

Fiche eau n°1,7

AQUAPONIE

PLAN :

1. Introduction
2. L'aquaponie : un modèle d'Aquaculture Intégrée Multi-trophique
3. Principe de l'aquaponie
4. Exemples d'unités aquaponiques
5. Les Atouts et les Contraintes
6. Perspectives et conclusion

Lexique

Bibliographie

OBJECTIFS :



- ▶ Comprendre les enjeux de l'aquaponie
- ▶ Caractériser les différents composants du système
- ▶ Identifier les atouts et les contraintes

Mots clés :

Aquaculture, horticulture, recyclage, effluents, rejets piscicoles, traitements biologiques, physiques, cycle de l'azote, phosphore, ...

Lien avec les référentiels de formation :

- Bac Pro : MP4, MP64, MP66
- BTSA : M53, M55 (MIL spécifique au Lycée aquacole Louis Pasteur de La Canourgue)

1. INTRODUCTION

Face à une stagnation voire régression de la pêche, l'aquaculture permet de couvrir en grande partie les besoins alimentaires tout en constituant un enjeu de développement économique et de conservation de la bio-diversité. Elle permet de couvrir actuellement 47% du poisson consommé par l'homme (FAO, 2009). De nombreuses contraintes et enjeux, surtout environnementaux (D.C.E, en Europe) rendent de plus en plus compliqués l'intégration des productions dans leur environnement. Les systèmes d'élevage intégrés permettent de valoriser les rejets des élevages de poissons, directement ou après minéralisation, par des productions associées d'invertébrés (moules, crustacés) et par des cultures hydroponiques (hors-sol sur eau) telles que des légumes, des fruits, des plantes ornementales (plantes aquatiques, fleurs). Cette co-production permet ainsi de réutiliser l'eau en permanence pour l'élevage piscicole. Cette démarche est également innovante pour la conduite de production végétale en réduisant les prélèvements d'eau et l'emploi d'intrants chimiques (engrais, produits phytosanitaires). Même si de nombreuses unités d'échelle variable existent de par le monde (Canada, Israël, Hollande, USA, Nouvelle-Zélande, ...) il semble aujourd'hui délicat de transposer en l'état ces exemples au sein de nouvelles structures en France l'absence de références fiables de dimensionnement.

2. L'AQUAPONIE : un modèle d'Aquaculture Intégrée Multi-trophique

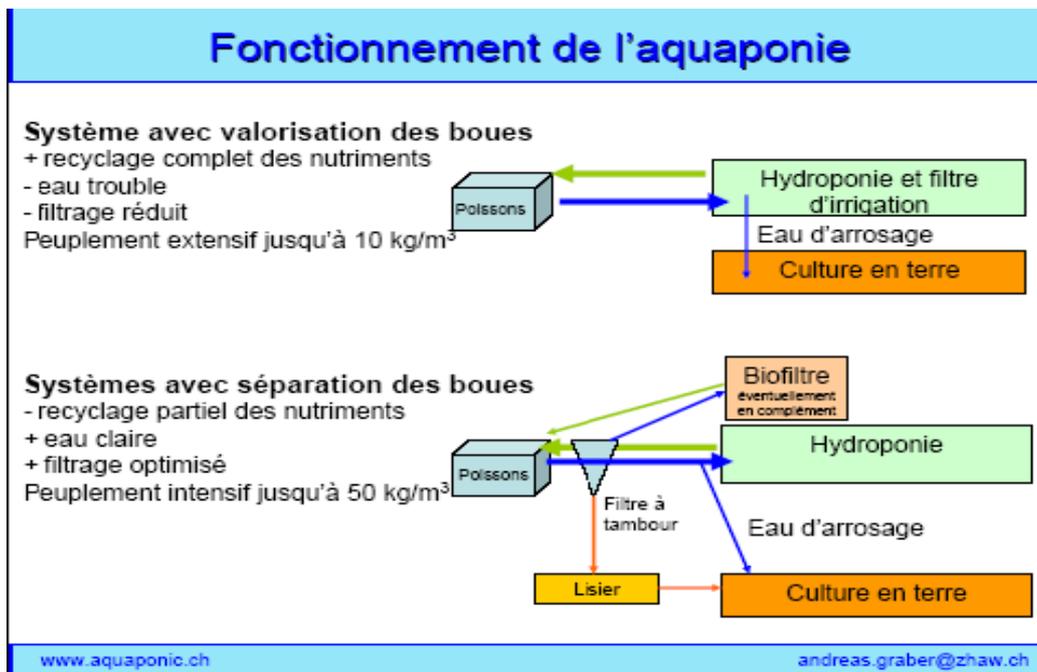
L'aquaponie a été initiée dans les années 70 sans attirer l'intérêt des filières professionnelles. La raison réside probablement dans le fait que la prise en compte de la ressource en eau du point de vue qualitatif et quantitatif ne présentait pas à l'époque une priorité pour les activités agricoles. Une vingtaine d'années plus tard, le concept d'A.I.M.T. (Aquaculture Intégrée Multi-trophique) ou I.M.T.A. (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) a été initiée en aquaculture marine (à terre ou en mer). L'association de productions de mollusques et de macroalgues à proximité immédiate des élevages intensifs piscicoles a montré des effets bénéfiques : réduction de l'impact des effluents piscicoles et augmentation des rendements des cultures associées (filtration de la matière organique particulaire et augmentation de la production phytoplanctonique au bénéfice des organismes filtreurs ; minéralisation de la matière organique inerte au bénéfice des productions algales). Plusieurs unités de ce type existent dans différents pays du monde : Israël, Chili, Australie, Ecosse,...(Chopin et al. 2008 ; Nichols, 2008 ; Butterworth, 2010)

