliser un carbonateur pour augmenter le pH à la valeur requise.

Un taux d'ammoniac supérieur à 2 g/litre et un taux de nitrates supérieur à 150 g/litre sont nocifs, c'est pourquoi la qualité de l'eau des poissons doit être mesurée souvent.

### **3.4.1.- Eau de pêche**

L'eau est le lien et le facilitateur d'un système aquaponique. La mesure de la qualité et des caractéristiques de l'eau est essentielle pour le bon fonctionnement du système.

Les poissons ont certains besoins, les bactéries en ont d'autres et enfin les plantes ont d'autres besoins.

Si le système était conçu en un seul circuit, un ou deux des trois ne seraient pas à l'aise car ils ont des besoins différents.

Par exemple, les plantes absorbent mieux la nourriture à un pH de 6 et les bactéries ne peuvent pas effectuer de nitrification. Cela porterait la quantité d'ammonium à un niveau risqué jusqu'à ce que les poissons meurent et qu'il n'y ait plus de nitrates pour les plantes. La mesure de l'eau est donc très importante et le système aquaponique est mieux réparti et géré dans différents micro-écosystèmes.

Dans le schéma ci-dessus, vous pouvez voir une proposition graphique pour la gestion correcte d'un système aquaponique.

### **3.5.- Énergie lumineuse et photopériode**

Les poissons comme les plantes ont besoin de lumière pour survivre. Le cycle lumineux ou photopériode des poissons est directement lié à l'alimentation et à la reproduction.

Il suffit que les poissons aient de la lumière. Plus le nombre d'heures de lumière est élevé, plus les possibilités de se nourrir sont nombreuses, mais ils ont également besoin de l'obscurité pendant quelques heures pour rester calmes et se reposer.

Les plantes, quant à elles, ont besoin de l'énergie lumineuse pour la photosynthèse et l'alimentation. Ils n'ont pas seulement besoin de luminosité, le spectre lumineux et la puissance sont d'une grande importance.

Chaque plante a ses propres besoins nutritionnels, ainsi que ses propres besoins en énergie lumineuse.

Les plantes qui sont adaptées aux facteurs climatiques d'un endroit ne se développeront pas bien si elles ont une lumière, une température ou des nutriments différents.

Ainsi, si vous souhaitez cultiver des plantes qui poussent habituellement sous les tropiques, vous devez étudier leurs besoins et leur donner la température, l'énergie lumineuse et la photopériode dont elles ont besoin.

Dans ce cas particulier, l'énergie lumineuse et la photopériode varient tout au long de l'année. Cela signifie que les plantes seront également différentes en fonction de la saison. Pour avoir les mêmes plantes toute l'année, il faut que l'énergie lumineuse et la photopériode soient les mêmes et pour cela il faudrait que l'installation soit éclairée et chauffée artificiellement.

Cet éclairage artificiel peut permettre une production plus élevée mais augmente également les investissements et les coûts journaliers.

Il existe des lampes utilisant la technologie LED qui permettent de réduire les coûts quotidiens et peuvent également réduire l'investissement.

En fonction des installations et de la superficie décidées, la puissance journalière peut être calculée et de là, les coûts et l'investissement peuvent être vus plus tard.

Sachant quelle est la consommation de lumière, les énergies renouvelables peuvent être utilisées pour réduire les coûts quotidiens, mais il faut tenir compte du fait que le besoin d'énergie lumineuse est constant et que la production d'énergie est variable, en fonction du temps.

### **3.6.- Énergie et sauvegarde du système**

Comme mentionné ci-dessus, les énergies renouvelables peuvent être utilisées dans un système aquaponique.

Dans ce cas, si l'on veut obtenir une bonne production, les énergies renouvelables ne peuvent être utilisées qu'en complément.

La filtration mécanique doit être opérationnelle 24 heures sur 24, le mouvement de l'eau, le système d'irrigation, les alarmes et l'oxygénation doivent également être opérationnels 24 heures sur 24.

Il est ensuite nécessaire de le connecter à la prise d'éclairage principale.

Si les coupures de courant sur le site sont fréquentes, il serait intéressant de disposer d'un système de production d'électricité, notamment pour la section piscicole.

Un groupe électrogène à combustion pourrait faire l'affaire, car on en trouve sur le marché avec différentes puissances selon les besoins du système.

### **3.7.- Alarmes et automatisation**

Les alarmes, le système d'irrigation, le contrôle du pH, le contrôle de la température, l'activation de la lumière et les temps d'arrosage peuvent être automatisés.

Il est très important de contrôler les paramètres des installations, et pour cela il est important de mettre en place un système d'automatisation.

Les systèmes existants pour l'aquaculture peuvent être adaptés à l'aquaponie afin que, où que nous soyons, nous puissions savoir ce qui se passe dans l'installation de production.

L'automatisation peut être gérée sur place ou même à distance.

Avec sa gestion, il est possible de programmer l'irrigation, l'alimentation électrique, etc. ainsi que la programmation logique. Une réponse automatique peut être programmée lorsqu'une action se produit, soit par des alarmes, soit par des actions.

Par exemple, si le pH devient faible, une alarme peut être programmée pour envoyer un sms au téléphone portable (il doit y avoir un signal téléphonique en place) et une pompe peut également être réglée pour ajouter de l'eau avec un pH élevé de carbonate. C'est ce qu'on appelle la programmation logique.

Aucun signal Internet n'est nécessaire pour toutes ces fonctions. Parce que les actions ont lieu à l'intérieur et que les messages n'ont qu'une adresse sortante.

Si vous voulez effectuer des actions et contrôler le système depuis l'extérieur, vous avez besoin d'une programmation spéciale et d'un signal Internet. Grâce à un serveur en nuage, vous pouvez consulter toutes les données du système en ligne et même effectuer certaines actions.

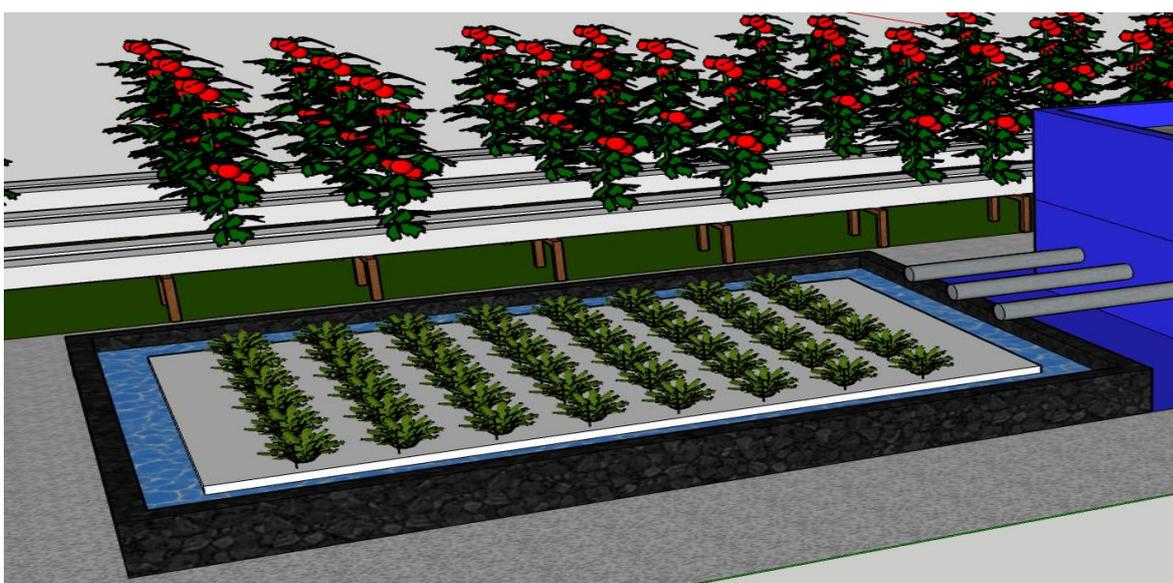
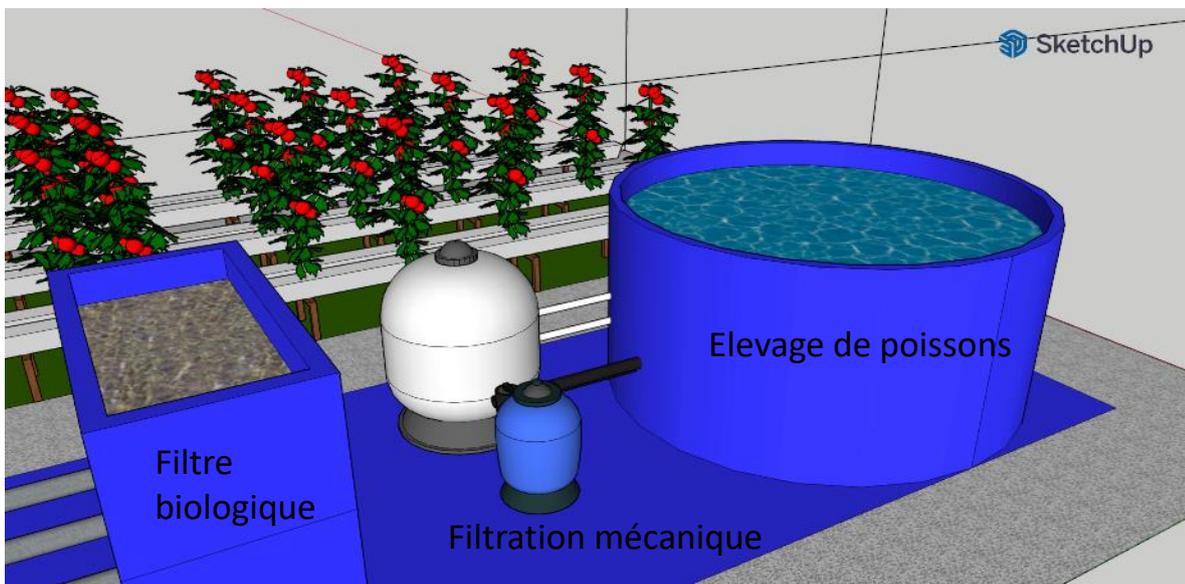
L'un des systèmes d'automatisation et de contrôle les mieux adaptés à une installation d'aquaponie est le système Profilux.

Le profilux, qui comprend plusieurs sondes, peut contrôler ou améliorer la qualité de l'eau, allumer ou éteindre des lumières, des pompes et d'autres systèmes à 220 volts, et permet une programmation logique.

