



Itinéraires techniques pour la culture d'algues en Polynésie française

Fiches techniques

Direction des ressources marines de la Polynésie française

2024















1.1 Fiche technique

Culture d'Ulva lactuca

Corentin Salvan, Rimu Solutions

1. Introduction

1.2 Contexte

La méthode de culture présentée dans cette fiche a été élaborée dans le cadre du programme PROTEGE (11ème FED) par la Direction des Ressources Marines (DRM) au Centre Technique Aquacole de Vairao, entre 2021 et 2022. Son objectif était de développer un itinéraire technique efficace pour la production continue de laitue de mer (*Ulva lactuca*) à des fins expérimentales. Les techniques exposées ici sont adaptées à des bacs de quelques mètres cubes et peuvent être étendues à des bacs de taille moyenne, jusqu'à une dizaine de mètres cubes. Pour des volumes plus importants, de l'ordre de la centaine de mètres cubes, il est préférable d'opter pour des bassins peu profonds équipés d'une roue à aube, qui est moins énergivore que le bullage libre proposé dans cette fiche.

Ulva lactuca est comestible et est utilisée dans diverses cuisines, notamment en Asie. Elle est étudiée pour ses applications possibles dans l'agriculture, les biocarburants et la bioremédiation d'effluents, notamment les effluents d'aquaculture.

Il est aussi possible de l'utiliser pour nourrir des poissons d'aquaculture herbivore, tels que le Marava (*Siganus argenteus*) ou le Nanue (*Kyphosus vaigiensis*). Elle pourrait également être intéressante pour compléter l'alimentation des crevettes.

Pour davantage de détails et d'informations complémentaires sur l'élaboration de cette fiche technique, on se réfèrera au rapport final PROTEGE « Macroalgues ».

1.3 Eléments essentiels de biologie d'Ulva lactuca

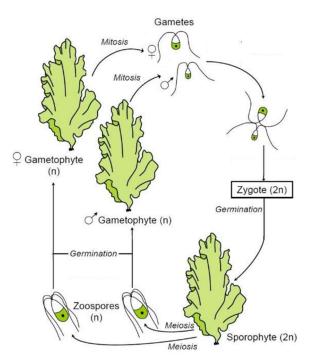
Ulva lactuca est une algue verte (Chlorophyta) de la famille des Ulvaceae.

Elle se présente sous la forme de feuilles vertes fines, larges, et translucides, ressemblant à de la laitue, d'où son nom commun. Les thalles mesurent généralement entre 10 et 20 cm de long. Les thalles ont seulement deux cellules d'épaisseur ce qui les rend très fragiles, mais favorise les échanges entre l'algue et le milieu.

Cette algue se trouve principalement dans les zones côtières, fixée sur des rochers, ou d'autres substrats durs. Elle prospère dans les eaux salées et saumâtres, souvent dans des zones bien éclairées à faible profondeur, mais elle peut aussi tolérer des conditions environnementales variées, y compris des niveaux élevés de nutriments, ce qui en fait une espèce opportuniste à croissance rapide.

Dans des environnements où les nutriments sont en excès (eutrophisation), *Ulva lactuca* peut proliférer de manière excessive, entraînant des "marées vertes" qui peuvent déséquilibrer les écosystèmes locaux.

Ulva lactuca a un cycle de vie haplodiplontique, impliquant une alternance de générations entre un stade haploïde (gamétophyte) et un stade diploïde (sporophyte).



Cycle de vie d'Ulva lactuca

Ulva possède également la capacité de se reproduire de manière végétative. Un seul thalle peut engendrer des milliers d'autres thalles par le biais de fragmentations successives.

Ulva lactuca est un organisme autotrophe qui pratique la photosynthèse. Grâce à ses pigments photosynthétiques, cette algue peut capter l'énergie solaire pour la transformer en énergie biologique, essentielle pour croître à partir d'éléments de base présents dans le milieu : le carbone, l'azote et le phosphore, principalement.

- **Le carbone** : Il constitue la brique élémentaire des algues, absorbé soit sous forme de CO₂ dissous (transfert passif), soit sous forme de bicarbonate (pompage actif).
- L'azote: Prioritairement absorbé sous forme ammoniacale (transfert passif), puis sous forme de nitrate (pompage actif). L'absorption des nitrates est plus lente et coûte davantage d'énergie que l'absorption de l'ammonium.
- Le phosphore: Nécessaire au développement, son besoin est estimé dix à vingt fois inférieur à celui de l'azote.

2 Protocole de production

2.1 Principe: le bullage libre

La culture des laitues de mer peut être pratiquée en « bullage libre », c'est-à-dire que les thalles sont cultivés sans support ou point de fixation, maintenus dans un mouvement d'eau constant grâce à un bullage important. Cette méthode simplifie la manipulation des algues, qui peuvent être aisément déplacées, pesées et triées, sans qu'il soit nécessaire de les attacher à des supports, une opération longue et fastidieuse. Les bacs de culture peuvent ainsi être vidés et nettoyés régulièrement avec facilité. La reproduction est végétative, par fractionnement spontané des thalles.



2.2 Systèmes de culture

2.2.1 Bacs

La culture en bullage libre peut être effectuée dans divers types de bacs, qu'ils soient cylindriques, cylindro-coniques, hémicylindriques, etc. L'essentiel est que la forme des bacs permette une circulation continue des algues dans la colonne d'eau. Les bacs ne doivent pas présenter de zones mortes où les algues pourraient s'accumuler, ni d'obstacles sur lesquels les thalles pourraient s'accrocher.

Idéalement, le fond du bac devrait être blanc, de façon à refléter la lumière et maximiser le contraste avec les algues. Ce contraste est primordial pour détecter facilement d'éventuelles anomalies dans l'hydrodynamisme et évaluer le degré de contamination par les algues vertes.

Le bac doit disposer d'une vanne de purge basse, ainsi que d'un système de contrôle du niveau par canne extérieure et/ou surverse. Des grilles de 10mm empêchent l'échappement des thalles tout en permettant la purge des débris et fragments d'algues moribonds.

2.2.2 Renouvellement en eau

L'eau de mer pompée dans les bacs doit avoir une salinité constante. La prise d'eau doit donc se situer en dessous de la couche de dessalure. Il n'est pas nécessaire de filtrer l'eau mécaniquement en dessous de 100µm. Un filtre à sable positionné juste après le pompage est suffisant pour éliminer les contaminants. Ce filtre peut être complété ou remplacé par des chaussettes filtrantes à l'entrée de l'eau de mer de chaque bac. La pompe doit être dimensionnée pour assurer au minimum quatre renouvellements quotidiens du volume total de culture et de stockage.



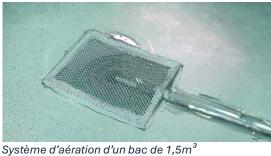
Pompe et filtre à sable

2.2.3 Aération

L'aération d'un bac cylindrique part du centre (de la purge centrale) et assure une circulation centrifuge en surface et centripète en profondeur (convection). Pour un bac de 1m³, une soufflante de 40W suffit pour maintenir 10kg d'algues en mouvement. Au-delà de 10kg, les algues ont tendance à sédimenter et l'influx d'air est insuffisant pour maintenir un hydrodynamisme



adéquat. Le système s'aération doit être intégré ou fixé au bac de façon à ne pas constituer d'obstacles à la circulation des algues.



Système d'aération d'un bac de 15m³

2.2.4 Système d'enrichissement par goutte-à-goutte

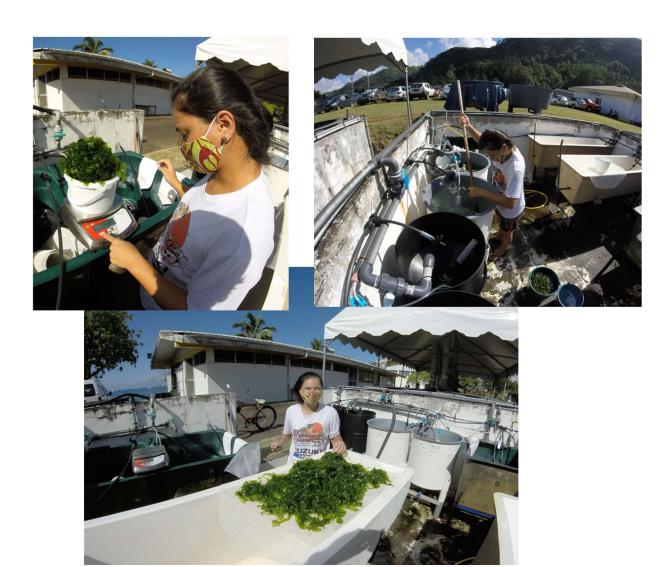
Le système d'enrichissement est alimenté par un bac d'engrais positionné en hauteur par rapport aux bacs de culture. Ce bac est recouvert d'une bâche opacifiante pour empêcher le développement d'algues opportunistes. Il contient une solution d'engrais à haute concentration, distribuée vers la zone de culture via un réseau de tuyaux d'irrigation opaques. Des vannes permettent de réguler avec précision l'apport en nutriments dans chacun des bacs de culture.