En France, les premiers travaux sur un système hors-sol en eau douce et recyclé ont été initiés par l'INRA par l'association de truites et de tomates (Quilleré et coll., 1994). Ce n'est que depuis les années 2000 que ce mode de production a re-mobilisé des instituts de recherche et initié des démarches à différentes échelles de par le monde. Aujourd'hui, l'Aquaponie fait l'objet d'une activité économique significative au Canada, au Québec, aux USA, en Australie, en Hollande et induit de nombreuses démarches de particuliers initiés par de nombreux supports média : vidéos, articles (Diver, 2006 ; Rackocy, 2004-2006, Aquaponics Journal par ex.)

En France, depuis les études de l'INRA des années 90 démontrant la nécessité de réajustements multiples et permanents, aucun programme scientifique n'a été conduit afin d'envisager un transfert vers les filières agricoles alors que parallèlement, les demandes n'ont fait que progresser que ce soit en milieu rural au sein d'unités aquacoles ou horticoles existantes ou en milieu urbain (cultures sur toitures). La démarche aujourd'hui de verdissement des villes, le développement du concept des jardins partagés sont autant d'indicateurs pour que ce mode de production de denrées puisse également avoir sa place au coeur des villes. Selon la FAO et d'ici 2030, plus de 60% de la population des pays en développement vivront dans les mégapoles. Ces pays en particulier doivent donc relever plusieurs défis : assurer un approvisionnement en denrées alimentaires tout en réduisant l'impact sur l'environnement par réduction des intrants et de l'empreinte carbone en lien avec l'acheminement des denrées.

3. PRINCIPE DE L'AQUAPONIE

L'aquaponie est donc l'intégration de processus de production aquacole et hydroponique permettant le recyclage et la valorisation des nutriments émis par l'élevage par des cultures végétales. Le système est en recyclage permanent équipé d'une chaîne de traitement classique des effluents d'élevage solides (féces, fines alimentaires) et dissous (azote ammoniacal et phosphates). Les différents compartiments de production et de traitement peuvent varier en fonction de leurs caractères obligatoires, optionnels ou spécifiques à un type d'aquaponie.



Dans un système recirculé classique, le poste de filtration mécanique (filtre à sable ou filtre à tambour) ne retient que 40 à 60% des particules circulantes. Les matières retenues sont éliminées du système par lavage programmé ou automatique du filtre ; les matières extraites sont acheminées vers un lieu de stockage, plus réutilisées par épandage, générant le plus souvent une consommation d'énergie. Les matières non retenues circulent au sein de la chaîne hydraulique et sont progressivement minéralisées en nitrates et phosphates.