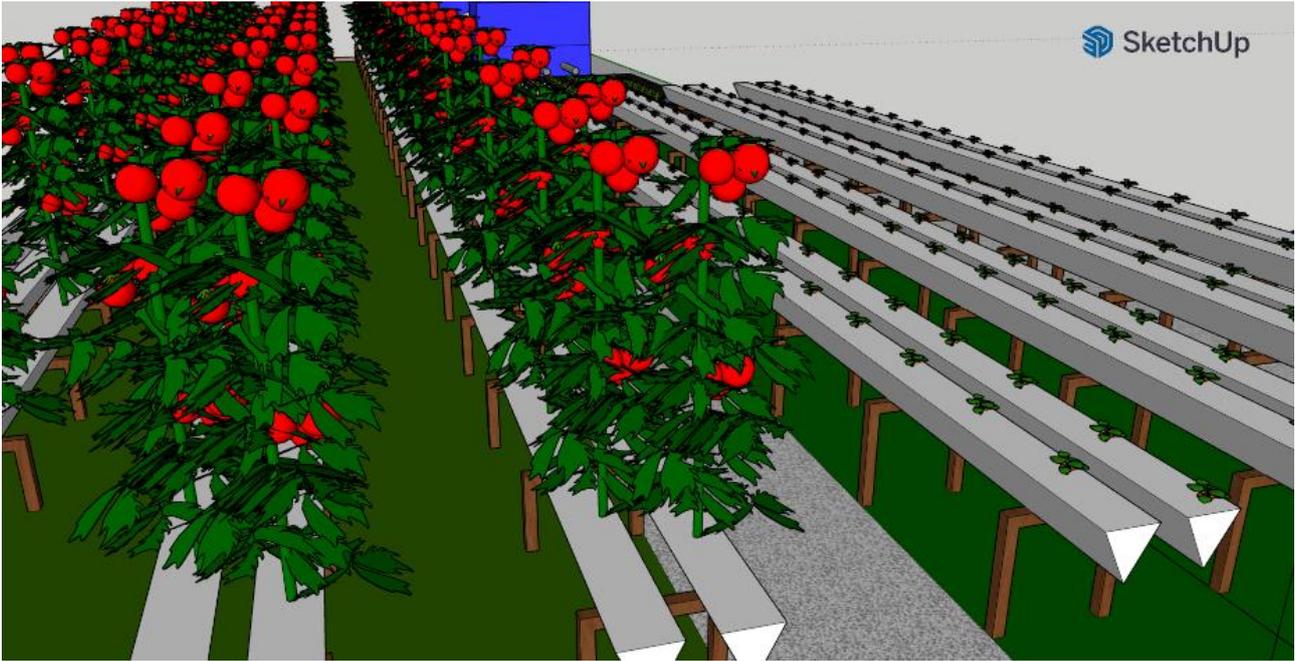
## .8.- Proposition de conception

Ensuite, en tenant compte de tout ce que nous avons vu jusqu'à présent, une proposition d'aménagement intérieur pour l'aquaponie sera présentée.

Chaque projet a été conçu en tenant compte de la zone et d'une proposition qui permettra au client de travailler avec le plus grand nombre possible d'espèces de plantes et de poissons. Les espèces à produire doivent encore être définies par le client.

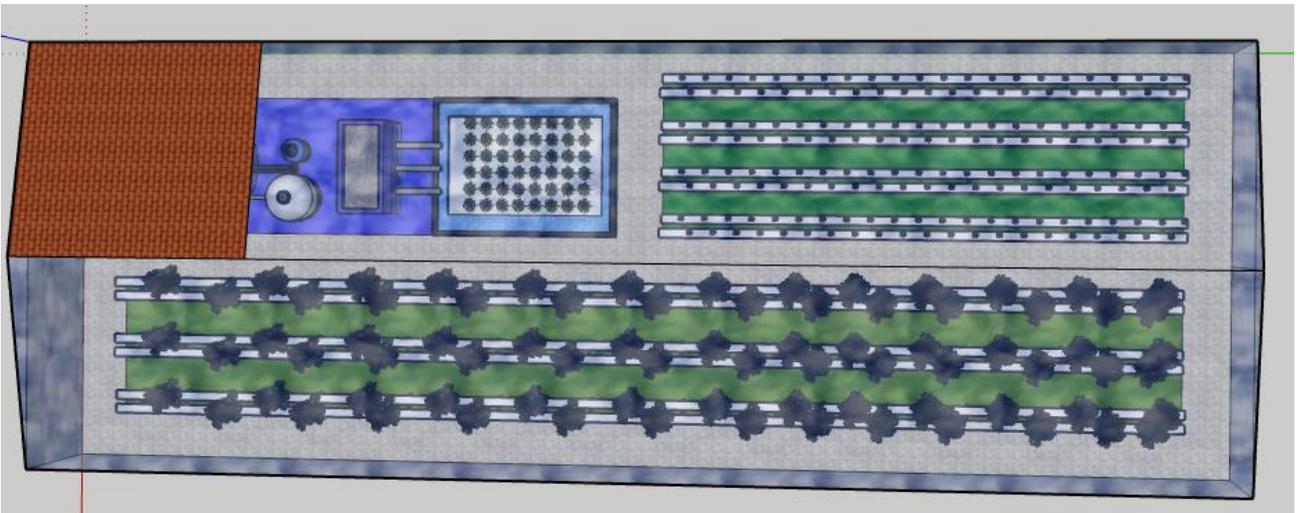
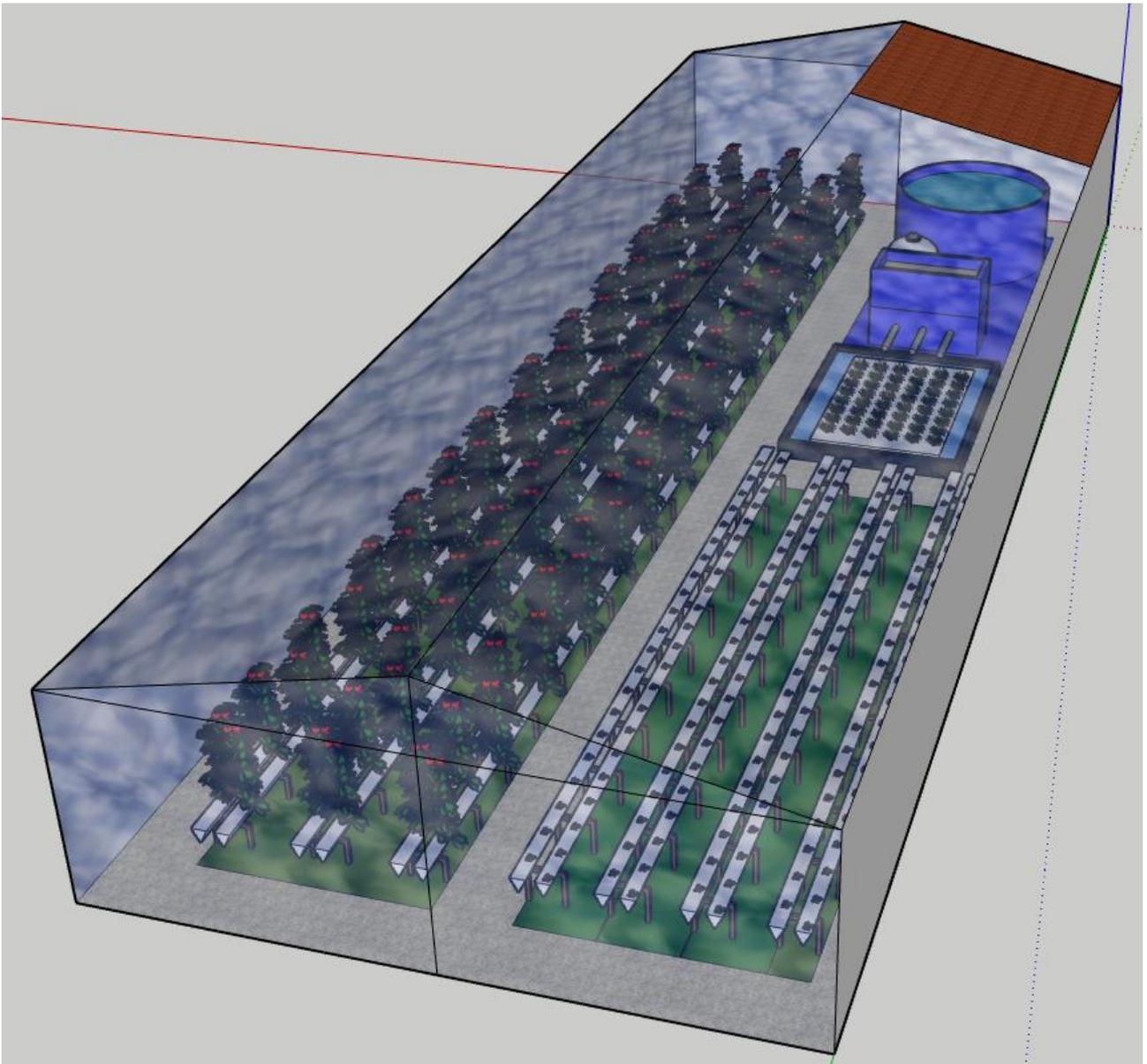


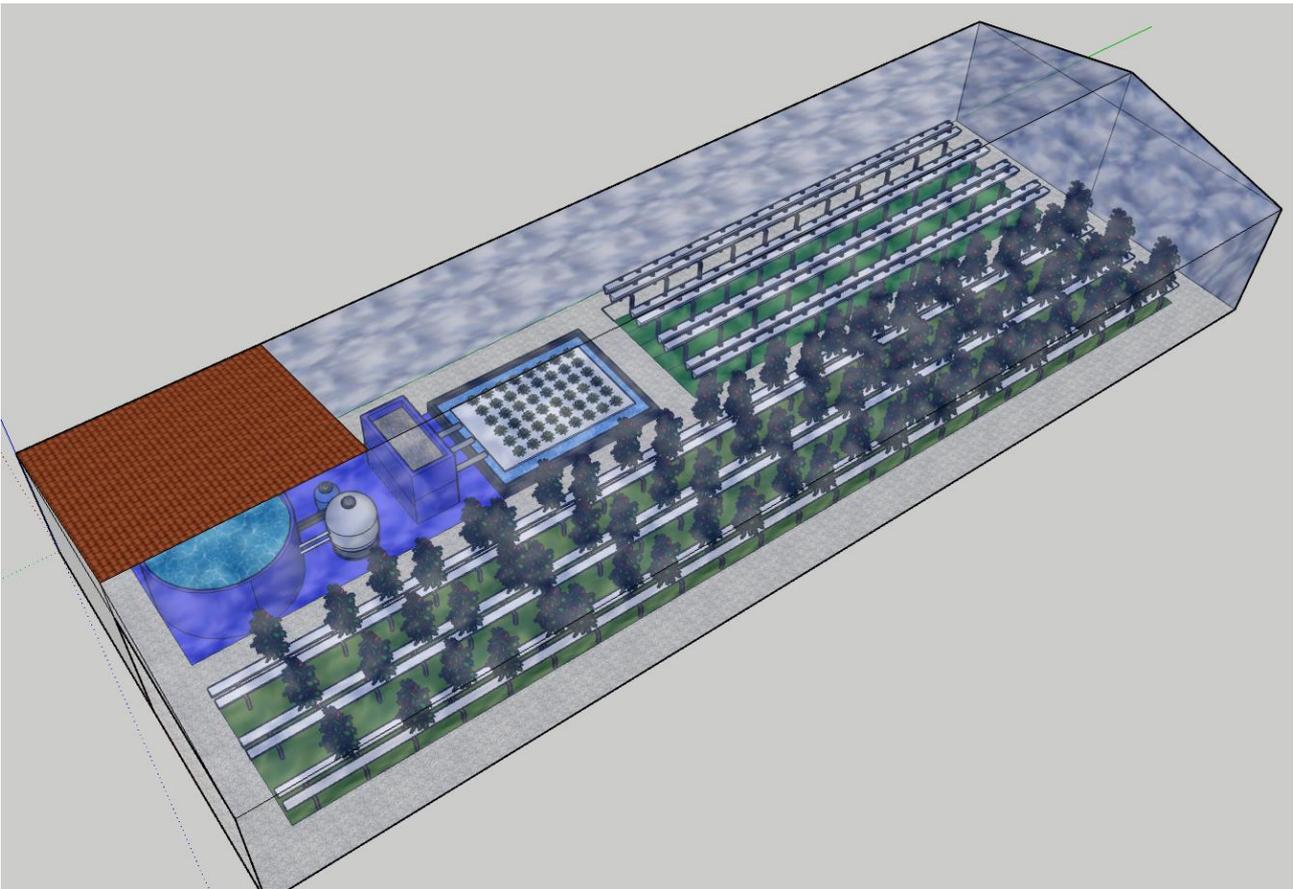
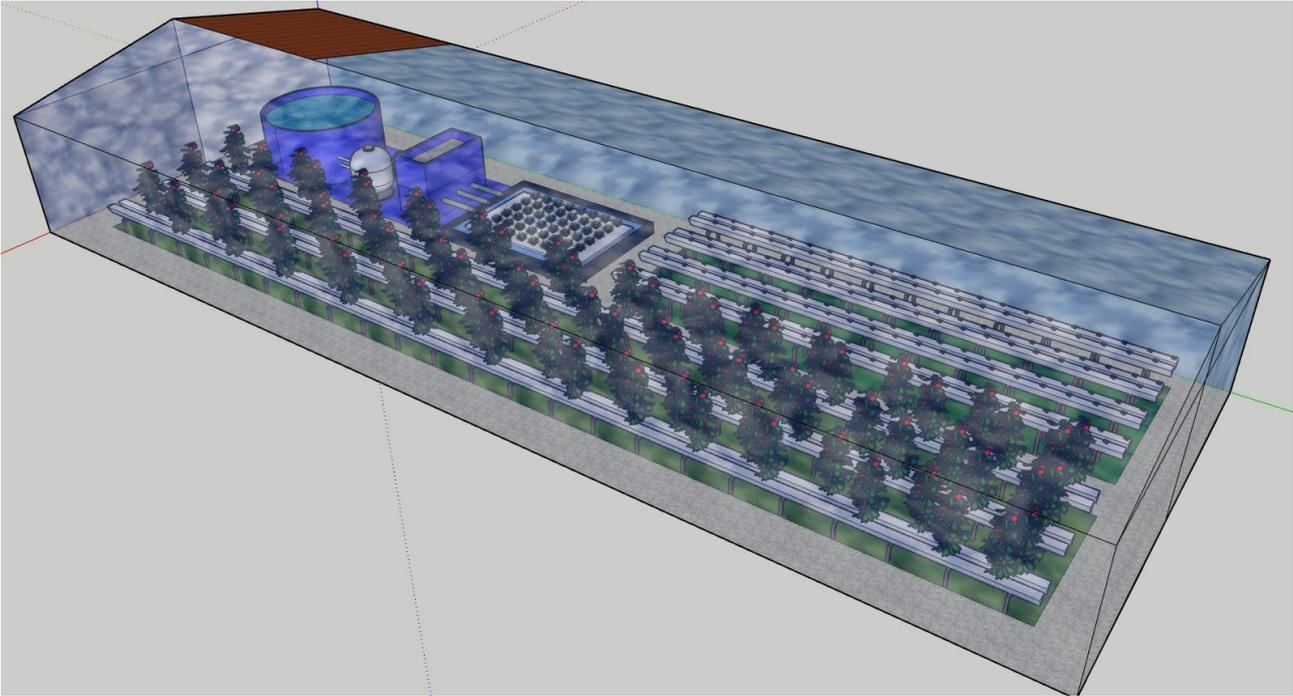
Système Growing Beds



