

Comment produire et nourrir autrement ?

**Une solution technique originale :
l'aquaponie !**

**Collège Albert Camus
Clermont-Ferrand**

Le contexte

- Depuis la rentrée 2015, une trentaine d'élèves de 5ème ont démarré un projet sur l'alimentation. Ils le termineront en juin 2018. Sur ces 3 années, ils sont confrontés à diverses problématiques afin de leur donner une vision globale de ce sujet.
- 4 axes de travail sont retenus :
 - Travailler sur les représentations à différentes échelles d'espace (participation à l'Exposition Universelle de Milan entre autres).
 - Travailler sur l'organisation de la cantine du collège afin de réduire les déchets, sur la communication vers ses utilisateurs, sur les filières d'approvisionnement.
 - Interagir avec les familles des élèves autour d'actions conviviales (organisation de la semaine du goût en octobre 2017 par exemple).
 - Et enfin le dernier axe consiste à mener une démarche scientifique sur une solution technique : l'aquaponie.

C'est cette réflexion sur l'aquaponie et notamment l'élaboration d'un prototype opérationnel que nous soumettons au Prix de la Main à la Pâte.

L'approche pédagogique

- Dans ce projet d'élaboration d'une installation d'aquaponie, les domaines scientifiques concernés sont les sciences physiques et chimiques, les sciences de la vie et de la Terre, la technologie, mais aussi la géographie puisqu'il s'inscrit dans une démarche globale voulant répondre à la grande question « Comment produire et nourrir autrement ? ».
- Ce projet s'étale sur 3 années avec une même cohorte d'élèves depuis leur entrée en 5^{ème} (septembre 2015) et la fin de leur collège en 3^{ème} (juillet 2018).

Le dossier que nous présentons porte surtout sur l'élaboration du prototype AQUACAMUS 1 de février 2016 à juin 2017. Mais nous ne pouvons ignorer le travail en amont et les perspectives envisagées. En effet, ce projet d'aquaponie au collège vise à devenir un support pédagogique scientifique et technique pérenne à la disposition des enseignants du collège mais aussi des écoles du quartier.

L'approche pédagogique

- Outre les apprentissages scientifiques, ce projet vise à renforcer l'éducation au choix, à la complexité afin d'accompagner chaque élève dans sa construction de futur citoyen engagé dans des sujets de sociétés. La communication et l'argumentation en langue française sont donc très importants.

Tous les moments de valorisation dans le collège par le biais des productions (affiche, exposé, document audio, ...) ou en dehors lors des rencontres avec le public et dans leur compte rendu encouragent l'élève à maîtriser les codes de la langue française écrite et orale.

- Les principales ressources utilisées tout au long des séances ont été l'Internet (éducation au média et travail sur la pertinence des sites choisis), mais surtout les rencontres avec des acteurs sur le sujet de l'alimentation, ou des personnes ayant une culture scientifique avérée et une expérience dans l'aquaponie.

L'approche pédagogique

- Nos partenaires privilégiés sont :
 - des Ecoles d'ingénieurs et leurs étudiants : SIGMA Chimie Clermont et POLYTECH Clermont – Génie biologique. Le cadre institutionnel des Cordées de la Réussite a facilité les échanges et le soutien financier.
 - le lycée Blaise Pascal de Clermont-Fd et son professeur de physique M. Petitet-Gosgnach. Ce dernier possède une expérience exceptionnelle en aquaponie et en élevage de truites. L'avantage est qu'il nous apporte son regard de physicien (et chimiste) pour accompagner les élèves dans l'optimisation des prototypes successifs, sans « griller » les étapes de la démarche scientifique.
 - la Maison pour la Science en Auvergne qui se propose de nous mettre en relation avec des enseignants chercheurs, spécialistes sur des domaines précis présents dans l'aquaponie.
 - le Conseil Départemental du Puy de Dôme qui nous soutient logistiquement et financièrement dans le cadre de notre participation au Défi Collèg'Energie.
 - l'association Astu'Sciences : collectif régional œuvrant à la valorisation de la culture scientifique et technique. Ce sont les organisateurs des ExpoSciences Auvergne, formidable outil de valorisation pour les élèves.