Le poste de filtration biologique quant à lui prend en charge l'azote ammoniacal circulant (issu d'une part du métabolisme des poissons et d'autre part de la minéralisation de la matière organique particulaire résiduelle) pour le transformer en nitrates via le processus de nitrification bactérienne en présence d'oxygène. Dans un circuit fermé classique, les concentrations en nitrates et phosphates sont donc potentiellement en concentration croissante au cours du temps et nécessitent donc une prise en charge. Les éleveurs sont donc contraints de pratiquer des renouvellements en eau neuve de l'ordre de 5 à 20% des volumes d'élevage par jour, voire plus.

Le système en aquaponie consiste non seulement à la diversification d'une production piscicole en l'associant à une culture en hydroponie sur substrat inerte d'intérêt commercial mais également à valoriser l'effluent d'élevage que constitue cette fraction d'eau précédemment décrite, liée au système piscicole en recirculation. En effet, les teneurs en azote et phosphates générées par l'élevage et le système recyclé constituent une source de nutriments pour les plantes associées. Ce mode de production combinée permet de réduire significativement les besoins en eau neuve : inférieurs à 5%.

4. EXEMPLES D'UNITES AQUAPONIQUES

Les différentes unités d'amateurs ou plus rarement de professionnels, présentées via de multiples articles et supports video, semblent très prometteuses, compte-tenu de l'ampleur et de la santé présentées des cultures végétales, en particulier.

Les poissons sont nécessairement élevés en chargement élevé dans des bassins aquacoles classiques (raceways, subcarrés) à des densités d'élevage de 30 à 70kg/m³. Ces densités d'élevage importantes et utiles pour la production d'azote et de phosphore ne sont pas systématiquement présentées dans les reportages de vulgarisation ; ce qui questionne sur la quantité et la composition des rejets piscicoles et le non recours à des compléments de solutions nutritives pour trouver l'équilibre en besoins pour les plantes ...

Même si la Truite et le Tilapia constituent des espèces référentes dans les modèles aquaponiques, d'autres espèces sont signalées dans les études scientifiques : l'Esturgeon, l'Ombre chevalier, le Black-bass, la Perche commune, le Sandre (Diver, 2006 ; Graber, 2008-2009). Les végétaux (laitue, tomate, courgette, basilic,...) peuvent être installés sur différents supports : plaques de polystyrène flottantes ou rafts, tubes percés équipés de pots horticoles, lits de billes d'argile ou tout autre support inerte drainé de manière continue ou discontinue selon la conception hydraulique (en parallèle ou en série). Les rendements annoncés peuvent être conséquents : 200 tonnes de poissons et 1400 tonnes de végétaux par an (Aquaponic Barramundi Blue, Australie), 200 filets de truite et 5000 têtes de laitue Boston par semaine (Cultures Aquaponiques Marc Laberge - Canada).



The raft tank at the CDC South Aquaponics greenhouse in Brooks, Alberta (<http://images.mitrasites.com/aquaponic.html>)



Néanmoins, il est démontré par les travaux scientifiques de renommée internationale (Rakocy, 2007 ; Savidov, 2007 ; Hafedh, 2008) que ce mode de production est beaucoup plus complexe tant dans sa mise en place que dans son suivi et ses rajustements permanents sont nécessaires pour garantir le bon état sanitaire des différentes productions. Les biomasses animales et végétales ne sont pas constantes dans le système en lien avec leur croissance et leur retrait pour la commercialisation.

Ainsi, les éléments nutritifs dans le système varient constamment parallèlement aux variations des besoins des plantes. Il semble que ceci soit lié aux nombres de cycles menés en parallèle et aux différences de durées de cycles entre végétaux et poissons. Une gestion rigoureuse doit donc être appliquée pour prendre en charge les effluents sans risquer leur accumulation tout en couvrant les besoins nutritionnels des plantes.