Systeme NFT

**3.8.1.- Vue générale des installations**





### **3.9.- Budget**

Lors de l'établissement du budget, dans ce cas, comme le propriétaire a l'intention d'effectuer l'installation lui-même, le coût du matériel par BREEN, le transport, les conseils par téléphone et 5 visites à leurs installations sont inclus dans le budget.

### **Matériau.**

Tout ce qui est nécessaire pour faire fonctionner l'ensemble du système, à l'exclusion des énergies renouvelables. C'est ce qui est nécessaire pour connecter le système à 220 volts.

- aquarium en fibre de 5 m<sup>3</sup>
  - Système complet de filtration mécanique.
  - Système complet de filtration bactérienne
  - Tout pour le traitement biologique
  - Piscine en toile et dalles flottantes pour le système RAFT
  - Tous les tuyaux en PVC
    - 50 Diam à 500 mètres
    - 32 Diam 500 mètres
  - Tous les coudes en PVC nécessaires , Ts et colle
    - Adaptateurs pour différents diamètres
  - Manchons 3 pièces de 50 et 32 dia.
  
- Système NFT complet
  - Supports pyramidaux en PVC
  - Pieds en bois tropical
  - Vannes de contrôle du débit d'eau
  - Tuyau en caoutchouc pour l'adduction d'eau
  - Matériel nécessaire pour le fixer au sol
  - Enracinement de la laine de roche
  - Conteneurs à plantes spéciaux pour l'aquaponie
  - Pompes d'irrigation

- Tout ce dont vous avez besoin pour le système de lit de culture
  - Supports pyramidaux en PVC
  - Pieds en bois tropical
  - Système d'irrigation pour chaque plante
  - Tuyau en polypropylène pour le transport et le dosage de l'eau
  - Matériel nécessaire pour le fixer au sol
  - Substrat d'Arlite
  - Pompes d'irrigation

***TOTAL : 7.900 euros***

#### **4.- Recommandations**

- Il peut être conseillé d'installer des lumières artificielles pour obtenir une meilleure récolte toute l'année, surtout en hiver.

- Lorsque la température de l'eau descend en dessous de 15 degrés à l'intérieur de l'installation, le temps de croissance des plantes diminue beaucoup. Il serait peut-être judicieux de contrôler la température de l'installation.

- En chauffant uniquement l'eau, les plantes ne pousseront pas mieux, car il peut y avoir une grande différence entre la température des racines et celle de l'air.

- N'oubliez pas que les plantes à fleurs ont besoin de pollinisation. Si les fenêtres sont ouvertes pour laisser entrer le vent, des insectes volants vont entrer, dont certains sont bons pour la pollinisation comme les abeilles, mais dont certains peuvent aussi être de mauvais insectes. Les aleurodes, papillons et autres insectes volants, qui sont particulièrement nuisibles aux tomates.

- Si un traitement est nécessaire, limitez bien la zone de traitement. Dans le système conçu, l'eau ne reflue pas des plantes vers les poissons, mais le traitement peut quand même se répandre dans l'air et avoir des effets néfastes s'il se retrouve sur les poissons ou dans l'usine de traitement biologique.

- La charge organique de l'eau n'est pas directement liée à la quantité de poissons, mais à la qualité et à la quantité de nourriture qui leur est donnée.

- Il est important de donner aux poissons un régime spécifiquement conçu pour leur espèce, ainsi que de respecter les tableaux de quantités fournis par le fabricant. Sinon, les poissons ne se développeront pas bien ou nous perdrons de l'argent en fournissant trop de nourriture.

- Si, après avoir suivi le tableau d'alimentation des poissons et leur avoir donné toute la nourriture qu'ils peuvent manger, la charge organique de l'eau n'est pas suffisante, deux choses peuvent être faites pour les légumes. Augmentez la quantité de biomasse, c'est-à-dire ajoutez plus de poissons et fournissez plus de nourriture, et ajoutez à l'eau végétale des aliments organiques préparés pour la culture hydroponique.

- La production végétale doit être linéaire, ce qui signifie que toutes les plantes ne peuvent pas avoir la même taille, car si elles sont récoltées en même temps pour être commercialisées, il ne restera plus de plantes pour absorber la matière organique et l'équilibre du système pourrait être perdu.

- Il est recommandé de planter les graines toutes les 2 semaines afin que la production soit échelonnée.

- Il est nécessaire d'automatiser les processus pour certaines choses. Arrosage, alimentation, ouverture et fermeture des fenêtres, etc. Cela pourrait suffire avec quelques minuteurs au début, mais il est intéressant pour l'avenir d'avoir un système comme Profilux. Pour cette installation, le coût de Profilux serait de 1.900 euros et comprendrait les accessoires suivants.
  - Profilux CPU
  - Boîte d'extension 1 pour sondes à distance
  - Sonde de conductivité électronique
  - Sonde de température de l'eau
  - Capteur d'humidité et de température ambiante
  - Sonde de pH
  - Barre d'alimentation 1 pour le contrôle des pompes d'irrigation
  - Pour plus d'informations sur les produits. <https://www.aquariumcomputer.com/>
- Pour plus d'informations sur les lampes de culture à LED <http://www.urbi.com.es/>
- Pour plus d'informations sur les matériaux d'énergie renouvelable, veuillez [consulter le site http://www.xunzel.com/](http://www.xunzel.com/).

## **5.- Conclusions**

Compte tenu de tout ce qui a été dit jusqu'à présent, on peut affirmer qu'il est possible de réaliser une réutilisation adéquate des infrastructures agricoles de ce type au moyen d'installations aquaponiques.

Cependant, il est nécessaire d'établir clairement à quoi est destinée l'installation, le type de production, les facteurs abiotiques qui interviennent dans le lieu, tels que la température, les heures de soleil et l'eau.

Compte tenu de tout cela, un nouveau projet personnel et spécifique est nécessaire dans chaque lieu.

De cette façon, en fonction de l'idée du client, nous chercherons l'adaptation la plus adéquate à ces installations afin d'obtenir les meilleurs rendements et productions possibles.

Des solutions similaires pour différentes installations ne seront pas valables à 100 % dans d'autres endroits, car il peut y avoir des facteurs différents.

Dans le cas étudié dans ce document, il est clair qu'il est possible de mettre en place une installation aquaponique, de produire de bons produits, mais en raison de sa taille, elle ne peut pas être une simple entreprise, mais un complément à une autre production/entreprise. Les produits aquaponiques peuvent apporter une valeur ajoutée à l'entreprise, ainsi qu'à l'établissement lui-même en termes de visites et de formation.

## **Annexe 1**

Projet productif de caractéristiques similaires à la casuistique du projet actuel réalisé pour l'entreprise INNOVANTIS de Galice Espagne.

Cette annexe ne comporte que la traduction en français du texte, pour consulter tous les schémas associés, merci de consulter la version en espagnol

## 1.- Introduction

### 1.1.- Contexte

Ce projet a été réalisé par l'équipe technique de BREEN S.L. et avec la collaboration de GreenFish S.L. L'objectif de ce projet est de promouvoir la diversification de la pisciculture durable, conformément aux objectifs fixés par le Plan stratégique pour l'aquaculture de la CEE.

À cette fin, nous avons sélectionné une espèce de grande importance mondiale qui est encore pratiquement inconnue des producteurs et des marchés en Espagne et même en Europe : le **Tilapia** (*Oreochromis niloticus*).

A travers ce projet, nous proposons de réaliser une culture **durable** du Tilapia axée sur trois axes principaux :

- Durabilité de la gestion de l'eau ; recirculation et aquaponie
- Durabilité énergétique ; énergies renouvelables et efficacité énergétique
- Durabilité de l'alimentation du Tilapia ; aucune dépendance vis-à-vis de l'environnement ou des ressources marines.

### 1.2.- Adéquation du Tilapia

Les différentes espèces connues sous le nom générique de Tilapia constituent l'un des groupes les plus importants de l'aquaculture mondiale. Partout où il est cultivé, il s'avère être un produit rentable et compétitif qui se présente comme une bonne alternative protéique avec d'excellentes perspectives de développement.

Avec une chair blanche et solide et une saveur neutre, c'est un produit qui se fraye facilement un chemin sur les différents marchés mondiaux au point de devenir le deuxième groupe de poissons d'élevage après la carpe et au-dessus des salmonidés.

Outre sa qualité, son succès est dû à sa facilité de culture, car il s'agit d'une espèce qui s'adapte facilement aux systèmes de culture intensive et qui présente un taux de reproduction élevé, une grande résistance aux maladies, un taux de survie élevé, etc. et qui est capable de se développer de manière adéquate dans une large gamme de qualités physico-chimiques de l'eau.