2.3 Séquence de culture

Jour 1 : Les algues, triées et débarrassées des épiphytes, sont introduites dans un bac propre (préalablement brossé, nettoyé à l'eau douce et séché) à une densité initiale de 5 kg/m³. Pour un bac cylindrique de 1 m³, l'aération est assurée par une soufflante de 40 W. Le taux de renouvellement de l'eau est fixé à un minimum de 500 % par jour. Le système de goutte-à-goutte est réglé pour maintenir une concentration de 3 mg/l d'azote ammoniacal et de 0,3 mg/l de phosphore dans le bac.

Jour 2-6 : Une purge centrale est effectuée quotidiennement, permettant de retirer les débris et les fragments d'algues mortes. On contrôle également le débit d'eau entrant, le réglage du goutte-à-goutte, l'hydrodynamisme, l'état des algues et la présence d'épiphytes.

Jour 7 : Les algues sont récoltées et pesées, puis réintroduites dans un bac propre à la densité initiale, marquant la fin du cycle hebdomadaire et le retour au jour 1. L'excédent de production est transféré dans un nouveau bac de culture.



Routines hebdomadaires : récolte, pesée, tri et nettoyage des bacs de culture.

2.4 Paramètres de culture

Pour un bac de 1 m³ alimenté par une soufflante de 40 W, les paramètres de gestion à suivre sont les suivants :

- Taux de renouvellement : 500 % par jour minimum. Ce taux doit être augmenté si le pH dépasse 8,5, ce qui indiquerait une faible disponibilité en carbone.
- Salinité: Maintenir une salinité entre 34 et 36 g/l. Il est crucial d'éviter une baisse de salinité, qui favoriserait la sporulation des ulves.
- **Température :** Éviter les variations importantes de température, car elles peuvent également déclencher la sporulation.
- Concentration en nutriments : Maintenir une concentration de 3 mg/l d'azote ammoniacal et de 0,3 mg/l de phosphore.

Pour un bac de 1000 l avec un taux de renouvellement de 500 % par jour, et une concentration en azote dans le bac d'enrichissement de 3000 mg/l, le goutte-à-goutte doit être réglé à un débit de 3,5 ml/min. Dans ces conditions, le volume du bac d'engrais diminuera de 5 litres par jour pour chaque bac de culture de 1000 l. Il est important de surveiller le volume du bac d'engrais, car une baisse significative entre deux réglages du goutte-à-goutte peut entraîner des variations importantes du débit, en raison de l'écoulement gravitaire. L'utilisation de petites pompes péristaltiques est recommandée si l'on souhaite éviter ces variations et garantir une alimentation constante en nutriments.



Veiller à choisir des engrais solubles.

2.5 Principaux problèmes rencontrés en culture

2.5.1 Carence azotée

Les ulves présentant une carence en azote se caractérisent par une coloration vert pâle. Plus le milieu est riche en nutriments, plus les ulves acquièrent une teinte vert foncé.

2.5.2 Sporulation

La sporulation provoque une fragmentation des thalles et un blanchiment de l'algue. Pour prévenir ces épisodes de reproduction sexuée, qui affaiblissent les cultures, il est essentiel d'éviter les fluctuations de température et la diminution de la salinité. Pour ce faire, il faut maintenir un débit d'eau de mer suffisant pour stabiliser la température et couvrir les bacs avec des tôles ou des bâches transparentes.

2.5.3 Epiphytisme

L'épiphytisme n'est pas souvent un problème pour *Ulva lactuca*, une algue opportuniste qui caractérisée par une croissance exceptionnelle. Si l'épiphytisme se manifeste, il peut être judicieux de redémarrer les cultures avec des thalles sains.

2.5.4 Courantologie inadéquate

Un arrêt de la circulation des thalles dans la colonne d'eau, même temporaire, dû à une panne d'air de quelques heures, peut entraîner des mortalités significatives par fragmentation dans la semaine suivante.

Pour éviter ces problèmes d'hydrodynamisme il est essentiel de :

- Construire des systèmes d'aération intégrés au bac pour éviter les zones mortes.
- Respecter les densités limites de chaque bac (12 kg max pour un bac de 1m³ avec une soufflante de 40W).
- Vérifier visuellement la circulation des algues et le bullage au crépuscule et à l'aube.
- Inspecter la purge quotidienne pour détecter tout incidents de circulation.
- Équiper le système d'aération d'alarmes afin de pouvoir réagir rapidement en cas de dysfonctionnement.
- Déterminer la densité initiale maximale pour chaque type de bac dans l'exploitation, sachant que la biomasse augmente de 100% maximum par semaine. Cette densité est calculée à partir de la densité critique, densité au-delà de laquelle il est impossible de remettre la totalité des algues en suspension après un arrêt ponctuel de l'aération. Pour un bac de 1m³ alimenté par une soufflante de 40W, la densité critique est d'environ 12kg/m³ (150kg/15m³). Par précaution, on limite la densité maximale tolérable en culture à 90% de la densité critique (0,9x12=10,8kg). En postulant une croissance hebdomadaire maximale de 100%, la densité initiale maximale est proche de 5kg/m³.

2.5.5 Limitation de la croissance par le carbone

À haute concentration, la croissance des algues peut être limitée par la disponibilité en carbone. Si le pH excède 8,5, il est conseillé d'augmenter le renouvellement en eau de mer.

3 Conclusion

Cette fiche technique présente le protocole de culture d'*Ulva* en bac pour la production de biomasse à des fins expérimentales. Dans les années à venir, la Direction des Ressources Marines (DRM) prévoit de développer un protocole spécifique pour la culture d'*Ulva* à des fins de bioremédiation des effluents aquacoles. En bioremédiation, l'optimisation ne vise pas le rendement en algues (croissance par unité de volume de culture), mais plutôt le taux de dépollution par unité de volume de culture.

Bien que la production d'algues ne soit pas l'objectif principal en bioremédiation, il sera néanmoins important d'identifier des débouchés potentiels pour les algues produites, tels que les amendements agricoles, l'alimentation animale ou humaine.

Itinéraire technique

Culture de Gracilaria en bac

Corentin Salvan, Rimu Solutions, août 2024

1 Introduction

1.1 Contexte, objectif

Le *rimu'ura*, ou *Gracilaria*, est une algue largement exploitée dans le monde. Cultivée, comme en Inde, en Chine, en Indonésie, ou au Brésil, elle est aussi prélevée directement dans le stock naturel, comme au Chili. L'exploitation des *Gracilaria* a pour objectif principal l'extraction de l'agar, un agent de texture très utilisé dans l'industrie agroalimentaire. Dans le Pacifique occidental et en Polynésie, cette algue est également produite ou cueillie pour l'alimentation humaine.

Bien que la consommation d'algues sauvages issues de cueillette soit traditionnelle en Polynésie, c'est dans l'archipel de Hawai'i que la tradition des algues alimentaires est la plus forte. Le rimu'ura y est consommé cru dans le poke ou en préparation vinaigrée (ogonamasu). A Hawai'i, le rimu'ura est connu sous les noms de limu manauea (Gracilaria coronopifolia) ou ogo (Gracilaria parvispora), du japonais ogonori.

En Polynésie française, bien que plusieurs espèces d'algues soient consommées traditionnellement, il ne semble pas que ce soit le cas du *rimu'ura*, alors que l'algue contribue depuis longtemps à l'alimentation quotidienne des hawaiiens.

En Polynésie française, les stocks sauvages connus de *Gracilaria* sont insuffisants pour envisager une cueillette régulière. Il est donc nécessaire de la cultiver.





Gracilaria à la limite de l'estran à Tahiti



Culture de rimu'ura en cagettes lagonaires

L'objet de cette fiche est de présenter la méthode de culture en bacs hors-sol. Il est également possible de cultiver le *rimu'ura* dans le lagon (voir fiche technique correspondante).