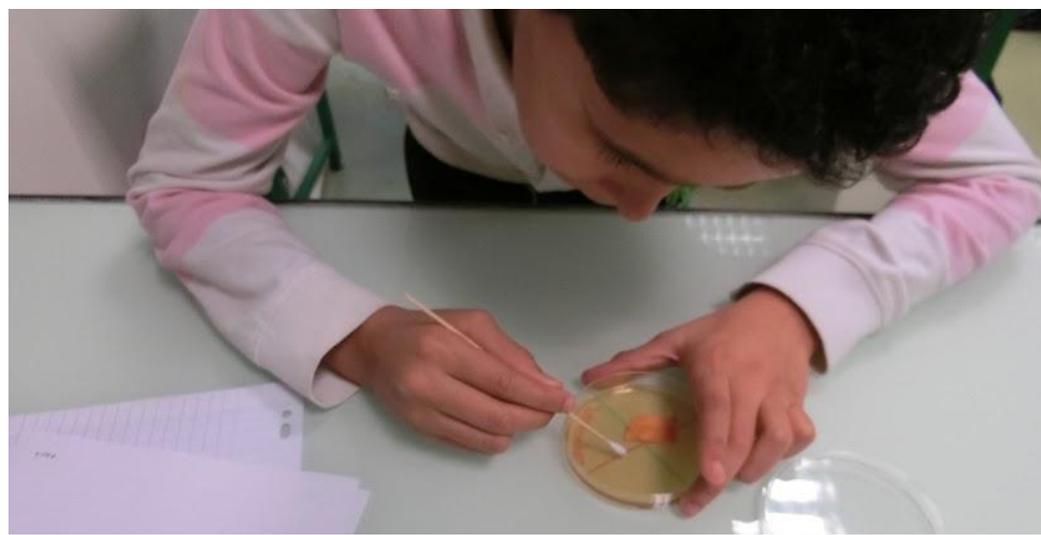
L'approche pédagogique

- Pour 2017-2018, nous souhaiterions que nos élèves puissent rencontrer des écoles du quartier afin de se faire les ambassadeurs des prototypes existants et à venir. L'idée étant qu'à terme les enseignants du 1^{er} degré puissent s'approprier cet outil pédagogique scientifique extrêmement complet. D'autant plus que AQUACAMUS 1 est transportable et peut très bien rester à demeure quelques semaines dans une école (sous réserve des questions essentielles de sécurité bien évidemment).

Nous vous remercions pour l'attention que vous avez portée à ce projet d'élèves.

L'aquaponie : qu'est-ce que c'est ?

- Lorsqu'ils ont été recrutés en fin de 6^{ème} (juin 2015), les élèves du projet « Comment produire et nourrir autrement ? » ont découvert qu'ils allaient avoir pour mission d'élever des poissons.
- Compte tenu du travail en parallèle des 4 axes de ce projet, ce n'est qu'à partir de novembre 2015(alors en 5^{ème})que le principe d'aquaponie a été clarifié.
- Par une recherche sur Internet d'abord pour découvrir les points importants et notamment les 3 principaux sortes d'être vivants présents :
 - Poissons
 - Plantes
 - Bactéries
- Par une rencontre avec des étudiants en génie biologique de l'Ecole d'ingénieur Polytech de Clermont-Ferrand. Ces derniers ont exposé les relations qui existent entre ces êtres vivants et ont insisté sur les conditions physico-chimiques nécessaires pour leur survie et leur développement.
- Comme les élèves méconnaissaient essentiellement les bactéries, une activité de mise en culture de bactéries prélevées sur des objets de la vie courante a été mise en place. Des boites témoins révélaient l'existence de plusieurs sortes de bactéries.



**Intervention d'étudiants de Polytech
Clermont-Ferrand – Génie biologique
Novembre 2015**



L'aquaponie : qu'est-ce que c'est ?