## **2.- Méthodologie**

Afin d'atteindre les objectifs décrits ci-dessus, ce projet suit les lignes directrices énoncées ci-dessous :

- Caractérisation des exigences environnementales du Tilapia à partir de la connaissance de sa biologie.
- Délimitation des bio-indicateurs qui satisfont avec cette technologie les exigences identifiées comme convenant au Tilapia.
- Identification des risques environnementaux de la culture durable et autres facteurs limitants.
- Examen et analyse des techniques et technologies de culture durable les plus appropriées pour l'espèce dans les conditions environnementales de sa production.
- Adéquation de la culture pour la prévention des risques environnementaux.
- Possibilités de commercialisation, de distribution, etc., ainsi qu'une analyse de la rentabilité économique des installations.
- Calcul des quantités à produire
- Évaluation des coûts d'investissement
- Calcul des coûts de production

L'ensemble du processus est réalisé par la collecte de documentation, la consultation de spécialistes de l'espèce, la visite de différentes installations nationales et internationales et par la propre expérience de production de l'installation pilote de BREEN.

### **3.- L'élevage du tilapia**

#### **3.1.- Importance mondiale de la culture du tilapia**

Le tilapia offre une compétitivité incontestable en tant qu'espèce d'élevage. Outre sa qualité élevée, son goût agréable et sa grande tolérance aux différentes conditions environnementales, il est résistant aux maladies les plus courantes des poissons d'élevage, sa relative facilité de reproduction et sa vitesse de croissance en élevage intensif.

Toutes ces qualités de grand intérêt pour l'aquaculture, ont conduit le Tilapia à être le deuxième groupe d'espèces le plus important dans la production aquacole mondiale, après la carpe, avec un volume approximatif de 20% du total des poissons cultivés, production qui est dans un processus de croissance continue.

Selon la FAO, sur une production mondiale de 3 200 000 MT en 2010, la Chine était le plus grand producteur, représentant près de 40% de la production mondiale totale, suivie par l'Égypte, les Philippines, l'Indonésie, etc.

Image 1 : Les plus grands producteurs mondiaux de tilapia, FAO

Depuis quelques années, le tilapia est le troisième produit alimentaire aquatique le plus importé aux États-Unis après les crevettes marines et le saumon de l'Atlantique, et il a été élu poisson de l'année pendant 6 années consécutives. En 2010, la consommation totale de Tilapia était d'environ 466 000

MT avec des perspectives de croissance très intéressantes dans les années à venir qui lui permettront de se placer parmi les dix premiers produits du secteur de l'aquaculture et de la pêche. On s'attend à ce que sa consommation maintienne une augmentation annuelle moyenne minimale de 3 %.

Dans le monde entier, la production de Tilapia montre une croissance vigoureuse, donnant à cette culture un rôle de premier plan en tant qu'aliment du futur, en particulier dans les pays en voie de développement, les zones à forte population, etc., surtout si elle est considérée comme une alternative viable à la pêche extractive à une époque où les zones de pêche sont surexploitées et où la sensibilité sociale exige une production durable compatible avec la qualité de l'environnement dans le temps.

Au niveau européen, il n'y a pratiquement pas de production de Tilapia, mais environ 20 000 tonnes sont importées de Chine chaque année, importées congelées entières et en filets, et les pays indiqués dans le tableau suivant sont les pays les plus consommateurs au niveau européen.

### **3.4.- L'élevage du tilapia en Espagne**

#### **3.4.1.- Exploitations existantes**

Au niveau national, il n'y a pas de grande production de Tilapia qui puisse fournir une solution à la demande existante. Selon les dernières données recueillies par Infofish lors de son congrès annuel sur le tilapia 2010, environ 20 000 MT de tilapia sont actuellement importées en Europe depuis la Chine, dont 4 % pour le marché espagnol et 22 % pour le marché français.

L'entreprise Valenciana de Acuicultura à Puçol produit environ 20 MT de Tilapia et l'entreprise Granjas piscícolas del sur à Adamuz produit environ 100 MT par an. Toute cette production est consommée sur les marchés locaux et ne suffit pas à satisfaire la demande actuelle, qui est d'environ 800 MT par an, comme le montrent les graphiques ci-dessus.

#### **3.4.2.- Potentiel**

Comme il a été mentionné précédemment, en Espagne, la culture du Tilapia est encore très peu développée. Par conséquent, il s'agit d'un poisson pratiquement inconnu qui doit progressivement faire son entrée sur notre marché. Malgré cela, les expériences pilotes réalisées avec ces poissons, dont BREEN, donnent des résultats intéressants, ce qui nous amène à penser que son introduction sur le marché espagnol peut être très positive.

La grande demande de poisson dans notre pays est un avantage de départ par rapport à d'autres pays moins traditionnels dans ce type de produit. En tout cas, l'irruption d'une nouvelle espèce ou d'une espèce peu connue doit toujours surmonter une certaine réticence initiale, qui dans ce cas n'existe peut-être pas étant donné sa similitude morphologique avec d'autres produits d'excellente acceptation.

Le tilapia est connu sous le même nom commun dans le monde entier. C'est un grand avantage lorsqu'il s'agit de le commercialiser. Il est possible que la plupart des consommateurs espagnols de poisson ne connaissent pas le Tilapia, mais c'est l'un des poissons les plus consommés en Amérique du Sud, en Afrique et en Asie, de sorte que la population immigrée connaît parfaitement ce poisson et c'est dans ce noyau de marché qu'il est le mieux accepté.

Le tilapia peut être commercialisé de deux manières différentes, entier éviscéré comme la daurade et le bar sont commercialisés avec une taille appelée ration ou propre, fileté et emballé dans des plateaux pour une manipulation facile en cuisine.

S'agissant d'un poisson blanc, au goût neutre et sans arêtes, il est idéal pour être consommé par les enfants et les adolescents dans différents formats. En bâtonnets de poisson, dans les saucisses, dans les hamburgers, etc.

Aux États-Unis, il existe un marché de consommation émergent pour les produits de 4e et 5e gamme en format "ouvert et prêt", deux minutes au micro-ondes et c'est tout. Pas de dégâts, pas de mauvaises odeurs et de nombreuses possibilités de sauces et de cuisson. Comme on peut le voir dans le tableau, au cours des 10 dernières années aux États-Unis, la consommation de Tilapia a augmenté de 500% grâce à ces nouveaux formats.

### **3.5.- Le marché**

Parmi les caractéristiques qui font du Tilapia un produit appétissant pour la consommation figurent son aspect, la qualité de sa viande et sa haute valeur nutritionnelle, avec peu de calories et aucun cholestérol.

Cependant, ce n'est que depuis quelques années que les produits à base de tilapia commencent à émerger et à être reconnus. Cette augmentation de la production est principalement due à la vigueur du marché américain, qui est devenu l'un des principaux importateurs de tilapia. Actuellement, son marché est divisé en plusieurs segments : poissons vivants, poissons entiers congelés, filets congelés et filets frais.

Selon les données, l'Amérique du Sud est à l'origine de la plupart des importations, suivie par la Chine, Taïwan, l'Indonésie, etc. En outre, le marché canadien a connu une grande augmentation ces dernières années, notamment le marché des poissons vivants qui reçoit des Tilapias d'Amérique du Sud et de Jamaïque.

En Amérique du Sud, la consommation de tilapia a également augmenté. Ainsi, la Colombie, le Venezuela, le Brésil, le Mexique ou Cuba, en plus d'être des exportateurs, ont une grande consommation locale.

Les pays arabes constituent également un marché important pour le tilapia, consommant des volumes élevés tant au niveau des importations que de la production nationale. Le principal pays producteur dans la région est l'Égypte avec 384 000 tonnes produites en 2010. De même, les principaux importateurs de tilapia en provenance des pays asiatiques sont l'Arabie saoudite, le Koweït, les Émirats arabes unis, le Bahreïn, la Jordanie et le Qatar.

En Europe, ce produit est encore très peu connu de la majorité de la population et sa culture n'en est qu'à ses débuts, même si on lui prédit une croissance rapide et un avenir prometteur. Le pays ayant le plus grand marché pour le Tilapia est le Royaume-Uni avec 34% des importations, suivi par la France 22%, la Hollande 17%, la Belgique 14%, le Portugal 7% et l'Espagne 4%.

Les principaux consommateurs de tilapia en Europe sont les membres des communautés africaines et asiatiques, en particulier les Chinois, qui vivent dans les principales villes européennes, bien que sa consommation connaisse une croissance exponentielle sur des marchés où la présence de ces communautés du fait de l'immigration ne justifie pas à elle seule cette augmentation.

La quasi-totalité du tilapia consommé en Europe est importé ; il y a quelques années encore, seule la Belgique pratiquait l'élevage du tilapia, qui est devenu le deuxième produit aquacole du pays. À l'heure actuelle, le Royaume-Uni et la France ont déjà leurs propres productions et d'autres pays ont entrepris diverses expériences pilotes.

Contrairement au marché américain, le marché européen préfère importer du Tilapia entier et congelé. Les principaux fournisseurs pour l'Europe sont la Chine, la Thaïlande, l'Indonésie, le Vietnam, la Malaisie, le Costa Rica, la Jamaïque et plus récemment le Zimbabwe et l'Ouganda.

En vue du marché international, le poids final du poisson varie en fonction de la demande ponctuelle du marché, la taille optimale se situant entre 600 et 800 grammes.

L'avenir du tilapia sur le marché international est très encourageant. Les États-Unis et l'Europe connaissent une baisse de la consommation de viande bovine, ce qui entraîne une augmentation

des sources alternatives de protéines animales, comme le porc, la volaille et les produits de l'aquaculture.

Étant donné les grandes perspectives d'avenir de cette activité, il serait bénéfique pour les entreprises productrices de tilapia d'élargir les présentations du produit afin de proposer une offre de marché plus importante que celle qui existe actuellement, comme cela se fait aux États-Unis.

Les produits qui peuvent être présentés couvrent un large spectre, saucisses, fumées, sashimi, panées, marinées, surimi etc.

Étant donné que, comme nous l'avons dit plus haut, le Tilapia a un cycle de reproduction plus court que celui des genres les plus couramment élevés et qu'il est très résistant aux maladies et aux conditions environnementales, la véritable difficulté sous-jacente à l'élevage du Tilapia à une certaine échelle réside dans l'identification de professionnels ayant une formation en production aquacole, une bonne gestion et une grande expérience de son élevage.

Les principaux importateurs de tilapia sont le marché américain et, dans une moindre mesure, certains pays européens qui sont approvisionnés par les pays producteurs d'Asie et d'Amérique du Sud principalement.

Les graves problèmes sanitaires dont ont souffert récemment les bovins et les porcins (ESB, peste porcine, grippe aviaire, etc.) et les pratiques de pêche traditionnelles, devenues dans certains cas non durables, ont entraîné une réduction drastique des stocks de poissons et ont ouvert aux produits de l'aquaculture les portes d'un énorme marché potentiel pour lequel il n'existe toujours pas de structure garantissant une production stable pour l'approvisionnement.

Sur le marché européen, jusqu'à récemment, la demande de Tilapia était souvent limitée à des groupes ethniques spécifiques et l'espèce était peu connue sur les grands marchés. Progressivement, cependant, le Tilapia a commencé à recevoir plus d'attention, les consommateurs ayant démontré qu'il existe un bon potentiel sur le marché européen pour le remplacement de nombreuses espèces à viande blanche. Pour toutes ces raisons, le tilapia de bonne taille et de haute qualité pourrait être très bien accepté par ce nouveau marché.

L'accès du secteur de la production au marché international du tilapia nécessite l'élaboration d'un plan commercial minutieux, qui doit prendre en compte les facteurs suivants correctement séquencés.