La méthode de culture présentée ici a été développée grâce au programme PROTEGE (11^{ième} FED) par la *Direction des Ressources Marines* (DRM) au *Centre Technique Aquacole de Vairao*, de 2022 à 2023. Ces travaux préliminaires ont permis de définir un itinéraire technique suffisamment performant pour envisager le développement de fermes rentables.

Cependant, en décembre 2023, les travaux de la DRM sur les *Gracilaria* ne sont pas achevés. Nombre des conditions de culture présentées ci-après devront encore être optimisées pour maximiser la rentabilité des productions. De plus, la courte durée des travaux réalisés ne permet pas aujourd'hui un recul temporel suffisant pour assurer aux investisseurs la fiabilité de l'itinéraire technique proposé. D'autres études de longue durée sont indispensables pour valider avec robustesse la méthodologie exposée plus loin.

Ainsi, l'itinéraire technique proposé ici n'est que la meilleure méthode connue à ce jour pour produire du *rimu'ura* en bacs hors-sol en Polynésie. Au cours des prochaines années, la DRM continuera à améliorer et à fiabiliser cette fiche technique.

Enfin, cet itinéraire technique a été conçu pour produire une algue alimentaire destinée à être vendue fraîche sur le marché local. Le protocole a été élaboré pour l'obtention d'un produit de grande qualité alimentaire, exempt d'épiphyte, et n'est donc pas optimisé pour la production d'agar qui, compte tenu de son cours, ainsi que du faible coût de la main d'œuvre dans la plupart des pays producteurs, ne semble pas offrir de perspectives rentables aujourd'hui en Polynésie française.

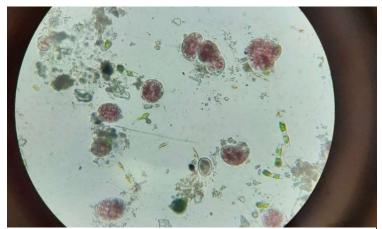
Pour davantage de détails et d'informations complémentaires sur l'élaboration de cette fiche technique, on se réfèrera au rapport final PROTEGE « Macroalgues ».

1.2 Eléments essentiels de biologie du Rimu'ura

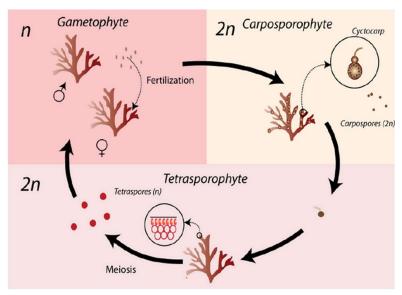
Gracilaria caudata est une algue rouge (Rhodophyta) de la famille des Gracilariaceae, dont au moins quatre espèces sont présentes en Polynésie.

Elle se distingue par un polymorphisme marqué, ce qui signifie que sa forme, sa texture et sa couleur varient considérablement en fonction de son environnement. Lorsqu'elle pousse sous une faible luminosité, elle arbore des teintes allant du rouge vif au rouge sombre. En revanche, exposée en plein soleil, elle peut prendre des nuances allant du jaune clair au vert pâle. Ces variations de couleur sont principalement dues à l'adaptation des pigments photosynthétiques aux conditions de lumière, mais elles peuvent également être influencées par la disponibilité des nutriments.

Dans le milieu naturel, on la trouve dans les eaux calmes et riches en nutriments, comme les fonds de baie et les estuaires, sur fond de sable ou de gravier, de la partie basse de l'estran jusqu'à une douzaine de mètres de profondeur.



Spores de Gracilaria fixées sur une lame en verre, en division



Cycle de vie de Gracilaria

Le thalle émerge d'un disque plat formé à partir d'une spore. La croissance est réalisée à partir de méristèmes apicaux présents, par définition, aux extrémités de chaque branche. Le *rimu'ura* peut croître à partir de spores issues de reproduction sexuée, ou par multiplication végétative.

La *Gracilaria* a un cycle de vie en trois phases: tétrasporophyte diploïde, gamétophyte haploïde et carposporophyte diploïde. Le tétrasporophyte mature produit par méiose quatre spores haploïdes dans chaque tetrasporangium. Lorsque les tétraspores sont libérées des thalles, elles dérivent passivement dans la colonne d'eau jusqu'à adhérer à un substrat. Là, elles commencent à se diviser et à s'élargir, formant un disque pluricellulaire. Un dôme se développe ensuite au centre de ce disque, à partir duquel émerge le thalle. Chaque disque peut donner naissance à plusieurs thalles, qui peuvent éventuellement se détacher du disque initial et du substrat, devenant ainsi des thalles individuels dérivants.

Les algues issues des tétraspores sont soit mâles, soit femelles. Le gamétophyte mâle produit une semence non motile (spermatium), capable de fertiliser le carpogonium situé dans le cortex des thalles femelles. Le zygote obtenu se multiplie par mitose au niveau du carpogonium, formant le carposporophyte, une accumulation de spores diploïdes contenues dans des protubérances corticales des thalles femelles (cystocarpe). Comme les tétraspores, les carpospores sont libérées dans la colonne d'eau et dérivent passivement jusqu'à adhérer à un substrat et développer un thalle complet, qui forme alors un nouveau tétrasporophyte.

La *Gracilaria* possède également la capacité de se reproduire de manière végétative. Un seul thalle peut engendrer des milliers d'autres thalles par le biais de fragmentations successives. Cette reproduction végétative, également appelée reproduction "clonale", est beaucoup plus simple à réaliser que la reproduction sexuée et ne semble pas entraîner de diminution des performances au fil du temps.

Le *rimu'ura* est un organisme autotrophe qui pratique la photosynthèse. Grâce à ses pigments photosynthétiques, cette algue peut capter l'énergie solaire pour la transformer en énergie biologique, essentielle pour croître à partir d'éléments de base présents dans le milieu : le carbone, l'azote et le phosphore, principalement.

En plus des pigments chlorophylliens communs aux algues vertes, le *rimu'ura* possède des phycobiliprotéines, des pigments spécifiques aux algues rouges, qui permettent d'absorber la lumière verte et lui confèrent sa couleur rouge caractéristique.

Les nutriments essentiels pour le rimu'ura sont :

- **Le carbone** : Il constitue la brique élémentaire des algues, absorbé soit sous forme de CO₂ dissous (transfert passif), soit sous forme de bicarbonate (pompage actif).
- L'azote: Prioritairement absorbé sous forme ammoniacale (transfert passif), puis sous forme de nitrate (pompage actif). L'absorption des nitrates est plus lente et coûte davantage d'énergie que l'absorption de l'ammonium. De plus, la *Gracilaria* est capable d'absorber l'urée, bien que ce processus soit également plus lent et coûteux que pour l'ammonium.
- Le phosphore : Nécessaire au développement, son besoin est estimé dix à vingt fois inférieur à celui de l'azote.

2 Protocole de production

2.1 Principe: le bullage libre

La culture du *rimu'ura* en bac se pratique en « bullage libre », c'est-à-dire que les thalles sont cultivés sans support ou point de fixation, maintenus dans un mouvement d'eau constant grâce à un bullage important. Cette méthode simplifie la manipulation des algues, qui peuvent être aisément déplacées, pesées et triées, sans qu'il soit nécessaire de les attacher à des supports, une opération longue et fastidieuse. Les bacs de culture peuvent ainsi être vidés et nettoyés régulièrement avec facilité. La reproduction est végétative, par fractionnement spontané des thalles.



Bac en bullage libre

Le cycle de production en bac se déroule sur une base hebdomadaire. En début de semaine, des nutriments sont ajoutés pour soutenir la croissance des algues. Ces nutriments peuvent provenir d'engrais agricoles de synthèse ou d'effluents aquacoles. En fin de semaine, les algues sont pesées, et l'excédent est prélevé pour être commercialisé.

2.2 Systèmes de culture

2.2.1 Bacs

La culture en bullage libre peut être effectuée dans divers types de bacs, qu'ils soient cylindriques, cylindro-coniques, hémicylindriques, etc. L'essentiel est que la forme des bacs permette une circulation continue des algues dans la colonne d'eau. Les bacs ne doivent pas présenter de zones mortes où les algues pourraient s'accumuler, ni d'obstacles sur lesquels les thalles pourraient s'accrocher.

Le modèle le mieux maîtrisé en Polynésie est le bac cylindrique de 15m³.