- Les étudiants de Polytech sont revenus une deuxième séance afin de mettre les élèves en situation de démarche expérimentale sur le choix du meilleur substrat naturel permettant à la fois d'héberger les colonies de bactéries et de filtrer l'eau qui s'écoulerait dans le bac à plantes. Les élèves ont travaillé sur des colonnes en plastique de même longueur mais remplies d'une hauteur identique de substrats différents : coton, gravier, sable, argile, terre.
- Les critères de choix étaient la durée de filtration et la turbidité de l'eau filtrée.
- Les élèves ont ensuite conclu et proposé deux solutions de biofiltre pour leur futur prototype d'aquaponie :
 - Uniquement billes d'argile car filtration rapide et permettant d'abriter de nombreuses colonies de bactéries.
 - Associer sable et argile.

Au final ce sera la 1ère solution qui sera mise en œuvre couplée à une filtration mécanique sur mousse et un tube large de décantation.

SUBSTRAT	Temps de filtration	Comparer les 2 tubes transparents
COTON	1 min 41 s = 101 s = (1 × 60 + 41)	moins de tasse et moins trouble
PAVIER	20 s	Mixe rien qui change.
SABLE	5 min 57 s = 357 s	L'eau est plus claire après la sortie
ARGILE	4 s	aussi trouble
TERRE	8 min = 480 s	de deuxième or plus

**Intervention d'étudiants de Polytech
Clermont-Ferrand – Génie biologique
Janvier 2016**



L'aquaponie : qu'est-ce que c'est ?

- Un autre point important pour le fonctionnement d'un prototype d'aquaponie est de pouvoir mesurer voire contrôler les paramètres physico-chimiques de l'eau.
- Sur ce point nous avons sollicité en janvier 2016 des étudiants de l'Ecole de Chimie SIGMA Clermont, en tant que notre tête de Cordées de la Réussite.
- L'intervention de ces étudiants s'est faite en cohérence avec ceux de Polytech et a porté sur :
 - la notion de pH et sa mesure,
 - le contrôle de concentrations d'espèces chimiques pouvant être toxiques pour les poissons : l'ammoniac, les nitrites et dans une moindre mesure les nitrates.
 - l'intérêt de pouvoir suivre le taux de dioxygène dissous.
 - la mesure de la température de l'eau.

A l'issue de cette intervention, nos élèves ont été capables de dresser la liste des paramètres physico-chimiques importants à surveiller.

“ Comment PRODUIRE et NOURRIR autrement ?”

Collège Albert Camus - Clermont-Ferrand

PROJET D'AQUAPONIE

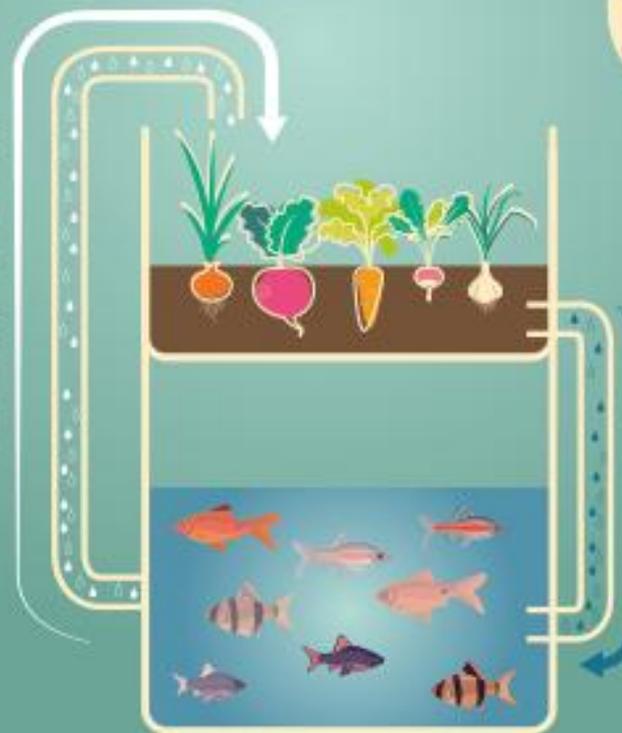
L'aquaponie est une technique de culture où des poissons, des plantes et des micro-organismes vivent en équilibre : on parle d'écosystème simplifié ou d'agrosystème. Les déjections des poissons servent d'engrais naturels. L'eau circule en circuit fermé.