- Déterminer l'éligibilité au marché
- Étudiez le prix du produit sur le marché cible et comparez-le aux coûts de production, de transport et de commercialisation du poisson dans le format de présentation choisi. Analysez s'il en résulte sur le marché international principalement en France en raison de la proximité et de la part de marché expliquées ci-dessus.
- Disposer d'un plan de contrôle de la qualité à montrer au consommateur. Examinez les certificats de santé requis.
- S'assurer que l'emballage, l'étiquetage et le reste du produit sont conformes aux normes générales des organismes compétents en matière de santé et de sécurité alimentaire. Contactez les autorités locales.
- Élaborer une fiche de spécification du produit contenant des informations complètes sur le produit.
- Consultez les transitaires et les agences de transport pour connaître les prix, les itinéraires de transport et les tarifs.
- Préparez une liste de prix une fois que tous les éléments ont été pris en compte.
- Assurez-vous que vous êtes au courant des délais d'expédition de la commande, sous votre propre marque.
- Connaître la capacité mensuelle ou hebdomadaire de poisson qui peut être proposée à l'acheteur et assurer la continuité de l'approvisionnement.
- Sélectionnez le meilleur acheteur pour vos besoins et vos compétences : distributeur.
- Envoyez les spécifications, les prix et les échantillons au client potentiel.

### **3.6.- Production**

Comme il a été exposé, l'élevage du Tilapia a été réalisé principalement dans les pays en voie de développement, sur la base de l'exceptionnelle adaptabilité de l'espèce et conditionné à l'existence d'un climat chaud. Le cadre socio-économique de ces pays a induit l'utilisation de techniques agricoles très rudimentaires, avec l'application de systèmes basiques et un contrôle minimal du processus, dont le résultat final a généralement été une faible production et un produit de qualité médiocre, le seul facteur positif étant le faible coût de production. L'investissement relativement élevé qu'impliquent l'installation et l'exploitation des systèmes les plus modernes est sans aucun doute un obstacle que nous, à BREEN, avons essayé de réduire par une gestion durable de l'énergie en termes de consommation de chaleur et d'électricité grâce à des systèmes d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable.

Ainsi, dans les pays les plus développés, la technologie est disponible pour compenser les conditions climatiques les plus défavorables pour l'espèce, avec des infrastructures et des systèmes modernes capables de fournir des cultures hautement productives. Le contrôle dans ces installations est élevé et précis, la qualité du produit est très bonne, bien que le coût puisse être légèrement plus élevé.

L'objectif du projet BREEN est d'analyser la viabilité d'un élevage durable de Tilapia dans des endroits où la température n'est pas appropriée dans des conditions de concurrence. Il s'agit de combiner les avantages de l'adaptabilité et de la simplicité des processus avec la mise en œuvre de contrôles de qualité qui garantissent l'obtention d'un produit de bonne qualité à un prix raisonnable.

Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'incorporer une technologie durable qui optimise les coûts de production et augmente les revenus, ce qui implique d'établir un contrôle strict :

- la pisciculture, assurant une excellente lignée génétique, des récoltes régulières et une production soutenue.
- L'usine de transformation, en appliquant les rendements attendus et en respectant les exigences en matière de santé et d'hygiène lors de la manipulation, de la transformation, du conditionnement et de la chaîne du froid.
- La commercialisation dans tous les sens du terme, depuis le départ du produit, le transport jusqu'à la commercialisation totale (suivi et contrôle de la traçabilité).
- la conservation de la qualité environnementale de l'environnement, par l'application de mesures préventives et de procédures de contrôle suffisamment rigoureuses et économiquement viables

- La garantie de la qualité pour le consommateur à travers l'adoption des normes requises par la Communauté européenne, étant recommandé également la mise en œuvre de la certification de qualité ISO 9002, et l'obtention de certificats de qualité environnementale, règlement EMAS, certification ISO 14000. Il serait également très intéressant d'adhérer à la GAA, Global Aquaculture Alliance, une organisation internationale non gouvernementale destinée à soutenir la pratique de l'aquaculture et de ses organisations en harmonie avec l'environnement.

## **5.- Méthodologie de culture BREEN**

Le système d'élevage intensif durable BREEN Tilapia est basé sur l'automatisation des processus de production et la filtration biologique en trois phases, la filtration biologique bactérienne, la filtration biologique végétale (Aquaponie) et la filtration biologique animale (Vermiculture).

Le système d'élevage intensif durable de Tilapia de BREEN est basé sur l'automatisation des processus de production.

Schéma principal d'un système BREEN de culture aquaponique de Tilapia.

### **5.1.- Gestion de l'eau thermique**

L'une des principales caractéristiques du système est le contrôle automatisé de la température des réservoirs.

Le concept BREEN préconise une source d'énergie durable et respectueuse de l'environnement pour la production d'énergie thermique et électrique, dans la mesure du possible.

Les systèmes de gestion durable de l'énergie tels que la biomasse, le solaire thermique, la géothermie verticale et horizontale, l'aérothermie, l'éolien, etc. sont des solutions viables dans un système BREEN et doivent être étudiés pour chacun des besoins personnalisés.

Au moyen d'une pompe auto-amorçante à commande thermostatique, l'eau est pompée du réservoir d'eau chaude de la source de chaleur vers le système de chauffage primaire dans les locaux de BREEN.

*Pompe auto-aspirante*

Le système de chauffage primaire consiste en un thermostat programmé entre 30 et 40 °C.

Lorsque le système détecte que l'eau du chauffe-eau du système primaire descend en dessous de 30°C, il met en marche la pompe d'auto-aspiration du réservoir d'eau chaude et reste activé jusqu'à ce que l'eau à l'intérieur du chauffe-eau atteigne 40°C.

Cette eau est pompée par la pompe de chauffage à travers tous les tuyaux du système de réservoir mural rayonnant interne.

*Circuit primaire, thermostatique*

L'eau de la pisciculture est en contact permanent avec les tubes de chauffage à paroi radiante et, grâce à l'échange de chaleur, l'eau du Tilapia est maintenue à la température souhaitée.

Chacun des réservoirs, comme le montrent les photos, est équipé d'un système de mur radiant qui comporte une électrovanne à l'entrée du réservoir qui permet à l'eau chaude de circuler à l'intérieur du réservoir.

Dans les cuves conçues pour la production industrielle, les tuyaux de chauffage et le système d'isolation thermique seront intégrés à l'intérieur de la cuve de culture elle-même, comme nous le verrons plus loin, afin d'éviter les points de sédimentation internes indésirables.

Au moyen de l'électrovanne, le débit d'eau de chauffage est contrôlé par un thermostat qui est programmé dans les valeurs de température optimales pour la culture. Dans le cas de BREEN, entre 24-28°C.

L'eau de chauffage et l'eau de culture ne sont à aucun moment mélangées afin d'éviter toute contamination du système d'aquaculture.

*Thermostat*

*Mur radiant*

*Electrovanne*

*Pompe de chauffage*

## Aperçu d'un système de gestion thermique BREEN

## **5.2.- Culture intensive de Tilapia en recirculation**

Dans la culture intensive de Tilapia en recirculation la réutilisation de l'eau est continue, pour cela le système a plusieurs pompes et filtres qui permettent de recirculer et nettoyer l'eau des solides non dissous. Dans les systèmes BREEN, l'utilisation de l'eau est un élément fondamental du système. Seuls 10 à 20 % du volume total du système sont renouvelés quotidiennement. Les principales raisons pour lesquelles l'eau doit provenir de l'extérieur sont l'évaporation et la filtration des plantes, qui seront abordées plus loin.

Afin de parvenir à une gestion durable de l'eau, il est nécessaire d'utiliser l'eau aussi souvent que possible. Dans les systèmes d'aquaculture ouverts, une fois que l'eau a été utilisée et polluée dans la culture, il faut la rejeter et introduire de l'eau 100% nouvelle provenant de l'extérieur.

L'eau est une denrée rare dans de nombreuses régions du monde, il est donc important de la gérer durablement. En outre, le fait d'avoir besoin de beaucoup d'eau pour toute culture aquacole conditionne la localisation des cultures à une grande source d'eau telle que les lacs, les rivières et la mer.

Avec le système de culture durable BREEN, jusqu'à 80 % de l'eau totale est réutilisée, ce qui élimine les limitations géographiques susmentionnées.

Le calcul de la biomasse se fait en fonction de la capacité du volume d'eau du réservoir et des caractéristiques des espèces à travailler. Dans notre cas, le Tilapia a une grande capacité d'adaptation à la culture intensive en recirculation et supporte de grandes quantités de biomasse par m<sup>3</sup>. Initialement et en raison de la philosophie BREEN de culture éthique, écologique, biologique et durable, un calcul a été fait pour travailler avec une biomasse de 50kg/m<sup>3</sup> de Tilapia.

### **5.3.- L'alimentation**

Les tilapias ont des habitudes alimentaires omnivores/herbivores, les petits insectes aquatiques, les détritiques et les sédiments du fond peuvent faire partie de leur alimentation, même les bactéries de la vase.

Il est également capable de réingérer des matières fécales dans des conditions de pénurie alimentaire dans l'environnement.

Par conséquent, les tilapias présentent des adaptations structurelles à ces régimes alimentaires, comme un long intestin replié, des dents spécifiques, etc.

Jusqu'à une date relativement récente, les aliments utilisés pour la culture du Tilapia contenaient des niveaux de protéines animales supérieurs à 40 %, car une concentration élevée de protéines animales était considérée comme nécessaire pour l'alimentation des géniteurs.

Les tilapias sont des herbivores/omnivores et sont parfaitement adaptés à une alimentation 100% végétale, bien qu'il ait été prouvé que les facteurs de conversion sont légèrement plus élevés en utilisant des aliments dont la composition peut atteindre 10% de farine de poisson. Il existe différents fabricants d'aliments pour Tilapia qui produisent des aliments durables à faible teneur en farine de poisson à partir de sous-produits générés dans les processus d'obtention d'aliments destinés à la consommation humaine.

Dans le système de production BREEN, l'alimentation joue un rôle très important. Si l'aquaculture est réellement destinée à libérer les océans de la pression de pêche à laquelle ils ont été soumis ces dernières décennies, il n'est plus possible de continuer à utiliser les poissons de la mer et des lacs pour produire des aliments pour les poissons d'élevage. Actuellement, pour produire un kilo de poisson carnivore tel que le saumon en aquaculture, il est nécessaire de capturer entre 3 et 4 kilogrammes de poissons rejetés en mer, ce rapport 4-1 n'est pas viable à court terme.

C'est pourquoi BREEN met particulièrement l'accent sur la culture du tilapia et sur l'utilisation de farines végétales qui remplacent en grande partie les farines de poisson, ce qui permet de rompre la dépendance vis-à-vis des captures marines et de tirer parti des sous-produits générés et actuellement rejetés sur le marché. Une culture de Tilapia BREEN est une culture durable dans les trois axes mentionnés ci-dessus, à savoir l'eau, l'énergie et la nourriture.

#### **5.4.- Sécurité alimentaire et traçabilité**

Un point très important du concept durable de BREEN est la sécurité alimentaire. Aujourd'hui, les poissons pêchés ont de moins en moins de sécurité alimentaire. On ne sait pas où le poisson capturé a vécu et ce qu'il a mangé. Les carnivores prédateurs d'aujourd'hui, qui se trouvent au sommet de la chaîne alimentaire, contiennent des niveaux élevés de métaux lourds qui sont nocifs pour la santé humaine.