L'analyse de plusieurs ressources documentaires montre également que l'étape de préparation des structures avant l'accueil des productions, notamment la préparation des biofiltres, impacte fortement le démarrage des cultures. Il est important de noter que le besoin de bio filtre n'est pas systématique car les plantes peuvent valoriser en direct l'ammoniaque et les bactéries de leurs racines peuvent transformer l'ammoniaque en nitrates.

L'introduction classique de matière organique ou de matière azotée dissoute pour dynamiser les bactéries de la nitrification avant l'introduction des poissons constitue des apports à plus ou moins long terme pour les cultures, indépendamment de leur fourniture via le métabolisme des poissons.

Selon le modèle de Rakocy-University of Virgin Islands (UVI), la mise en place des surfaces en hydroponie est progressive de 71 à 213m² de rafts pour 30m³ d'élevage de poissons. Différents tests ont permis d'optimiser une ration de 56g d'aliment/m²/j à raison de 25-30 plants de laitue par m² pour des périodes de production de laitues de 4 semaines. Les 24 types de culture testées à UVI (5 légumes et 19 plantes aromatiques) en association avec du Tilapia, présentent des rendements supérieurs en comparaison aux cultures hydroponiques classiques : 21kg de tomates, 33kg de concombres/plant/an et 13-42kg/m²/an de basilic.



Unité aquaponique – University of Virgin Island
(source : aquaponic_plant_production.jpg)

5. LES ATOUTS ET LES CONTRAINTES

Il est important de comprendre que de nombreux facteurs influent sur la dynamique du système le rendant difficilement transposable d'un site à un autre sans aucun travail en amont de modélisation et sans période d'adaptation sur un nouveau site. En effet, la qualité d'eau de la ressource, l'espèce de poisson, son stade de développement, l'espèce végétale intégrée et son stade phénologique, la ration alimentaire appliquée, la composition de l'aliment, les aspects thermiques et énergétiques (mise en mouvement de l'eau, filtration, éclairage des plantes, thermorégulation des élevages et des cultures...) sont autant de paramètres susceptibles d'influer sur les performances des productions animales et végétales.

Il semble évident que pour garantir la production de certaines espèces végétales, l'apport de compléments chimiques dans le système hydraulique est indispensable ; les effluents seuls émis par les poissons ne peuvent pas couvrir les besoins de certaines plantes et notamment les plantes à fruits.

L'aquaculture en circuit fermé requiert de réelles compétences d'éleveur pour garantir les productions sans événement pathologique majeur. La production hydroponique, elle aussi, fait appel à des compétences spécifiques notamment du point de vue phytosanitaire. L'Aquaponie associant 2 productions simultanées exige donc des connaissances scientifiques et techniques poussées pour garantir la faisabilité économique du système en intégrant les avancées technologiques des productions hors-sol animales et végétales.

6. PERSPECTIVES ET CONCLUSION

L'Aquaponie n'a pas la prétention de révolutionner la production horticole de plein champ. Par contre elle a sa place dans la filière agricole si elle prend en compte les contraintes zootechniques-phytotechniques, économiques et sociales pour démontrer sa durabilité. L'Aquaponie est un système qui doit être également intégrée par la filière horticole comme une démarche innovante pour réduire l'emploi d'intrants chimiques tout en démontrant la qualité sanitaire et organoleptique des produits.

A l'échelle du territoire français et des DOM-COM (cf. l'unité du Lycée agricole Le Robert en Martinique, notamment), plusieurs initiatives sont en cours. Le Lycée aquacole Louis Pasteur de La Canourgue (48) appuyée par différents partenaires de la recherche (INRA, CIRAD-IFREMER, AIT), par les instituts techniques (ITAVI, ASTREDHOR, CTIFL), par les filières de formation (Réseaux thématiques de la DGER : Aquaculture, Eau, Horticulture et Paysage ; EPL de Perpignan, Lycée agricole de Guérande,...), les filières professionnelles (FFA, CIPA, ORVIVA) et les partenaires financiers européens, nationaux et régionaux (FEP, CAS DAR 2013, Conseil régional Languedoc-Roussillon) a initié un programme pluri-annuel (2012-2015) de recherche-développement au sein de l'exploitation du Lycée de La Canourgue. Ce programme a été présenté fin novembre 2012 à des porteurs de projet issus de différents départements (Allier, Lozère, Hérault, Drôme) afin d'accompagner de manière concertée la mise en oeuvre d'unités commerciales sur du maraîchage associé et/ou de la production de plantes aromatiques.