Idéalement, le fond du bac devrait être peint en blanc, de façon à refléter la lumière et maximiser le contraste avec les algues. Ce contraste est primordial pour détecter facilement d'éventuelles anomalies dans l'hydrodynamisme et évaluer le degré de contamination par les algues vertes.

Le bac doit disposer d'une vanne de purge basse, ainsi que d'un système de contrôle du niveau par canne extérieure et/ou surverse. Des grilles de 5mm empêchent l'échappement des thalles tout en permettant la purge des débris et fragments d'algues moribonds.



Bac cylindrique en PEHD couvert d'une double épaisseur de tôles vertes en composite verre-polyester.

2.2.2 Renouvellement en eau

L'eau de mer pompée dans les bacs doit avoir une salinité constante. La prise d'eau doit donc se situer en dessous de la couche de dessalure. Il n'est pas nécessaire de filtrer l'eau mécaniquement en dessous de 100µm. Un filtre à sable positionné juste après le pompage est suffisant pour éliminer les contaminants. Ce filtre peut être complété ou remplacé par des chaussettes filtrantes à l'entrée de l'eau de mer de chaque bac. La pompe doit être dimensionnée pour assurer au minimum quatre renouvellements quotidiens du volume total de culture et de stockage.



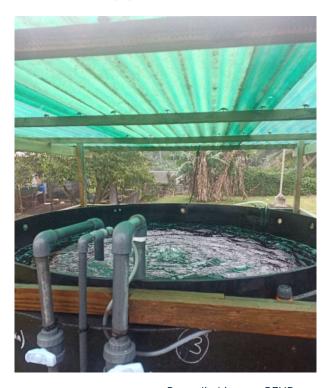
Pompe et filtre à sable

2.2.3 Filtration de la lumière

Afin de maximiser la croissance du *rimu'ura* tout en minimisant la prolifération des algues vertes opportunistes, il convient de surmonter les bacs d'une toiture en double épaisseur de tôles vertes en composite verre-polyester. Ce filtre limite le spectre lumineux aux radiations vertes que seules les algues rouges exploitent efficacement grâce à leurs phycobilines. En outre, cette couverture protège contre la dessalure engendrée par les fortes pluies. Le filtre vert élimine l'épiphytisme par les algues vertes telles que *Ulva* et *Cladophora*, tout en permettant une croissance hebdomadaire de 20 à 25% en moyenne. Sous ces tôles vertes, les algues conservent une couleur rouge vif, idéale pour la commercialisation.



Une piscine démontable sert de bac de culture d'appoint sous une couverture verte.





Bac cylindrique en PEHD, sous double épaisseur de tôles vertes en composite fibre de verre-polyester

Lors du stockage du *rimu'ura* avant sa commercialisation, il est préférable d'utiliser un ombrage à 85 %. Cet ombrage améliore légèrement la couleur des algues et réduit la croissance hebdomadaire à environ 5 %, ce qui permet de maintenir le stock dans un état commercialisable tout en diminuant la consommation de nutriments.

Note: Il est également possible de cultiver les algues sans ombrage ni filtration lumineuse. La croissance est alors très rapide et le *rimu'ura* prend une couleur jaune paille. Cependant, dans ces conditions, les algues vertes tendent à contaminer les bacs en une quinzaine de jour, et le temps nécessaire pour trier les algues devient alors incompatible avec une activité rentable. Sous ombrage à 60-75%, la croissance des algues est comparable à celle obtenue avec la couverture verte, mais les épiphytes finissent par se développer dans les bacs, rendant le tri inévitable.



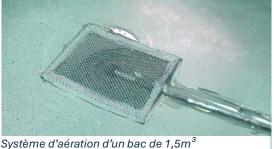
Bac de stockage de 15m³ couvert par une ombrière (85%)

2.2.4 Aération

L'aération d'un bac cylindrique part du centre (de la purge centrale) et assure une circulation centrifuge en surface et centripète en profondeur (convection). Pour un bac de 15m³, une soufflante de 300W suffit pour maintenir 130kg d'algues en mouvement. Au-delà de 140kg, les algues ont tendance à sédimenter et l'influx d'air est insuffisant pour maintenir un



hydrodynamisme adéquat. Le système d'aération doit être intégré ou fixé au bac de façon à ne pas constituer d'obstacles à la circulation des algues.



Système d'aération d'un bac de 15m³

2.3 Séquence de culture

Jour 1: Les algues, triées et débarrassées des épiphytes, sont introduites dans un bac propre (brossé, nettoyé à l'eau douce et séché) à la densité initiale de 7kg/m³. Pour un bac cylindrique de 15m³, l'aération est assurée par une soufflante de 300W. Le soir même, un bain d'enrichissement est effectué à une concentration de 16mg/l d'azote ammoniacal et 3mg/l de phosphore, sans renouvellement d'eau pendant 18 heures.

Jour 2 : Le débit d'eau de mer entrant est rétabli à un minimum de 400% du volume du bac par jour. Puis on procède à la routine quotidienne : ouverture de la purge centrale pendant trente secondes, vérification de l'hydrodynamisme, de l'aspect des algues et de l'épiphytisme.

Jour 3-6 : Une purge centrale est effectuée quotidiennement, en notant la présence de débris et de fragments d'algues mortes. On vérifie également le débit d'eau entrant, l'hydrodynamisme, l'état des algues et l'épiphytisme.

Jour 7: Les algues sont récoltées, pesées, puis réintroduites dans un bac propre à la densité initiale, marquant la fin du cycle hebdomadaire et le retour au jour 1. L'excédent de production est transféré dans un bac de stockage ou dans un bac de rinçage en eau biosécurisée, situé à proximité de la zone de conditionnement.

2.4 Paramètres de culture

Pour un bac de 15m³ alimenté par une soufflante de 300W, les paramètres de gestion sont les suivants :

- **Taux de renouvellement** : 400% par jour minimum. Ce taux doit être augmenté si le pH dépasse 8,5, ce qui indique une faible disponibilité en carbone.
- **Salinité**: 34-36g/l. Il faut impérativement éviter la dessalure et la sursalure qui réduisent les performances de croissance sans effet notable sur les épiphytes.
- **Température**: La température ne doit pas descendre en dessous de 22°C la nuit en saison fraîche. Ajuster le taux de renouvellement au besoin. En général, la couverture et le taux de renouvellement de 400% suffisent pour prévenir des variations excessives de température.
- Concentration des bains d'enrichissement: Utiliser une concentration de 16 mg/l d'azote ammoniacal et 3 mg/l de phosphore pendant 18 heures, une fois par semaine. En cas de forte luminosité et/ou de forte concentration algale, deux bains par semaine peuvent être nécessaires. Le deuxième bain est alors plus léger: 8mg/l d'azote suffisent. Lorsque la luminosité est faible ou que les cultures sont menées à faible concentration, il peut être judicieux de réduire la dose d'engrais. Mesurer la concentration en azote ammoniacal résiduel à la fin de chaque enrichissement permettra d'évaluer les besoins réels des algues et d'ajuster les bains d'enrichissement en conséquence.



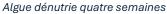
Engrais de synthèse : privilégier des formes solubles

2.5 Principaux problèmes rencontrés en culture

2.5.1 Carence azotée

Les algues dénutries se caractérisent par un palissement du centre des thalles, qui atteint progressivement les apex lorsque la carence est sévère. Les algues dénutries ont des croissances plus faibles, sont sensibles au stress et sujettes à l'épiphytisme. Si le phénomène est observé, il peut être nécessaire d'enrichir deux fois dans la semaine. Une concentration de 8 mg/l d'azote ammoniacal est généralement suffisante pour le deuxième bain.







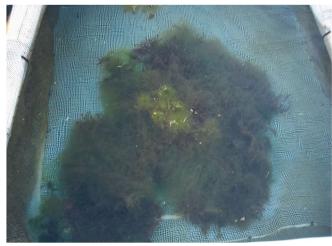
Algue enrichie normalement

2.5.2 Epiphytisme

L'épiphytisme par les algues vertes est quasiment supprimé par l'utilisation d'un filtre vert. Cependant, ce filtre est inefficace contre les algues rouges corallines, telles que *Melobesia*.



Rimu'ura contaminée part des algues vertes



Colonisation critique par des algues vertes

Dans le cas d'une contamination importante, la seule solution curative efficace est le tri manuel, puis la remise en culture des algues saines sous un ombrage à 85% jusqu'à ce que l'épiphytisme soit maîtrisé. Le bain hebdomadaire est suspendu la première semaine. La deuxième semaine,

un bain léger est effectué à l'obscurité complète avec des concentrations de 5 mg/l en azote et 0,5 mg/l en phosphore. Si l'épiphytisme est maîtrisé, la culture reprend normalement à partir de la troisième semaine.