L'Agence espagnole pour la sécurité alimentaire et la nutrition (AESAN), qui dépend du ministère de la santé, recommande aux femmes enceintes et aux enfants de moins de sept ans de ne pas consommer ces poissons (thon, bonite, espadon, etc.) car ils sont contaminés par le mercure. 100 grammes par semaine dépasseraient la dose de mercure tolérable chez une femme enceinte, tandis que les enfants âgés de 7 à 12 ans ne devraient pas en consommer plus de 50 grammes par semaine. Le problème de ces poissons est que, grâce à leur longue vie, ils deviennent des bioaccumulateurs de métaux lourds. Le mercure s'est retrouvé dans les chaînes alimentaires des mers sans être dégradé par les déchets industriels des dernières décennies.

Des niveaux élevés de cadmium ont également été détectés dans la tête de certaines espèces de crustacés.

Outre le problème de plus en plus pressant de l'accumulation de métaux lourds, les poissons peuvent être contaminés par des hydrocarbures provenant de catastrophes écologiques telles que les marées noires, le naufrage de navires ou de plates-formes pétrolières ou simplement issus de la combustion des dérivés du pétrole de tout le trafic maritime actuel.

Le parasitisme chez de nombreuses espèces de poissons est également un problème sérieux qui est détecté chez un nombre croissant d'espèces et en grand nombre. L'anisakis est le parasite le plus répandu aujourd'hui. Apparemment, l'Anisakis n'est rien d'autre qu'un parasite qui se trouve dans l'estomac de certains poissons, mais si le poisson est consommé cru ou sans avoir été conservé à moins de -20 °C pendant au moins 48 heures, le parasite peut passer dans l'organisme humain et provoquer des allergies majeures.

Les poissons élevés dans des systèmes de recirculation terrestres peuvent être exemptés de tous ces problèmes d'alimentation en suivant des contrôles de qualité approfondis dans l'élevage.

L'un des points importants à cet égard est le contrôle de la traçabilité alimentaire des espèces d'élevage.

### **5.5.- Traçabilité**

La traçabilité en aquaculture est la possibilité de disposer à tout moment d'informations sur l'historique de l'alimentation et de l'engraissement des poissons.

Comme mentionné ci-dessus, les poissons capturés ont peu de traçabilité jusqu'au moment de la capture. À partir du moment de sa capture, il est possible de savoir comment il a été conservé, quand il a été pêché, où il a été pêché et quelques autres données, mais on ne saura jamais où il a vécu, ce qu'il a mangé, s'il souffre d'une quelconque maladie ou si les niveaux de toxines sont suffisamment élevés pour être consommés.

Dans un système d'aquaculture en recirculation, la traçabilité des poissons est beaucoup plus importante. En plus de connaître les données susmentionnées pour les poissons capturés, dans un système de culture fermé, vous pouvez connaître des données telles que la quantité de nourriture qu'ils ont consommée tout au long de leur engraissement, le type de nourriture qu'ils ont consommée, les paramètres de culture, la qualité du stock de géniteurs, etc.

Le fait de connaître toutes ces données, grâce à la traçabilité du système de production, offre des niveaux de sécurité alimentaire supérieurs à ceux du poisson pêché.

### **5.12.- Aquaponie**

L'aquaponie est la technique utilisée pour faire pousser des plantes sans terre en utilisant les déchets organiques dissous d'une culture aquacole. Le système aquaponique est similaire à l'hydroponie, à la différence que dans les systèmes hydroponiques, l'eau est enrichie et que dans l'aquaponie, elle est déjà enrichie de matières organiques provenant de la pisciculture. Les cultures hydroponiques, qui consistent à absorber les produits chimiques ajoutés dans l'eau pour nourrir les plantes, ne sont ni biologiques ni écologiques, tandis que les systèmes aquaponiques, s'ils le sont, tirent parti de la matière organique générée par la culture aquacole.

L'aquaponie est une technique qui permet de produire en parallèle des poissons et des plantes, tout en assurant une gestion durable de l'eau.

En aquaponie, trois cultures différentes sont nécessaires pour atteindre l'équilibre du système : la culture de poissons, la culture de plantes et la culture bactérienne. L'alimentation des poissons génère des résidus organiques, principalement du  $\text{NH}_4$  (ammoniac), qui sont nocifs pour les poissons. Pour éliminer ces ammoniacs, l'eau passe par une culture bactérienne (Nitrosomonas et Nitrobacter) qui se nourrit d'ammoniac et le transforme en  $\text{NO}_3$  (nitrates). Les nitrates constituent la principale nourriture des plantes, afin qu'elles puissent se nourrir et filtrer l'eau pour la rendre à nouveau utilisable pour la pisciculture.

La production aquacole mentionnée ci-dessus génère une quantité de matière organique dissoute et non dissoute qui doit être traitée. L'outil de filtration de la matière organique dissoute est l'aquaponie.

L'aquaponie est un outil de filtration des cultures aquacoles qui permet également d'obtenir un produit pouvant être commercialisé et d'en tirer un rendement économique.

Les systèmes de culture aquaponiques peuvent avoir des conceptions différentes mais sont toujours basés sur trois formats de base :

- Système de culture sur substrat, principalement de l'arlite.
- Système de culture sur planches flottantes
- Système de culture en tube à recirculation

On estime que la surface aquaponique doit être environ 3 fois supérieure à la surface de culture aquacole ou à un rapport entre la nourriture donnée aux poissons et la surface de culture végétale. 1M2 de surface pour chaque 100 grammes d'aliments pour poissons.

L'aquaponie permet de faire pousser des tomates de toutes sortes, de la laitue, des herbes aromatiques et même des fraises et des fruits tropicaux.

En fonction des plantes choisies et de la surface disponible, les systèmes peuvent être constitués d'arlite, de tuyaux de circulation ou de dalles flottantes comme mentionné ci-dessus.

Dans le cas de plantes à buisson bas, les plaques flottantes donnent un bon résultat d'absorption et de filtration des nutriments. De la même manière, les tubes de circulation permettent d'avoir une plus grande surface de culture dans un espace réduit et les cultures sur arlite permettent d'avoir des plantes hautes et à fort enracinement.

#### **5.12.1.- Lutte biologique contre les parasites**

La lutte biologique est une méthode de lutte contre les parasites, les maladies et les mauvaises herbes qui consiste à utiliser des organismes vivants pour contrôler les populations d'un autre organisme.

Dans un système de culture aquacole en aquaponie, il n'est pas possible d'utiliser des agents chimiques externes tels que des insecticides, des bactéricides ou des engrais car, s'agissant d'un circuit fermé, ils finiraient par s'accumuler ou se retrouver dans la partie aquacole de la culture, mettant ainsi en danger le bien-être des poissons.

Il est donc nécessaire de travailler avec une lutte biologique globale contre les parasites et d'utiliser à tout moment des produits biologiques et naturels pour la lutte.

## **6.- Unités de production au niveau industriel**

Afin de calculer quelle pourrait être l'unité de production idéale dans chacun des cas, 3 facteurs essentiels doivent être pris en compte :

- Eau
- Le terrain
- La source de chaleur

Ces trois facteurs, ainsi que le marché, sont ceux qui fixeront les limites de production d'un système BREEN.

### **6.2.- Matériaux du réservoir de culture**

Les coûts des installations aquacoles peuvent varier considérablement en fonction du type de matériau et de la conception utilisés pour la construction des bassins de culture.

Jusqu'à présent, des matériaux tels que le ciment et le béton ont été utilisés pour la construction des réservoirs. Ce type de construction présente un avantage très important, à savoir qu'en plus de permettre une grande flexibilité dans les conceptions, son coût est nettement inférieur à celui du reste des systèmes.

Le principal inconvénient de ce type de construction de réservoirs est la grande détérioration qu'ils subissent en peu de temps en raison de la capacité de filtrage du même qui permet à l'eau d'être introduite petit à petit dans son intérieur en détériorant et en endommageant le matériel notamment. Au bout de 10 ans, les réservoirs en béton présentent des fissures et des fuites qui doivent être réparées, avec les dépenses supplémentaires que cela implique.

Les réservoirs en fibre de verre et en résine polyester constituent une bonne solution aux problèmes de durabilité et de détérioration mentionnés ci-dessus. Les réservoirs en fibre de verre sont garantis 30 ans et leur détérioration est minime. Ils ne fuient pas et sont peu affectés par l'eau au fil du temps.

Le principal inconvénient des réservoirs en fibre de verre est la nécessité de réaliser un moule ou un pré-moule pour la construction du réservoir. Ce système a des répercussions économiques sur les installations puisque le coût de fabrication du réservoir doit être ajouté à celui du moule, ce qui rend le système très coûteux. Si l'on avait besoin exactement des mêmes réservoirs, on pourrait utiliser le même moule pour tous, mais dans notre cas, pour fabriquer des réservoirs de différentes

dimensions, il faudrait 6 moules de pièces communes qui, en les assemblant de différentes manières, nous donneraient la possibilité de fabriquer ce dont nous avons besoin. Dans les images ci-dessous, vous pouvez voir un exemple pratique pour différentes tailles de cuves de culture.

Le fait d'avoir besoin de moules et d'en fabriquer le moins possible pour minimiser les coûts limite la flexibilité des formes et des conceptions de réservoirs, ce qui signifie que l'adaptation aux surfaces existantes est beaucoup plus limitée.

Il existe également une technologie utilisée pour la construction de piscines avec des revêtements en PVC de 1,5 mm. En utilisant un système en acier galvanisé comme structure principale, on construit la base sur laquelle sont posées les feuilles de PVC. Ces feuilles sont thermosoudées entre elles, ce qui permet une étanchéité totale de la cuve.

Le coût de ce type de structures avec revêtement est similaire à celui des cuves en PVC, à la différence qu'il n'y a pas besoin de moules pour sa fabrication mais qu'il faut préparer la base de la cuve avec du béton où est intégré le système de chauffage par le sol. L'isolation thermique nécessaire pour éviter les pertes de chaleur doit également être ajoutée a posteriori, contrairement aux systèmes en fibre de verre qui l'ont incorporée.

Le principal inconvénient de ces systèmes est la nécessité de disposer de supports ou de renforts latéraux pour soutenir la tension exercée par l'eau sur les parois du réservoir. Cela limite le système pour les conceptions d'aquaculture BREEN, car les cuves de culture en série doivent être collées les unes aux autres.

Dans chacune des installations, une étude personnalisée est faite pour voir la meilleure option de réservoirs par rapport aux installations et aux besoins du client.

Si l'installation est définitive et qu'il n'est pas prévu de déplacer les réservoirs à un moment donné, l'option de fabriquer les réservoirs en béton est la plus simple, la plus rapide et la plus économique. Le principal problème de ce type de réservoirs est la nécessité de les recouvrir d'un matériau de protection qui empêche la filtration de l'eau dans le matériau et sa détérioration ultérieure.

Pour éviter l'évaporation de l'eau dans les réservoirs et réduire ainsi la perte de chaleur de l'élevage, il est essentiel d'avoir des réservoirs isolés et un couvercle rabattable ou enroulable qui permet de couvrir les réservoirs de manière indépendante tout en ayant la possibilité de les ouvrir partiellement pour manipuler les poissons à l'intérieur.

### **6.3.- Projet d'industrialisation BREEN pour GreenFish S.L.**

#### **6.3.1.- Production aquacole, culture du tilapia**

En tenant compte des plans reçus de l'entreprise GreenFish S.L., une conception approximative d'une production BREEN de Tilapia en aquaponie a été réalisée.

Le terrain proposé pour le projet est d'environ 7350 m<sup>2</sup> avec une pente d'environ 10 m qui doit être nivelée pour que le terrain puisse être cultivé.

Actuellement, sur le site, il y a quelques bâtiments qui peuvent être utilisés comme bureau et salle de contrôle, mais le reste de l'installation doit encore être construit.