Production aquaponique sur rafts et tubes – Lycée aquacole La Canourgue (C.Lejolivet)

L'étude de faisabilité technico-économique de ce process agricole innovant est incontournable ; la modélisation des systèmes constitue la pièce maîtresse du programme en cours. Les protocoles expérimentaux, conçus de manière concertée, sont et seront conduits sur des espèces modèles d'eau chaude (Tilapia), d'eau tempérée (Cyprinidés d'ornement) et d'eau froide (Truite Arc-en-ciel) afin d'obtenir des résultats fiables et transposables tout en évaluant les impacts environnementaux par Analyse du Cycle de Vie (ACV) et prendre en considération la problématique de l'affichage environnemental des produits.

L'agriculture du 3ème millénaire via l'Aquaponie est donc en marche et permettra de répondre aux nouveaux enjeux de l'aquaculture et de la production horticole tout en répondant également aux attentes des populations rurales et urbaines en quête d'identification de leurs ressources alimentaires et sensibilisés à la réduction des impacts sur l'environnement.

Ce nouveau concept de production ouvre des perspectives de nouvelles formations ciblées, de nouveaux métiers, d'associations d'acteurs des filières aquacoles et horticoles au sein de structures communes pour créer une dynamique de circuits courts au sein des territoires ruraux et urbains.

Lexique

- **ACV** : analyse du cycle de vie ; méthode d'évaluation de l'impact environnemental d'un produit suivant tout le processus de production (des matières premières au produit fini et son recyclage).
- **AIMT** : Aquaculture Intégrée Multi-Trophique
- **AIT** : Asian Institute of Technology (Bangkok)
- **ASTREDHOR** : Association nationale des STRucturesd'Expérimentation et de Démonsatration en HORTiculture
- **CAS DAR** : Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural
- **CIPA** : comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture
- **CIRAD** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique
- **CTIFL** : Centre Technique d'Innovation des Fruits et Légumes
- **DCE** : Directive Cadre sur l'Eau
- **FAO** : Food and Agriculture Organization
- **FEP** : Fonds Européen de la Pêche
- **FFA** : Fédération française d'aquaculture
- **INRA** : Institut national de recherche agronomique
- **IMTA** : Integrated Multi-trophic Aquaculture
- **ITAVI** : Institut Technique de l'AVIculture
- **ORVIVA** : réseau d'entreprises en aquaculture spécialisée (Hérault et départements limitrophes)