Dans les cas extrêmes de contamination par des algues vertes, il est nécessaire d'effectuer un tri grossier, puis de placer le *rimu'ura* à l'obscurité complète dans un très fort bullage pendant quatre semaines, sans enrichissement, avant de recommencer le tri.

Enfin, si la contamination est incurable, on redémarre les cultures avec uniquement des morceaux de thalles sains.





Tri par aspersion et tri manuel

2.5.3 Courantologie inadéquate

Un arrêt de la circulation des thalles dans la colonne d'eau, même temporaire, dû à une panne d'air de quelques heures, peut entraîner des mortalités significatives dans la semaine suivante. En général, une partie du thalle jaunit, blanchie et meurt en se fragmentant.

Initialement, c'est le jaunissement brutal des apex sur quelques centimètres qui indique qu'un problème de circulation a eu lieu. Il faut alors impérativement augmenter le flux d'air et/ou réduire la densité algale. Dans un deuxième temps, le problème se manifeste au niveau de la purge, dans laquelle on observe de nombreux fragments de thalles moribonds ou morts.

Si l'anomalie de circulation est mineure et ponctuelle, seuls les apex de certains thalles jaunissent puis se détachent, ce qui entraîne une légère diminution de croissance les semaines suivantes. En revanche, en cas de sédimentation prolongée, le jaunissement peut s'étendre à de grandes portions de thalles, provoquant des épisodes de fragmentation observables dans les purges quotidiennes pendant plusieurs semaines. En plus de la perte ponctuelle de biomasse, la croissance est affectée pendant plusieurs semaines.

Pour éviter ces problèmes d'hydrodynamisme il est essentiel de :

- Construire des systèmes d'aération intégrés au bac pour éviter les zones mortes.
- Respecter les densités limites de chaque bac (140-150kg max pour un bac de 15m³ avec une soufflante de 300W).
- Vérifier visuellement la circulation des algues et le bullage au crépuscule et à l'aube.
- Inspecter la purge quotidienne pour détecter tout incidents de circulation.

- Équiper le système d'aération d'alarmes afin de pouvoir réagir rapidement en cas de dysfonctionnement.
- Déterminer la densité initiale maximale pour chaque type de bac dans l'exploitation, sachant que la biomasse augmente de 20 à 30% par semaine. Cette densité est calculée à partir de la densité critique, densité au-delà de laquelle il est impossible de remettre la totalité des algues en suspension après un arrêt ponctuel de l'aération. Pour un bac de 15m³ alimenté par une soufflante de 300W, la densité critique est d'environ 10kg/m³ (150kg/15m³). Par précaution, on limite la densité maximale tolérable en culture à 90% de la densité critique (0.9x150=135kg). En postulant une croissance hebdomadaire maximale de 30%, la densité initiale maximale est proche de 7kg/m³(135/1,3=104kg soit environ 6.9kg/m³).

3 Post-production

3.1 Récolte et conditionnement

3.1.1 Rinçage des algues commercialisables

Cultivé sous tôles vertes, le *rimu'ura* conserve une couleur rouge vif, compatible avec la vente. Avant le conditionnement, les algues sont rincées abondamment à l'eau de mer biosécurisée puis égouttées. Elles sont ensuite stockées dans un bac ombragé à 85%, alimenté en eau biosécurisée : le bac de rinçage.

L'eau biosécurisée est obtenue par ajout, en aval du filtre à sable, de trois filtres à chaussettes ou à cartouches (25µm-10µm-5µm), suivis d'un filtre UV. Cette eau filtrée alimente le bac de rinçage ainsi qu'un jet pour le nettoyage des algues. Le taux de renouvellement dans le bac de rinçage doit être maintenu au-dessus de 1200 % par jour.



Filtres à cartouche suivi d'une petite unité de traitements aux UV

3.1.2 Ensachage

Le conditionnement des algues doit être réalisé conformément aux normes d'hygiène énoncées par le *Centre d'Hygiène et de Salubrité Publique* pour les végétaux frais. Voici le déroulement du conditionnement :

- **Prélever les algues :** Utilisez une épuisette pour prélever quelques kilogrammes d'algues du bac de conditionnement et déposez-les dans une cagette.
- Rincer les algues : Rincez les algues à l'eau biosécurisée et égouttez-les en secouant la cagette. Répétez cette opération trois fois, en contrôlant visuellement qu'il n'y a pas d'épiphytes, de débris, d'algues malades ou de mollusques.
- Asperger à nouveau : Aspergez les algues une fois de plus, sans les égoutter cette fois-ci.
- **Peser et contrôler :** Pesez 100 g d'algues et vérifiez visuellement qu'il n'y a pas de corps étrangers (épiphytes, mollusques, plastique, etc.). Ensuite, ensachez-les directement.
- Fermer le sachet : Fermez le sachet avec un nœud simple pour qu'il soit hermétique tout en laissant un coussin d'air. Le sachet doit être bien fermé pour éviter la dessication des algues, qui doivent rester humides mais non trempées dans un excès d'eau. Le coussin d'air est essentiel pour amortir les chocs et permettre l'empilage des sachets lors du transport.
- Étiqueter et emballer : Collez l'étiquette sur le sachet et placez-le dans une cagette de livraison.

3.1.3 Contrôle de la qualité sanitaire

Au cours de leur croissance, les algues peuvent accumuler des métaux lourds nocifs pour la santé. Par conséquent, afin de garantir l'innocuité de ses productions, le producteur devrait faire analyser ses algues régulièrement pour assurer au consommateur qu'elles respectent les normes en vigueur. Les normes françaises sont précisées dans la synthèse réglementaire 2024 du CEVA.

Les algues mises sur le marché doivent satisfaire aux critères relatifs aux métaux lourds et à l'iode figurant dans le tableau ci-dessous (CSHPF 01/1990; AFSSA 04/2009; Commission Européenne 07/2008):

Tableau 2 : Teneurs maximales en métaux lourds et en iode autorisées en France

	Algues légumes ou condiments en mg par kg sec
Arsenic minéral	3
Cadmium	0,5
Mercure	0,1
Plomb	5
Etain	5
Iode	2 000

Critères français pour les métaux lourds, extraits de la synthèse réglementaire 2024 du CEVA (Centre d'Etude et de Valorisation des Algues)

Enfin, le producteur devrait s'assurer que l'eau de rinçage biosécurisée et les algues conditionnées en sachet sont exemptes de contamination microbiologique. Les critères microbiologiques de la *Fédération de Commerce et de la Distribution* pour les légumes crus pourraient être un bon référentiel pour les algues fraîches ensachées.

Denrée	Germe	Critère REG EU 2073	Critère MP/MDD LS Réception Distribution (R)	Critère MP/MDD LS à DLC/DLUO Distribution (D)	Actions correctives	Commentaires
				FCD		
	Flore aérobie 30°C		100 000	10 000 000	1	
totalement ou	Flore lactique		A rechercher	A rechercher		
	Rapport Flore/Lactique		10	100		
Salades non assaisonnée avec végétaux feuillus en quantité significative et ingrédients en contact	Escherichia coli			10*	2	* Sauf produit contenant des viandes crues ou préparations de viandes 500/g et 10 000 pour les produits contenant du fromage au lait cru
	Staphylocoques coag +		100*	100*	1	*10 000 pour les produits contenant du fromage au lait cru
	Clostridium perfringens*		30	30	1 ou 2	* Critère à privilégier pour les produits à base de produits carnés.
	Bacillus cereus*		500	500	1	* Critère à retenir si produit à base de féculents et légumes cuits
	Salmonella		Non détecté /25g	Non détecté /25g	5	
	Listeria monocytogenes	Non détecté /25g*	Non détecté /25g*	100**	Zant	* Ou dérogations prévues par le règlement (CE) n°2073/2005 ** Critère valable pour les produits de moins de 5j de conservation résiduelle sinon nor détecté dans 25g ou dérogations prévues par le règlement (CE) n°2073/2005 *** Critère de sécurité Européen pour les produits destinés à être consommés er l'état, par défaut considéré en catégorie 1.2

Extrait des « Critères microbiologiques applicables à partir de 2020 aux matières premières dans leur conditionnement initial industriel » émis par la Fédération du Commerce et de la Distribution (FCD)

3.2 Livraison et vente

La durée de vie organoleptique du *rimu'ura* ensaché est de quatre jours. Au-delà de cette période, l'aspect visuel peut commencer à se dégrader: les apex deviennent oranges et la texture se ramollit. Il n'est donc pas recommandé de laisser les algues en rayon plus de quatre jours. Après sept jours, la qualité microbiologique se dégrade, et les algues, qui ont déjà perdu leur qualité organoleptique, ne sont plus comestibles crues.