Compte tenu des caractéristiques du terrain et de la quantité d'eau que l'on peut obtenir du ruisseau et des précipitations, il est possible de prévoir une installation de 100 à 125 tonnes de Tilapia par an, évolutive ou extensible jusqu'à 175 tonnes/an.

A partir de ces valeurs, les calculs nécessaires des besoins thermiques pour la réalisation du projet d'installation d'une unité Biomasse sont effectués.

Une fois le volume total de production établi, le calcul des besoins de la partie aquaponique peut être effectué.

On estime que pour une production de ce type il est possible d'obtenir entre 150.000 et 200.000 unités végétales/an selon les espèces végétales choisies.

Il ne faut pas oublier que la partie aquaponique est avant tout un système de filtration biologique, il est donc nécessaire de trouver un équilibre entre la capacité de filtration et l'intérêt du marché pour la sélection des plantes à produire en aquaponie.

A l'aide des données obtenues dans l'installation pilote, il est possible de faire une comparaison des besoins thermiques et en eau de l'installation proposée. Les données et les graphiques comparatifs pour le calcul des besoins sont présentés ci-dessous.

Les données sont relatives à San Sebastian (SS), où se trouve l'usine pilote, et à A Coruña (AC), où la nouvelle installation est proposée.

Données obtenues auprès de l'AEMET Agencia Estatal de Meteorología (Agence météorologique de l'État).

En tenant compte des données mentionnées jusqu'à présent, la conception de l'aquaculture et de la production de légumes pour GreenFish S.L. est présentée ci-dessous.

*Proposition de conception de culture aquacole pour une production de 100-125 Tm/an de Tilapia et 150.000 unités végétales :*

Grâce à ce système de production parallèle, chaque mois, le système a la capacité de mettre en permanence sur le marché environ 10Tm de Tilapia.

Les lignes sont conçues pour sortir la production de manière alternative.

### **6.3.2.1.- Calcul de la demande d'énergie**

Comme mentionné ci-dessus, l'ensemble des réservoirs sera logé à l'intérieur d'une serre. La demande en énergie dépend de la relation entre les conditions climatiques extérieures et les besoins environnementaux des cultures à l'intérieur. La climatisation améliore le confort des plantes et permet d'atteindre les objectifs de production. La température des réservoirs d'eau doit être maintenue stable dans une fourchette comprise entre 24 et 28°C.

Les systèmes de chauffage et de refroidissement sont utilisés pour contrôler la température intérieure. Leur objectif est d'atteindre des valeurs d'humidité et de température aussi proches que possible de l'optimum de production.

Le matériau de couverture utilisé est l'un des facteurs qui ont une influence décisive sur les besoins en chauffage et en refroidissement. Tout aussi importants sont le refroidissement fourni par les plantes elles-mêmes par leur transpiration et la chaleur qui entre ou sort par les systèmes de ventilation.

Afin d'estimer les besoins en chauffage ou en refroidissement, une étude basée sur le principe du bilan énergétique a été réalisée.

Les principales données climatiques qui caractérisent le climat d'une région sont les suivantes :

- Intensité maximale du rayonnement solaire
- Température et humidité extérieures
- Température et humidité intérieures

Le principal paramètre du bilan énergétique d'une serre est la température extérieure, qui détermine directement les besoins en refroidissement et en chauffage.

Il existe différentes valeurs de température extérieure qui peuvent être utilisées dans la conception des systèmes de climatisation. Les principales valeurs de température extérieure qui peuvent être prises en compte sont les suivantes :

- Température mensuelle moyenne du mois le plus chaud
- Température maximale quotidienne moyenne du mois le plus chaud
- Température absolue maximale de l'année
- Température mensuelle moyenne du mois le plus froid
- Température minimale mensuelle moyenne
- Température minimale absolue de l'année

Grâce aux données recueillies lors de la phase pilote à San Sebastian, nous disposons des informations suivantes sur les températures minimales enregistrées à l'intérieur de la serre en plastique :

Comparaison entre les valeurs climatiques de San Sebastian et de La Corogne

Comme on peut le voir sur les graphiques, les valeurs climatiques de La Corogne sont plus douces en hiver que celles de Saint-Sébastien. Cela indique que le besoin thermique, bien que très similaire, est légèrement inférieur à celui de San Sebastian.

Ces valeurs servent de base à la définition des points de consigne de fonctionnement des systèmes de chauffage, ainsi qu'au calcul de leur puissance nominale par le biais du bilan énergétique. Les valeurs de consigne des systèmes de chauffage varient souvent en fonction de la période de la journée ainsi que de la culture. Les conditions de fonctionnement les plus restrictives doivent être prises en compte dans la conception, de sorte que le chauffage sera conçu pour répondre aux besoins de chaleur pendant les nuits d'hiver.

R= Precipitación mensual media  
I= Numero medio horas de sol mensuales

T= Temperatura media mensual  
TM= Temperatura media máxima diaria  
Tm= Temperatura media mínima diaria  
DR= Precipitaciones medias mensuales  
DH= Media de heladas mensuales

Les besoins énergétiques dépendent principalement du saut thermique, c'est-à-dire de la différence entre la température intérieure et extérieure à maintenir.

#### **6.3.2.2.- Calcul des besoins énergétiques**

En tenant compte des données résultant de l'installation pilote, il a été établi que pour le calcul des besoins en chauffage, il est nécessaire d'avoir une relation entre le volume d'eau de chauffage et le volume d'eau de culture. Cette relation nous donnera comme résultat les besoins calorifiques pour maintenir l'eau de culture dans les plages optimales.

Le ratio établi est de 1 litre d'eau de chauffage pour 175 litres d'eau de culture.

Le volume total du système prévu sera de 1 500 m<sup>3</sup>, ce qui signifie qu'il faudra faire circuler environ 8 500 litres d'eau de chauffage dans le système.

Pour une gestion correcte de la température de chauffage, une chaudière à biomasse de 45 KW est nécessaire, avec une autre chaudière à biomasse plus petite de 25 KW comme support auxiliaire pour les cas d'urgence et de sécurité.

## **Pourquoi la biomasse ?**

La biomasse est une source d'énergie qui est produite avec les ressources internes du pays. En outre, elle n'est pas soumise à de fortes pressions spéculatives, ni aux lourdes charges fiscales dont sont pénalisés l'énergie électrique ou les combustibles fossiles.

Par rapport aux combustibles fossiles, le bois est un combustible dont le bilan des émissions de gaz à effet de serre est neutre.

Lors de la combustion des granulés de bois, la quantité de dioxyde de carbone libérée est la même que celle qui est produite au cours du cycle naturel de décomposition du bois. De cette façon, le cycle d'équilibre du dioxyde de carbone dans l'atmosphère n'est pas modifié, de sorte que la combustion du pellet implique un équilibre neutre de l'agent principal de la progression de l'effet de serre.

Le pellet n'est pas influencé par les fluctuations de prix sur le marché international et permet de rester en dehors de la crise, puisqu'il s'agit d'une matière première à notre portée, il nous donne une plus grande indépendance énergétique.

Les pellets sont fabriqués à partir de déchets de l'industrie du bois, l'abattage d'arbres n'étant pas nécessaire pour leur fabrication.

Le pellet est un combustible à base de bois, fabriqué à partir de sciure et de copeaux de bois. Les pellets sont comprimés sans additifs, car les composants naturels du bois sont suffisants dans le processus de compactage et, comme il s'agit d'un combustible fabriqué à partir de déchets de bois, c'est une source d'énergie naturelle qui, en plus d'être plus écologique, est moins chère.

En raison de son pouvoir calorifique élevé, l'utilisation de ce nouveau combustible comme alternative énergétique est en plein essor dans de nombreux pays européens, où la rigueur de l'hiver est très perceptible.

## NORMES ET STANDARDS

Les normes de qualité des pellets précisent la quantité d'eau résiduelle autorisée dans le combustible, ainsi que la densité et le niveau d'abrasion requis, afin d'établir les valeurs précises pour le bon fonctionnement de la chaudière.

Pour obtenir une bonne combustion et assurer ainsi le bon fonctionnement de la chaudière, il est nécessaire d'utiliser des pellets fabriqués selon les normes DINplus.

## OPÉRATION AUTOMATIQUE

La solution à l'alimentation automatique des chaudières à biomasse est résolue avec les pellets. Ce combustible peut être utilisé avec des alimentateurs mécaniques qui permettent l'utilisation des systèmes de régulation et de contrôle les plus modernes.

Il s'agit de chaudières qui peuvent être allumées à distance sans action de l'utilisateur pour l'allumage.

## LOGISTIQUE

L'espace de stockage nécessaire pour les granulés est réduit de moitié par rapport au bois. Cependant, en fonction de l'espace disponible, il existe différentes possibilités de stockage des granulés.

*Chaudière à biomasse*

### **6.3.4.- Serres pour la culture aquaponique**

La serre qui, dans ce cas, est proposée pour la culture aquaponique est de 2 160 m<sup>2</sup>. Le calcul des besoins en filtration végétale qui sont nécessaires sont calculés par rapport à la nourriture maximale qui est donnée aux Tilapias quotidiennement.

Si nous tenons compte du fait qu'ils sont nourris d'environ 3 % de la biomasse totale et que dans le cas de la biomasse la plus élevée de la culture, il y aura environ 20 000 kg, en additionnant toute la

biomasse de tous les réservoirs, la quantité quotidienne maximale d'aliments fournis dans les différentes granulométries sera d'environ 600 kg d'aliments par jour.

Si pour chaque 100 grammes d'aliments fournis, il est conseillé d'avoir 1m<sup>2</sup> de surface de culture aquaponique, pour 600 kg d'aliments, théoriquement, 6 000 m<sup>2</sup> de surface aquaponique maximale seraient nécessaires pour une filtration à 100%.

#### Quantité d'aliments et rapport granulométrique par an

Première année      Granulométrie 1 = 600 kg/mois x 12 mois = 8.000 kg  
Granulométrie 2 = 1.200 kg/mois x 10 mois = 12.000 kg  
Granulométrie 3 = 2.400 kg/mois x 8 mois = 20.000 kg  
Granulométrie 4 = 4.800 kg/mois x 6 mois = 30.000 kg  
Granulométrie 5 = 9.600 kg/mois x 4 mois = 40.000 kg

Les années suivantes      Granulométrie 1 = 600 kg/mois x 12 mois = 8.000 kg  
Granulométrie 2 = 1.200 kg/mois x 12 mois = 15.000 kg  
Granulométrie 3 = 2.400 kg/mois x 12 mois = 30.000 kg  
Granulométrie 4 = 4.800 kg/mois x 12 mois = 60.000 kg  
Granulométrie 5 = 9.600 kg/mois x 12 mois = 120.000 kg

Tant que les valeurs des plages optimales de la culture aquacole restent dans les limites des valeurs établies, l'équilibre de la culture sera correct. Une filtration totale des matières organiques n'est pas bonne pour le système car elle va temporairement épuiser les filtres biologiques bactériens et végétaux en nutriments et provoquer un déséquilibre dans le système.

De cette manière, on peut être assuré qu'avec une surface de filtration végétale de 2 160 m<sup>2</sup>, la filtration nécessaire est atteinte pour maintenir les gammes optimales d'aquaculture, de culture végétale et bactérienne.

L'ensemble du système de culture, tant l'aquaculture que la plante dans son ensemble, sera intégré dans des serres.

Dans le projet, nous proposons deux options dans les matériaux pour les couvertures des serres, en les différenciant également dans le budget économique final.

#### **OBJET :**

Installation de 1 serre pour l'aquaponie : un modèle MULTICAPILLA d'une superficie de 1620 m<sup>2</sup> pour la zone d'aquaculture, et un autre modèle MULTICAPILLA d'une superficie de 2160 m<sup>2</sup> pour l'hydroponie. La surface totale couverte par les 2 modules est de 3780 m<sup>2</sup>.