NOTRE MISSION
Construire et maintenir cet agrosystème !

2

L'eau chargée d'éléments nutritifs est acheminée jusqu'au bac de culture.

Les plantes assimilent les nutriments pour leur croissance et purifient l'eau.



3

L'eau nettoyée retourne dans l'aquarium. Le cycle peut recommencer.

1

Des micro-organismes (bactéries) transforment les déjections des poissons en engrais organiques. Des réactions biochimiques sont en jeu.

**Affiche financée par les
Cordées de la Réussite
grâce
à notre tête de Cordées
SIGMA Chimie Clermont-Fd**

Un 1^{er} prototype :

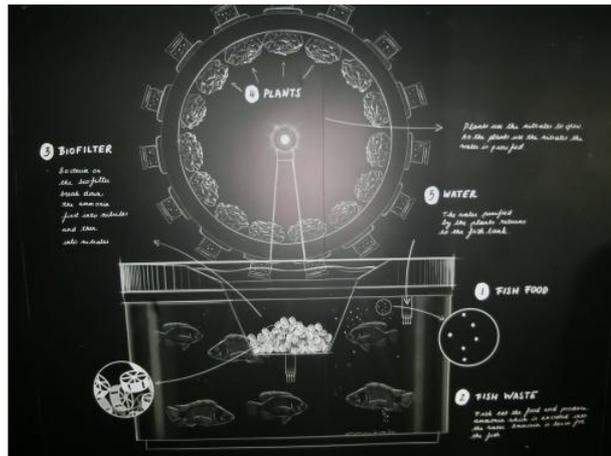
AQUACAMUS 0

- En février 2016, afin d'illustrer ce qui avait été découvert grâce aux interventions des étudiants, un premier prototype a été construit et laissé en salle de sciences physiques à la vue de tous ses utilisateurs.
 - Volume total d'eau d'environ 10L
 - 5 poissons rouges et quelques salades
 - Biofiltre : pouzzolane
(billes d'argile non achetées à l'époque)
 - Pompe et bulleur électriques.



Un 1^{er} prototype : AQUACAMUS 0

- Ce premier prototype :
 - a été comparé à celui observé au pavillon Belge de l'Exposition Universelle de Milan en octobre 2015,



- a permis de réaliser les premières mesures chimiques avec un kit d'aquariophilie, mais aussi de température,
- a révélé l'influence de variation de facteurs importants pour les plantes comme la qualité et la quantité de lumière,
- a soulevé des difficultés à venir : nourriture des poissons, dimensionnements de l'installation pour produire des légumes et élever des poissons comestibles, surveillance pendant les vacances ...

Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- Au fur et à mesure des observations réalisées sur AQUACAMUS 0, nous avons entamé une recherche internet pour prévoir notamment les dimensionnements et organisations des différents modules de notre nouveau prototype.
- Les résultats de nos recherches ont été présentés à un professeur de physique du lycée Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, M. Petitet-Gosgnach (partenaire dans les Cordées de la Réussite). Ce dernier a développé chez lui une installation lui permettant d'élever des truites en aquaponie.
- Lors d'une rencontre fin mars 2016, les élèves ont présenté leurs conclusions. M. Petitet-Gosgnach a proposé des corrections et améliorations tout en privilégiant la compréhension de notions de physique (écoulement de l'eau, impact de la hauteur sur la pompe de relevage, ...) et sur les ordres de grandeur en termes de volume d'eau nécessaire, surface cultivée, masse de poissons, nourriture à apporter,

Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- Rendez-vous a été pris entre des élèves volontaires , M. Petitet-Gosgnach et deux des enseignants du projet pour se retrouver lors des deux jours de l'Ecole ouverte des vacances de Pâques 2016.

Objectif : Construire les 3 modules d' AQUACAMUS 1 : bac à plantes, décanteur et bac à poissons.

- 10 élèves ont travaillé le bois (couper, percer, visser), préparé du béton pour le socle de notre décanteur, fait de l'électricité pour préparer une rampe d'éclairage au-dessus du bac à plantes, étanchéifier avec du silicone, utiliser des matériaux pour isoler (polystyrène expansé).
- Au bout des deux jours le prototype est prêt à être mis en eau. Ce sera fait dès le retour des vacances de Pâques 2016.