Il est donc conseillé de livrer les distributeurs au moins deux fois par semaine pour garantir la présence en magasin d'un produit parfaitement présentable. À chaque nouvelle livraison, il est possible de récupérer les invendus pour les remettre en culture.

Le distributeur devra présenter les algues dans un espace ombragé, à une température comprise entre 25 et 30°C. Une température inférieure à 22°C risque de décolorer les algues, qui prennent une teinte orangée. La réfrigération est à proscrire car elle tue les algues, qui rosissent en moins d'une heure et perdent leur texture croquante. Il est cependant possible de les surgeler.

Lors de la préparation des plats, il est préférable de laver les algues à l'eau de mer. L'eau douce ne devrait être utilisée que pour une consommation immédiate, car elle provoque un rosissement et un ramollissement dans l'heure suivant le rinçage. Cependant, l'eau douce n'est pas un problème pour les préparations vinaigrées ou cuites.

3.3 Communication

Les *Gracilaria* ne sont pas connues en Polynésie française, contrairement à Hawai'i, où le *limu* manauea, consommé traditionnellement, fait toujours partie de l'alimentation quotidienne.

A Hawai'i, l'algue est surtout consommée fraîche avec le poisson cru (poke). Les supermarchés et poissonneries proposent régulièrement une douzaine de variétés de poke, dont 30 à 50% comprennent du *rimu'ura* haché. En supermarché, on trouve également ces algues dans des préparations vinaigrées telles que l'ogo namasu et l'ogo kim chee, qui se vendent entre 30 et 50\$/kg. L'algue fraîche est vendue en vrac en poissonnerie à 20\$/kg.

La façon de consommer *l'ogo* à Hawai'i est donc parfaitement compatible avec la cuisine polynésienne contemporaine, dans laquelle le poisson cru occupe une place prépondérante. La vogue mondiale du *poke bowl*, perceptible à Tahiti, devrait favoriser l'introduction du *rimu'ura* en Polynésie française.

De plus, la proximité culturelle avec les voisins hawaiiens, qui se manifeste par des échanges abondants axés sur la réappropriation commune de pratiques ancestrales (navigation, arts, danses traditionnelles, spiritualité), ne peut que favoriser l'appropriation du *rimu'ura* à Tahiti, où existe un fort désir de reconnexion identitaire par la réintroduction vivante et évolutive de pratiques ancestrales dans la vie quotidienne contemporaine.

Enfin, les analyses nutritionnelles ont montré que la *Gracilaria* cultivée par la DRM était riche en protéines et en oligo-éléments. Cela permet d'attribuer au *rimu'ura* une image de « superaliment » .

Néanmoins, l'introduction du rimu'ura devrait se heurter à plusieurs difficultés :

- L'aliment est presque inconnu, et peu de personnes savent comment préparer les algues.
- S'agissant d'un végétal, le *rimu'ura* souffre de la même culture de malbouffe qui affecte les légumes.
- Certains peuvent éprouver du dégoût pour les algues.

Pour accompagner l'introduction du *rimu'ura* sur le marché, un livre de recette a été conçu par la DRM et servira de support de communication pour les premières ventes. Ce livret est fondé sur une douzaine de recettes, élaborées entre 2022 et 2023 à partir de préparations existantes ou originales.

L'objectif de ce livre est d'introduire les algues rouges au consommateur polynésien en lui fournissant des idées de recettes simples. Le *rimu'ura* est ainsi présenté comme un produit de consommation courante, facilement intégrable dans la cuisine polynésienne contemporaine. Le livre ne cherche pas à proposer un aliment exotique difficile à préparer. Les ingrédients sont donc choisis pour être facilement accessibles dans n'importe quel magasin. Ce livret, qui devrait être épinglé aux sachets d'algues fraîches commercialisées, a pour but d'inspirer de nouvelles recettes au consommateur, tout en montrant que le *rimu'ura* n'est qu'un accompagnement à associer naturellement au poisson cru sous toutes ses formes.



Exemple de préparation extraite du livre de recettes de la DRM

En plus des recettes, la DRM a testé plusieurs transformations simples : congélation, séchage, préparations vinaigrées, et préparations surgelables visant à imiter le wakamé aigre-doux importé. Ces idées de transformation pourraient servir de base au développement de divers produits à base de *rimu'ura*, permettant ainsi aux producteurs de diversifier leur offre.



Ogo namasu sous vide prêt à être réfrigéré



Rimu'ura préparé façon Wakamé, prêt à être surgelé

4 Résultats économiques attendus

Le paragraphe suivant se fondent sur des hypothèses concernant les installations requises et le marché, sur des estimations de charges et de produits, ainsi que sur l'extrapolation de rendements expérimentaux. Sur ces bases, la simulation suggère que des fermes de production de *rimu'ura* pourraient être rentables dans le contexte polynésien. Cependant, en décembre 2023, la DRM n'ayant pas encore réalisé d'essai pilote de longue durée, ces informations sont à considérer pour ce qu'elles sont : des projections à valider ou à ajuster par la mise à l'épreuve rigoureuse des procédés de production sur le long terme.

Un bac cylindrique de 15m³, ensemencé à une densité initiale de 7kg /m³, augmente sa biomasse de 20% en moyenne chaque semaine. Il est donc estimé qu'il produira une vingtaine de kilogrammes d'algues commercialisables par semaine.

Une ferme exploitant huit bacs de 15m³, avec deux salariés (un commercial/préparateur et un ouvrier aquacole) et un capital, hors foncier, d'environ 12 millions de FCFP, pourrait générer un résultat positif si le prix de vente « sortie de ferme » dépasse 1500 FCFP/kg. Après application de la marge distributeur, le prix final devrait rester concurrentiel par rapport aux algues importées, qui sont vendues entre 2500 et 3000 FCFP/kg.

Pour être viable, une telle ferme devrait écouler 160kg d'algues par semaine, soit 1600 sachets de 100 g vendus 150 FCFP pièce en sortie de ferme. Cela représente un défi considérable tant que le *rimu'ura* demeure peu connu du grand public.

5 Conclusion

Cette fiche technique présente le protocole de production en bac tel qu'il est établi en décembre 2023. Il convient de noter que de nombreuses inconnues subsistent et que des marges d'amélioration existent, qui feront l'objet de recherches approfondies par la DRM dans les années à venir. Par conséquent, cette fiche technique doit être considérée comme un document évolutif. Les principaux axes d'amélioration envisagés sont :

- L'optimisation de la densité initiale pour maximiser le rendement par bac.
- L'utilisation d'une aération séquentielle pour réduire les coûts de l'aération.
- La détermination du **taux de renouvellement optimal** en fonction de la densité initiale optimisée, afin de rationaliser les coûts de pompage.
- L'optimisation des doses et de la fréquence des enrichissements selon les conditions de culture (luminosité, densité).
- L'utilisation d'effluents aquacoles pour l'enrichissement en remplacement des engrais de synthèse.
- La fiabilisation des indicateurs technico-économiques (temps de travail hebdomadaire par bac, par exemple), pour fournir une simulation économique robuste.

Fiche technique

Culture lagonaire de Gracilaria

Corentin Salvan, Rimu Solutions

1 Introduction

1.1 Contexte

Le *rimu'ura*, ou *Gracilaria*, est une algue largement exploitée dans le monde. Cultivée, comme en Inde, en Chine, en Indonésie, ou au Brésil, elle est aussi prélevée directement dans le stock naturel, comme au Chili. L'exploitation des *Gracilaria* a pour objectif principal l'extraction de l'agar, un agent de texture très utilisé dans l'industrie agroalimentaire. Dans le Pacifique occidental et en Polynésie, cette algue est également produite ou cueillie pour l'alimentation humaine.

Bien que la consommation d'algues sauvages issues de cueillette soit traditionnelle en Polynésie, c'est dans l'archipel de Hawai'i que la tradition des algues alimentaires est la plus forte. Le rimu'ura y est consommé cru dans le poke ou en préparation vinaigrée (ogonamasu). A Hawai'i, le rimu'ura est connu sous les noms de limu manauea (Gracilaria coronopifolia) ou ogo (Gracilaria parvispora), du japonais ogonori.