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

- Nombre de salles : 7
- Largeur de chaque baie : 9 m.
- Longueur des salles : 60m.
- Hauteur sous le canal : 3,5 m.
- Hauteur au zénith : 5,42 m.
- Type de pilier : 100X50 (cimenté).
- Système de palissage standard de 5 m.
- Courant électrique : 220v / 380v 3f 50Hz.
- Nombre de portes d'entrée : 2 portes d'entrée de 3 x 3m. (Antichambre incluse)
- Nombre de portes latérales : 2 portes latérales 2,5 x 3 m. entre les travées

Revêtement sur les fronts : PLASTIQUE ( 2 lignes de pannes avant), tôle en option ( 4 lignes de pannes avant).

Couvercle latéral : PLASTIQUE (2 rangées de sangles latérales,) plaque en option (3 rangées de sangles latérales)

- Couverture du toit : Plastique, tôle en option.
- Nombre d'évents zénithaux : 3 de type 1/2 ARCO  
(FRAME 50X30) de 60 m. (y compris la maille antitrip avec système de fixation)

Bouclier thermique 64% d'ombrage / 62% d'économie d'énergie (en option)

## STRUCTURE :

Pilar :

Tube rectangulaire galvanisé 100 x 50 mm. 3,5 mètres sous le canal. (bouchon en PVC à l'extrémité).  
Sur les lignes extérieures à 2,5 mètres, sur les lignes intérieures à 5 mètres.

Arch :

Tube rond de 60 mm. situé à 2,5 mètres de distance.

Sangles :

2 sangles latérales et frontales pour le profilé en plastique.

1 sangle zénithale en tube rond  $\varnothing$  32 mm située au faîte des baies sans verrouillage zénithal.

Trellising :

Ensemble d'éléments tubulaires espacés tous les 5 m. et formés par une barre de palissage et 5 renforts qui rigidifient l'ensemble arc-barre-treillis.

Gouttière :

Profilé de 5m, de 250 mm de large entre les joints de baies (et 190 mm de large dans les gouttières latérales) qui permet un drainage efficace et un accès facile à la partie supérieure de la serre. Dans les deux ailettes, il y a des trous tous les 33 cm pour le raccordement vissé au profilé en plastique.

En-tête :

Élément structurel qui relie les piliers, les arcs, les gouttières et les chéneaux. Il est estampillé dans une seule pièce d'acier galvanisé et d'une épaisseur de 2,5 mm.

Les portes :

1 porte d'entrée de 3 x 3 m. en profil tubulaire galvanisé, et avec revêtement en polycarbonate. La porte se compose de 2 vantaux indépendants de 1,5 mètre de large, et d'un système coulissant par le biais d'un guidage supérieur et inférieur.

Antichambres :

Antichambre extérieure avec revêtement en plastique de dimensions . Il se compose d'un cadre tubulaire, de profilés et de plaques d'étanchéité. L'accès à l'antichambre se fait par une porte formée par deux vantaux pliants de 1,5 m, galvanisés et recouverts de polycarbonate.

VENTS :

1/2 arc de fenêtre zénithale :

Fenêtre dont le point de pivot est situé au zénith, couvrant du centre du bâtiment à la gouttière. Le système d'ouverture de chaque fenêtre est constitué d'un motoréducteur de type GW40, qui transmet le mouvement de la fenêtre à l'opérateur.

Page : 8 mouvement au moyen d'un accouplement par chaîne à un arbre d'entraînement et à des ensembles de crémaillère tous les 2,5 mètres. Les bras d'entraînement tous les 2,5 mètres sont réalisés en tube rectangulaire de 60x30 mm, avec des crémaillères courbes de 2 mm d'épaisseur et des pignons autolubrifiants.

MAILLE ANTITRIP DANS LES AÉRATIONS :

Ventilations zénithales :

Maille anti-trip couleur BLANC de 10X20 dans les ventilations zénithales. La maille se plie et s'étend en même temps que la fenêtre se déplace, au moyen d'un cordon élastique et d'agrafes tous les 2,5 mètres.

#### REVÊTEMENTS :

Sur les toits :

Polyéthylène EVA de 800 gauges d'épaisseur. La fixation se fait au moyen d'un profilé métallique et de deux profilés en PVC qui allient facilité de montage et haute résistance aux intempéries.

Page : 9 Sides and fronts :

Polyéthylène EVA d'une épaisseur de 800 gauges. La fixation se fait au moyen d'un profilé à clipser et de deux profilés en PVC qui allient facilité de montage et haute résistance aux intempéries.

Fenêtre latérale à enrouleur :

Fenêtre dont l'ouverture est réalisée au moyen d'un système d'enroulement du film plastique sur une barre continue, et guidée tous les 5 mètres.

La fenêtre est équipée de brise-vent aux extrémités pour empêcher le vent de pénétrer lorsque la fenêtre est fermée. Le film plastique est fixé au tube d'enroulement au moyen d'attaches à clip, et l'opération s'effectue au moyen d'un réducteur sans télescope.

#### CONTRÔLE DU CLIMAT :

Automate :

Automate capable de contrôler indépendamment les variables climatiques internes de la serre et de la zone d'aquaculture. Il dispose d'un écran LCD qui facilite sa programmation simple et sa gestion efficace.

Sondes :

Le contrôleur comprend les sondes suivantes pour le contrôle du climat :

- Anémomètre.
- Jauge de pluie.
- Pyranomètre.
- 2 Sondes de température. (un par zone)

Contrôle des paramètres des cultures aquacoles :

Système de contrôle aquatique Profilux :

Sondes pour O2, PH, conductivité, Rdox, température des cultures, température de la serre, humidité ambiante.

Systèmes de contrôle des prises pour une gestion efficace des pompes, de l'irrigation et des infiltrations mécaniques.

Systèmes de contrôle de la photopériode pour la culture.

Systèmes de contrôle du niveau des réservoirs.

## **6.4.- Coûts**

### **6.4.1.- Coûts d'installation**

<b><i>Détail</i></b>	<b><i>Évaluation économique approximative</i></b>
Serre en polycarbonate rigide	195.000
Cuves de culture en béton avec étanchéité et couvercles.	390.000
Système de production aquacole BREEN	390.000
Station d'épuration biologique externe	195.000
Système à double source de chaleur	90.000
Système de production aquaponique BREEN	190.000
Salaires de la première année	200.000

Magasin d'aliments pour animaux et atelier	90.000
Achat de nourriture pour la 1ère année	120.000

**Coût total du projet** **1.860.000€**

Tous ces prix ne comprennent pas la TVA de 21%.

### 6.4.2.- Amortissements

<i>Détail</i>	<i>Durée d'amortissement années</i>	<i>Coût annuel en l'amortissement</i>
Serre rigide		9.750
Cuves de culture en béton avec étanchéité		19.500
Système de production aquacole BREEN		39.000
Station d'épuration biologique externe		9.750
Système à double source de chaleur		9.000
Système de production aquaponique BREEN		9.500
Magasin d'aliments pour animaux et atelier		4.500
<b>Total à amortir annuellement</b>		<b>101.000</b>

**Coût annuel d'amortissement par kg de Tilapia pour une production de 115 MT = 0,88 €.**

### 6.4.3.- Coûts de l'aquaculture et de la production végétale

#### ***Calcul du coût de production de 1 kg de Tilapia***

CT= Coût kg de Tilapia

CPer= Coûts de personnel par kg de tilapia

EC= Coûts énergétiques

Cal= Coût des alevins de tilapia

FC= Facteur de conversion= 1,2 dans le Tilapia

FC= Quantité d'aliment nécessaire pour obtenir 1 kg de Tilapia.

CPI= Coût de 1 kg d'aliments pour animaux

**CPI=0,7**

Délai avant la première récolte = 12 mois

**Coûts d'amortissement = 0,88 € 0,88 € 0,88**

Coûts d'amortissement= CAmo

### **Coûts d'alimentation par kg de tilapia**

CAli= Coût de l'alimentation pour 1 kg de Tilapia

CAli= FC x Poids du tilapia en kgs x CPI

CAli= 1,2 x 1 x 0,7 =

**CAli=0,84**

### **Frais de personnel production aquacole**

6 techniciens de production aquacole

2 techniciens de production de l'usine

CPer= Coût de la production aquacole du personnel.

CPer=8 personnes= 16.000 €/mois

CPer=192.000 €.

PT= Production de Tilapias= 115.000 kg/an

CPer= Coûts de personnel de la production aquacole par kg de tilapia.

Cper= 192.000 / 115.000= 1,67 € /mois/kg de Tilapia

**Cper= 1,67 €/mois/kg de Tilapia**

### **Coûts énergétiques**

Coûts thermiques annuels moyens d'un système mixte solaire thermique/biomasse

**CTer=0,2 €/kg/Tilapia/mois**

Frais d'électricité = 12.500 KW/mois = 1500 €/mois

CEle=1.500 x 12 = 18.000 €/an coûts d'électricité

CEle= CE / Production annuelle totale de Tilapia

**CEle= 18.000 / 125.000 = 0,14€ de coût d'électricité par kg de Tilapia.**

### Coûts des alevins

CAle= Si nous avons notre propre écloserie, les coûts des alevins seraient inclus dans les coûts de personnel mentionnés ci-dessus. **CAle= 0**

**CTotal=CAli+CPer+CElec+CTer + Camo =**

**Ctotal = 0,84 + 1,67 + 0,14 + 0,2 + 0,88 + =3,73**

Les coûts de production peuvent être améliorés dès les premières récoltes en ajustant la biomasse par m3 de 50kg/m3 à 70kg/m3.

L'amélioration de la FC améliore et réduit le temps de récolte et le coût de l'alimentation.

En plus des coûts de production mentionnés ci-dessus, il faut tenir compte des coûts administratifs et commerciaux ainsi que des coûts de transport et de distribution.

### 6.5.- Revenus

Les revenus tirés d'une production aquaponique telle que celle mentionnée ci-dessus, permettent de commercialiser le Tilapia et les légumes. Comme mentionné ci-dessus, les calculs établis pour le projet GreenFish S.L. visent à avoir un volume de production annuel de Tilapia de **115 Tm** et environ **150.000 unités de légumes**.

Le prix de vente du Tilapia entier sera d'environ **4,9 €**.

Si le volume total de la production aquacole est de 115 MT par an, à **4,9 €/kg**, cela donne un volume de revenu par Tilapia de **563 500 €**.

Comme mentionné ci-dessus dans la section sur les coûts, le coût de production par kg de Tilapia est de **3,73 €**, le coût de production annuel sera donc de **476 100 €**.

Par conséquent, pour la partie aquaculture, nous pouvons conclure que nous pouvons estimer les bénéfices de la production aquacole à **87 400 €/an**.

Du côté des plantes, on estime que chaque unité de plante produite pourrait avoir une valeur de **0,30€** sur le marché, de sorte que le revenu obtenu par la production de **150 000 unités de plantes** s'élèverait à **45 000€**.

Les coûts de production des plantes sont inclus dans les coûts généraux de la production aquacole car en réalité la partie aquaponique est principalement considérée comme un outil de filtrage du système.

**Résumé des recettes, des coûts et des avantages par an :**

	<b>Revenu</b>	<b>Coûts</b>	<b>Avantages</b>
<b>Production aquacole</b>	<b>563.500 €</b>	<b>476.100 €</b>	<b>87.400 €</b>
<b>Production végétale</b>	<b>45.000 €</b>		<b>45.000 €</b>
<b>TOTAL</b>			<b>132.400 €</b>