Bibliographie

- Adler, P.R. (1998). **Phytoremediation of aquaculture effluents**. *Aquaponics J.* 4(4): 10-15.
- Al Hafedh, Y.S. and al. (2008). **Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants**. *J. of the World Aquaculture Society*. Vol.39(4) : 510-520.
- Baker, A., M.S. (2010). **Preliminary development and evolution of an aquaponic system for the American Insular Pacific**. University of Hawai at Manda. 40Pages-1490443
- Blidariu, F. Grozea, A. (2011). **Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics - Review**. *Animal Science and Biotechnologies*, 44(2), 8p.
- Butterworth, A. (2010). **Integrated multi-Trophic aquaculture systems incorporating abalone and seaweeds**. Report for Nuffield Australia Farming scholars.
- Chalmers, G.A. (2004). **Aquaponics and food safety**. Lethbridge, Alberta. 114p.
- Chopin, T. and al. (2008). **Multitrophic integration for sustainable marine aquaculture**. In : *Encyclopedia of Ecology*. Sven E. and al. Eds Oxford.Academic Press, pp 2463-2475.
- Dediu, L; and al. (2011). **Evaluation of condition and technological performance of hybrid bester reared in standard and aquaponic system**. *AAFL Bioflux*, Vol. 4, Issue 4, pp490-498.
- Diver, S. (2006). **Aquaponics-integration hydroponics with aquaculture**. A publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. 1-800-346-9140.
- Elmhirst, J. (2006). **Profil de la culture de la laitue de serre au Canada**. Centre pour la lutte antiparasitaire, Agriculture et Agroalimentaire. Canada. 38p.
- FAO, (2009). **La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture en 2008**. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 216p.
- Goodman, E.R. (2005). **Aquaponics community and economic development**. Arizona Stae Univ. Aquaponic University. Master in city planning at the Massachusetts Institute of Technology. 100p.
- Graber, A. and Welti, C. (2008). **Production of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) in aquaponic**. Poster at the workshop « Percid fish culture -from research to production », Namur, January 23-24.
- Graber, A. and Junge-Berberovic, R. (2009). **Aquaponics systems : Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production**. *Desalination* 246, 147-156.
- Hochmuth, G.J. (2012). **Fertilizer management for greenhouse vegetables - Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook**. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Vol.3. N°HS787. 18p.
- Hollyer, J. and al. (2009). **On-farm food safety : aquaponics**. *Food safety and technology*. FST - 38.
- Lorena , S. Cristea, V., Oprea, L. (2008). **Nutrients dynamic in an aquaponic recirculating system for sturgeon and lettuce (*Lactuca sativa*) production**. *Zootehnie si Biotehnologii*. Vol.41(2), pp137-143.
- Nichols, M. (2008). **L'aquaponie : là où un + un égale trois**. *Maximum Yield Canada-Français* - Novembre/Décembre.
- Quilleré, I. et coll. (1994). **L'intégration des cultures végétales dans les élevages piscicoles en eau recyclée**. *Cahiers Agricultures*. 3 : 301-8.
- Rakocy, J.E. and al. (2004). **Aquaponic production of tilapia and basil : comparing a batch and staggered cropping system**. *Acta Horticulturae (ISHS)* 648 : 63-69.

Rakocy, J.E. and al. (2006). **Recirculating aquaculture tank production systems : Aquaponics-Integrating fish and plant culture**. SRAC publication, N°454.

Roosta, H.R., Ghorbani, F. (2011). **Investigation of the growth and development, essential oil and minerals content in two species of mint in hydroponics and aquaponics**. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 2(7). pp19-28.

Savidov, N.A. And Rakocy, J.E. (2007). **Fish and plant production in a recirculating aquaponic system : a new approach to sustainable agriculture in Canada**. Acta Hort.742, ISHS 2007, pp 209-221.

Van der Werf, H. (2010). **L'analyse de Cycle de Vie, un outil pour l'évaluation environnementale des systèmes de production agricoles**. Institut National de la Recherche Agronomique

Villarroel, M. and al. (2011). **Aquaponics : integrating fish feeding rates and ion waste production for strawberry hydroponics**. Spanish Journal of Agricultural Research. 9(2), pp537-545.

@ Sites internet :

<http://aquaponicsjournal.com>

<http://images.mitrasites.com/aquaponic.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=FvVMj6ECZZk&feature=related>http://www.youtube.com/watch?v=FvVMj6ECZZk&feature=player_detailpage

http://www.youtube.com/watch?v=FvVMj6ECZZk&feature=player_detailpage#t=143s

http://www.youtube.com/watch?v=Cx_WxL8Cic

<http://www.evous.fr/AQUAPRIMEUR,1169987.html>

<http://www.aquaponics.net.au/Chops.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=HYR9s6chrI0>

<http://www.youtube.com/watch?v=LRnulbOqoOk&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=W7wqpR8IiFc&feature=related>

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=zkwBJJpeiVs#t=35s

<http://www.backyardaquaponics.com/component/allvideos>

http://www.cultures-aquaponiques.com/index_fr.htm

<http://agriculture.gouv.fr/L-aquaponie-au-lycee-agricole-du>

<http://greenphoenixfarms.com/learn-how-to-design-an-aquaponics-system>

Rédaction de la fiche : Catherine LEJOLIVET, LA CANOURGUE, catherine.lejolivet@educagri.fr

Relecture et validation scientifique et technique : Joël Aubin, INRA-UMR SAS Rennes, joel.aubin@rennes.inra.fr

👁 Crédit photos : Catherine LEJOLIVET