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1



Bac à plantes
Ceren/Clotilde

Nous avons construit le bac à plantes avec des planches, on a percé, vissé, dévissé...

Nous avons mis en marche (branché) la rampe Pommeuse à DEL.

Puis nous l'avons placée au-dessus du bac à plantes, nous avons installé la bache, des isolants en polystyrène expansé.

Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- Au retour des vacances de Pâques, nous avons assemblé les modules par des raccords PVC et mis en eau. Ce fut l'occasion de tester la pompe et la filtration électrique.
- Le bac à plantes ayant été partagé en deux parties : culture sur substrat filtrant et sur radeau flottant, nous n'avons versé des billes d'argiles que dans un seul compartiment. Nous avons dû préparer le radeau flottant : une plaque de polystyrène percée de trous au diamètre de godets plastiques pour les plants : tomates, choux, salades, maïs dans un premier temps.
- Afin de gagner du temps, nous avons utilisé des billes d'argiles déjàensemencées en colonies de bactéries. M. Petitet-Gosgnach étant notre fournisseur.
- Au bout de quelques jours, un des élèves qui adore la pêche a eu pour mission de nous apporter des poissons. Nous avons choisi pour cette version d'AQUACAMUS de commencer par des poissons résistants : des carassins de la famille des cyprinidés.

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1



Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- Régulièrement nous avons réalisé les mesures de contrôles physico-chimiques et tenu des tableaux de compte-rendu.

**Suivis physico-chimiques et biologiques du prototype d'aquaponie AquaCam.
Collège Albert Camus – Clermont-Ferrand.**

Date	Heure	Personnes	Température. (°C)		pH.	Dioxygène dissous. (mg/L) ou (% de saturation)	Nitrite. (mg/L)	Nitrate. (mg/L)	Rajout d'eau. (L)	Masse de nourriture. (kg)	Observations.
			Air	Eau							
			25/05/16	10h30							
26/05/ 16	9h30	Benjamin Eric	20°	19°	8	0,6	B-10 A-5			Carpe morte.	
27/05/16	9h30	Touze Hesamba Toufik Muhammad	21°	29°	7,5-8	0,2 0,2	5-10 5-10				
28/05/ 16	9h0	Nolan Christophe	22°	23°	8	0,2	5-10				

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1

- Nous observons également l'évolution de la croissance des végétaux.



Les légumes ont été mangés au fur et à mesure par les professeurs.

Pour des raisons de réglementations sanitaires aucun n'a été donné aux élèves.

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1

- Nous avons pu valoriser tout le travail de notre projet « Comment produire et nourrir autrement ? » en présentant nos productions au public lors des ExpoSciences Auvergne en mai 2016.
- Notre prototype AQUACAMUS 1 a attiré la foule en masse. Les élèves ont été capables durant 4 jours d'apporter les explications nécessaires pour satisfaire la curiosité des visiteurs.



Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- Durant l'été 2016, le prototype AQUACAMUS 1 a été déménagé chez un des professeurs pour tester la résistance de notre installation aux chaleurs estivales.
- Les végétaux ont continué de produire et aucun poisson n'a succombé malgré des températures d'eau parfois proches des 32°C.
- Heureusement que nous avons choisi des carassins pour cette version de prototype.

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1



Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1

- Les élèves se sont rendus compte de la difficulté de l'autonomie du système aussi bien en termes :
 - de flux de matière (eau qui s'évapore fortement, nourriture des poissons, ...)
 - et en énergie (alimentation électrique des appareils, énergie de rayonnement solaire importante en été, problématique d'isolation pour limiter les écarts de température, solidification de l'eau en hiver, ...)



Durant l'hiver 2016, le dispositif a été démonté pour ne pas avoir à engager de travaux d'isolation.

Les poissons ont été relâchés dans leur milieu d'origine, le bac à plantes nettoyé, les billes d'argiles colonisées par les bactéries conservées en extérieur avec une oxygénation.