En Polynésie française, bien que plusieurs espèces d'algues soient consommées traditionnellement, il ne semble pas que ce soit le cas du *rimu'ura*, alors que l'algue contribue depuis longtemps à l'alimentation quotidienne des hawaiiens.

En Polynésie française, les stocks sauvages connus de *Gracilaria* sont insuffisants pour envisager une cueillette régulière. Il est donc nécessaire de la cultiver.





Gracilaria à la limite de l'estran à Tahiti



Culture de rimu'ura en cagettes lagonaires

L'objet de cette fiche est de présenter la méthode de culture lagonaire. Il est également possible de cultiver le rimu'ura en bacs hors-sol (voir fiche technique correspondante).

La méthode de culture présentée ici a été développée grâce au programme PROTEGE (11^{ième} FED) par la *Direction des Ressources Marines* (DRM) au *Centre Technique Aquacole de Vairao*, de 2022 à 2023. Ces travaux préliminaires ont permis de définir un itinéraire technique suffisamment performant pour envisager le développement de fermes rentables.

Cependant, en décembre 2023, les travaux de la DRM sur les *Gracilaria* ne sont pas achevés. Nombre des conditions de culture présentées ci-après devront encore être optimisées pour maximiser la rentabilité des productions. De plus, la courte durée des travaux réalisés ne permet pas aujourd'hui un recul temporel suffisant pour assurer aux investisseurs la fiabilité de l'itinéraire technique proposé. D'autres études de longue durée sont indispensables pour valider avec robustesse la méthodologie exposée plus loin.

Ainsi, l'itinéraire technique proposé ici n'est que la meilleure méthode connue à ce jour pour produire du *rimu'ura* en bacs hors-sol en Polynésie. Au cours des prochaines années, la DRM continuera à améliorer et à fiabiliser cette fiche technique.

Enfin, cet itinéraire technique a été conçu pour produire une algue alimentaire destinée à être vendue fraîche sur le marché local. Le protocole a été élaboré pour l'obtention d'un produit de grande qualité alimentaire, exempt d'épiphyte, et n'est donc pas optimisé pour la production d'agar qui, compte tenu de son prix, ainsi que du faible coût de la main d'œuvre dans la plupart des pays producteurs, ne semble pas offrir de perspectives rentables aujourd'hui en Polynésie française.

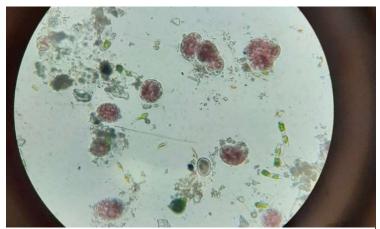
Pour davantage de détails et d'informations complémentaires sur l'élaboration de cette fiche technique, on se réfèrera au rapport final PROTEGE « Macroalgues ».

1.2 Éléments essentiels de biologie du Rimu'ura

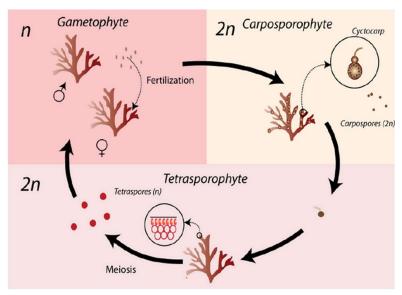
Gracilaria caudata est une algue rouge (Rhodophyta) de la famille des Gracilariaceae, dont au moins quatre espèces sont présentes en Polynésie.

Elle se distingue par un polymorphisme marqué, ce qui signifie que sa forme, sa texture et sa couleur varient considérablement en fonction de son environnement. Lorsqu'elle pousse sous une faible luminosité, elle arbore des teintes allant du rouge vif au rouge sombre. En revanche, exposée en plein soleil, elle peut prendre des nuances allant du jaune clair au vert pâle. Ces variations de couleur sont principalement dues à l'adaptation des pigments photosynthétiques aux conditions de lumière, mais elles peuvent également être influencées par la disponibilité des nutriments.

Dans le milieu naturel, on la trouve dans les eaux calmes et riches en nutriments, comme les fonds de baie et les estuaires, sur fond de sable ou de gravier, de la partie basse de l'estran jusqu'à une douzaine de mètres de profondeur.



Spores de Gracilaria fixées sur une lame en verre, en division



Cycle de vie de Gracilaria

Le thalle émerge d'un disque plat formé à partir d'une spore. La croissance est réalisée à partir de méristèmes apicaux présents, par définition, aux extrémités de chaque branche. Le *rimu'ura* peut croître à partir de spores issues de reproduction sexuée, ou par multiplication végétative.

La *Gracilaria* a un cycle de vie en trois phases : tétrasporophyte diploïde, gamétophyte haploïde et carposporophyte diploïde. Le tétrasporophyte mature produit par méiose quatre spores haploïdes dans chaque tetrasporangium. Lorsque les tétraspores sont libérées des thalles, elles dérivent passivement dans la colonne d'eau jusqu'à adhérer à un substrat. Là, elles commencent à se diviser et à s'élargir, formant un disque pluricellulaire. Un dôme se développe ensuite au centre de ce disque, à partir duquel émerge le thalle. Chaque disque peut donner naissance à plusieurs thalles, qui peuvent éventuellement se détacher du disque initial et du substrat, devenant ainsi des thalles individuels dérivants.

Les algues issues des tétraspores sont soit mâles, soit femelles. Le gamétophyte mâle produit une semence non motile (spermatium), capable de fertiliser le carpogonium situé dans le cortex des thalles femelles. Le zygote obtenu se multiplie par mitose au niveau du carpogonium, formant le carposporophyte, une accumulation de spores diploïdes contenues dans des protubérances corticales des thalles femelles (cystocarpe). Comme les tétraspores, les carpospores sont libérées dans la colonne d'eau et dérivent passivement jusqu'à adhérer à un substrat et développer un thalle complet, qui forme alors un nouveau tétrasporophyte.

La *Gracilaria* possède également la capacité de se reproduire de manière végétative. Un seul thalle peut engendrer des milliers d'autres thalles par le biais de fragmentations successives. Cette reproduction végétative, également appelée reproduction "clonale", est beaucoup plus simple à réaliser que la reproduction sexuée et ne semble pas entraîner de diminution des performances au fil du temps.

Le *rimu'ura* est un organisme autotrophe qui pratique la photosynthèse. Grâce à ses pigments photosynthétiques, cette algue peut capter l'énergie solaire pour la transformer en énergie biologique, essentielle pour croître à partir d'éléments de base présents dans le milieu : le carbone, l'azote et le phosphore, principalement.

En plus des pigments chlorophylliens communs aux algues vertes, le *rimu'ura* possède des phycobiliprotéines, des pigments spécifiques aux algues rouges, qui permettent d'absorber la lumière verte et lui confèrent sa couleur rouge caractéristique.

Les nutriments essentiels pour le rimu'ura sont :

- **Le carbone** : Il constitue la brique élémentaire des algues, absorbé soit sous forme de CO₂ dissous (transfert passif), soit sous forme de bicarbonate (pompage actif).
- L'azote: Prioritairement absorbé sous forme ammoniacale (transfert passif), puis sous forme de nitrate (pompage actif). L'absorption des nitrates est plus lente et coûte davantage d'énergie que l'absorption de l'ammonium. De plus, la *Gracilaria* est capable d'absorber l'urée, bien que ce processus soit également plus lent et coûteux que pour l'ammonium.
- Le phosphore : Nécessaire au développement, son besoin est estimé dix à vingt fois inférieur à celui de l'azote.

2 Protocole de production

2.1 Principe

Dans le lagon, le rimu'ura est cultivé dans des cagettes suspendues à une filière flottante. La reproduction est végétative, par fractionnement spontané des thalles. Le cycle de production se déroule sur une base hebdomadaire.

Chaque semaine, les algues sont récoltées, pesées, puis enrichies en nutriments dans des bassins hors-sol pendant 18h. Pendant ce temps, les cagettes utilisées pour la culture sont nettoyées et laissées à sécher. Le lendemain, les algues enrichies sont remises en mer pour une nouvelle semaine de croissance dans le lagon, tandis que l'excédent de la production, représentant la croissance hebdomadaire, peut être commercialisé.