**Ces réflexions ouvrent discrètement la voie vers une évolution de notre prototype :
AQUACAMUS 2 !**

Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- En février 2017 (les élèves du projet sont en 4^{ème}), nous avons rencontré dans leurs locaux universitaires :
 - des étudiants de Polytech Clermont - Génie biologique : ils nous ont présenté le cycle de l'azote qui a cours dans l'aquaponie. Nous avons mieux compris les transformations d'ammoniac en nitrite puis en nitrate grâce aux différentes bactéries.
 - des étudiants de SIGMA Chimie Clermont : ils nous ont présenté des techniques de laboratoires de suivis de paramètres physico-chimiques et comment les modifier pour satisfaire aux besoins de certaines espèces de poissons.
- Cette journée s'est faite dans le cadre des Cordées de la réussite et des Parcours d'Excellence. Le repas de midi a été pris au restaurant universitaire.

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1



Un 2^{ème} prototype :

AQUACAMUS 1

- Au cours du mois de mai 2017 AQUACAMUS 1 a été remis en fonctionnement. Ce fut l'occasion de procéder à :
 - un nettoyage des billes qui avaient gardé des déchets de végétaux de l'année précédente,
 - une révision des joints d'étanchéité,
 - un déplacement du dispositif davantage à la vue du public du collège et aussi pour éviter les dégradations que nous avons eues à déplorer l'année précédente.
 - un changement quant à l'organisation du bac à plantes : uniquement des billes d'argiles et un avaloir.
 - un contrôle de l'état de nos colonies des bactéries en s'appuyant sur les recommandations des étudiants de Polytech rencontrés en février 2017 (apport d'ammoniaque pour les nourrir puis mesures d'évolution du pH et des concentrations en nitrite et nitrate)
- Cette fois-ci l'objectif étant de laisser le prototype AQUACAMUS 1 en place au collège durant tout l'été. Les professeurs assureront des permanences pour surveiller, nourrir les poissons et ramasser les légumes, voire en replanter d'autres.

Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1



Un 2^{ème} prototype : AQUACAMUS 1



Vers un 3^{ème} prototype :

AQUACAMUS 2

- Pour leur dernière année sur ce projet, les élèves vont devoir dès la rentrée de septembre 2017 se concentrer sur deux objectifs :

Quelles évolutions du prototype pour permettre l'élevage de truites (sensibles à la qualité et à la température de l'eau) ?

Quelles solutions techniques mettre en œuvre pour alimenter le nouveau prototype uniquement avec des sources d'énergie renouvelable

- Le deuxième objectif entre dans le cadre du Defi Collèg'Energie présenté au Conseil Départemental en juin 2017.

AQUACAMUS 2 devra être plus imposant, vérifier des règles d'isolations thermiques, faciliter l'élevage des truites et se préoccuper de l'approvisionnement en énergie dite verte ...

Bilan

- Les points forts de ce projet :
 - Approche globale autour d'une problématique complexe sur l'alimentation. L'aquaponie étant une entrée techniciste et scientifique pertinente.
 - Tous les élèves y trouvent leur compte soit par attrait des poissons, des plantes, de l'eau, de la technique, de la conception.
 - Visibilité au sein du collège : tous les élèves peuvent apercevoir l'espace des prototypes selon leurs cheminements dans les couloirs. Favorise donc la valorisation du travail des élèves impliqués.
 - Support pédagogique développant de nombreuses compétences disciplinaires et citoyennes chez les élèves.
 - Sujet d'étude permettant de faire des sciences à tous les niveaux d'apprentissage.
 - Certains élèves s'approprient l'aquaponie dans leur culture scientifique personnelle pour illustrer des cours de sciences physiques et chimiques.

Bilan

- Les points faibles de ce projet :
 - Sentiment de lassitude chez les élèves qui ont des difficultés pour se projeter sur un projet aussi long, malgré les évolutions des prototypes qui sont proposées.
 - Difficultés techniques pour organiser la surveillance des prototypes les weekend et durant les vacances.
 - Sensibilité du système lié à la présence d'êtres vivants fragiles lorsque nous passerons aux truites.