2.2 Systèmes de culture

2.2.1 Cagettes

Les cagettes permettent de cultiver les algues dans le lagon à la profondeur optimale pour éviter les épiphytes, environ 3m, tout en protégeant le rimu'ura des herbivores tels que les *Marava* et les tortues.

Les cagettes peuvent être fabriquées de différentes façons, l'important est de respecter les critères suivants :

- Ouverture des mailles : Le fond et les côtés doivent avoir des mailles de 5 mm, tandis que la partie supérieure doit avoir des mailles comprises entre 12 mm et 20 mm.
- **Fond plat :** Le fond doit être plat pour éviter l'accumulation d'algues en un seul point sous l'effet de la gravité.
- **Circulation de l'eau :** La surface d'ouverture des mailles doit être maximale pour favoriser une bonne circulation de l'eau. Les armatures et renforts doivent donc être aussi discrets que possible pour ne pas réduire cette surface.
- **Mécanisme d'ouverture :** Le mécanisme d'ouverture et de fermeture de la cagette doit être durable, rapide et sûr.
- Suspentes: Elles doivent maintenir le fond de la cagette parallèle à la surface de l'eau par temps calme. Une cagette penchée à cause de suspentes mal réglées provoque l'accumulation des algues sur un côté.
- **Légèreté et résistance :** La cagette doit être aussi légère que possible, tout en étant résistante, car les manipulations par le fermier sont nombreuses.

Les cagettes sont suspendues à la ligne mère par des suspentes et un bout d'une longueur totale de 4 mètres minimum. En condition normale de luminosité, les cagettes sont suspendues de telle sorte que le fond de la cagette soit à 3 mètres de profondeur. A cette profondeur, la croissance des algues vertes est très atténuée par rapport à la surface, ce qui évite la contamination du *rimu'ura* par les épiphytes et épargne au fermier de longs tris fastidieux.

Pour la construction des cagettes, se référer au « manuel de construction » en annexe de cette fiche technique.

Exemple de cagettes testées par la DRM. La cagette rectangulaire proposée dans le « manuel de construction » semble le modèle le plus adapté.

2.2.2 Filières

Les cagettes sont reliées une filière flottante par un nœud de cabestan. Les flotteurs en mousse, disposés à l'emplacement de chaque cagette, doivent être suffisamment volumineux pour compenser le poids de la cagette et de son lest. Pour le modèle de cagette décrit dans cette fiche, une distance de 1,5 mètre entre les flotteurs est suffisante. Comme la ligne mère est flottante, il n'est pas nécessaire de la tendre beaucoup pour garantir le maintien des cagettes à la bonne profondeur.

Les corps-morts et les cordages doivent être dimensionnés pour résister à la force exercée sur la filière et les cagettes lors des courants exceptionnels. Sur un site soumis à de forts courants, il faudra limiter le nombre de cagettes entre les corps-morts et/ou utiliser des corps-morts plus lourds. Il est également possible de remplacer les corps-morts par des ancrages écologiques.

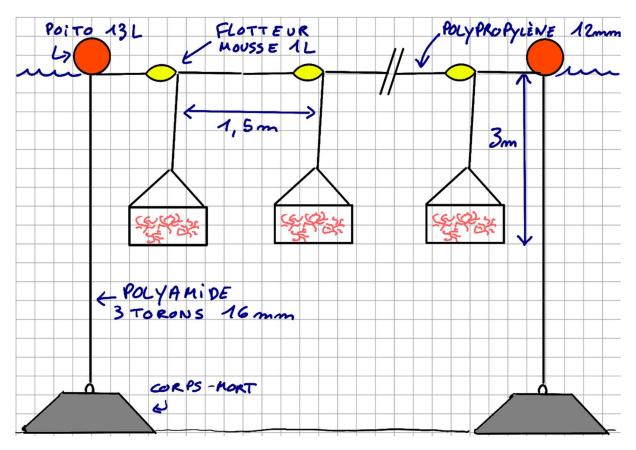


Schéma d'une filière flottante, dimensionnement des cordages adéquat pour un filière de 25 cagettes.



Le flotteur en mousse compense le poids de la cagette sur la filière flottante.

2.2.3 Bacs d'enrichissement hors-sol

2.2.3.1 Quel type de bacs?

L'enrichissement en bullage libre (voir fiche technique « bacs ») peut être effectué dans divers types de bacs, qu'ils soient cylindriques, cylindro-coniques, hémicylindriques, etc. L'essentiel est que la forme des bacs permette une circulation continue des algues dans la colonne d'eau. Les bacs ne doivent pas présenter de zones mortes où les algues pourraient s'accumuler, ni d'obstacles sur lesquels les thalles pourraient s'accrocher.

Le modèle le mieux maîtrisé en Polynésie est le bac cylindrique de 15m³.



Bac de 15m³ couvert par une ombrière (85%)

Idéalement, le fond du bac devrait être peint en blanc, de façon à refléter la lumière et maximiser le contraste avec les algues. Ce contraste est primordial pour détecter facilement d'éventuelles anomalies dans l'hydrodynamisme et évaluer le degré de contamination par les algues vertes. Le bac doit disposer d'une vanne de purge basse, ainsi que d'un système de contrôle du niveau par canne extérieure et/ou surverse. Des grilles de 5mm empêchent l'échappement des thalles tout en permettant la purge des débris et fragments d'algues moribonds.



Bac d'enrichissement en bullage libre

2.2.3.2 Remplissage des bacs hors-sol

L'eau de mer pompée dans les bacs doit avoir une salinité proche de 35g/l. La prise d'eau doit donc se situer en dessous de la couche de dessalure. Il n'est pas nécessaire de filtrer mécaniquement en dessous de 100µm. Un filtre à sable positionné juste après le pompage est suffisant pour éliminer les contaminants. Pour davantage de simplicité, le filtre à sable peut être remplacé efficacement par une chaussette filtrante nouée à l'entrée d'eau.



Pompe et filtre à sable

2.2.3.3 Ombrage des bacs hors-sol

Pour les bains d'enrichissement, un ombrage à 85% est utilisé pour réduire significativement la croissance des algues vertes opportunistes.

Lorsque le rimu'ura doit être stocké avant sa commercialisation ou pour lui redonner une couleur rouge vif, un ombrage à 85% est également employé. Cet ombrage réduit la croissance hebdomadaire à environ 5% et suffit pour améliorer la coloration des algues rapidement tout en diminuant la consommation de nutriments.

2.2.3.4 Aération

L'aération d'un bac cylindrique part du centre (de la purge centrale) et assure une circulation centrifuge en surface et centripète en profondeur (convection). Pour un bac de 15m3, une soufflante de 300W suffit pour maintenir 130kg d'algues en mouvement. Au-delà de 140kg, les algues ont tendance à sédimenter et l'influx d'air est insuffisant pour maintenir un



Système d'aération d'un bac de 15m³

hydrodynamisme adéquat. Le système s'aération doit être intégré ou fixé au bac de façon à ne pas constituer d'obstacles à la circulation des algues.



Système d'aération d'un bac de 1,5m³

Séquence de culture

Jour 1: Lancement de la Culture

- Introduction des algues : Les algues triées et débarrassées des épiphytes sont introduites dans des cagettes propres, qui ont été nettoyées au nettoyeur haute pression puis séchées pendant 24 heures. La densité initiale des algues est de 3 kg/m².
- Suspension des Cagettes: Les cagettes sont suspendues à la filière flottante de manière à maintenir les algues à une profondeur de 3 mètres.

Jours 2-6: Croissance Lagonaire

- Agitation Quotidienne: Chaque jour, les cagettes doivent être agitées individuellement pour débarrasser les algues des sédiments qui s'accumulent à leur surface. Une accumulation de sédiments peut diminuer la croissance des algues et favoriser les maladies. L'agitation permet aussi de mélanger les algues dans la cagette, ce qui homogénéise la coloration des algues qui auraient sinon tendance à jaunir sur la partie du thalle la plus exposée à la lumière.
- Méthode d'Agitation: Utiliser une embarcation le long de la filière pour remonter successivement les cagettes vers la surface avec vigueur. Une fois la surface atteinte, relâcher la cagette pour qu'elle retombe et reprenne sa position habituelle, créant un nuage de sédiments derrière elle. En cas de dépôt important, il peut être nécessaire de secouer les cagettes et de les exonder complètement à plusieurs reprises.
- Vérification de l'État des Algues: Pendant l'agitation, inspecter les algues pour s'assurer de leur bonne santé: vérifier l'absence de fragmentation, de décoloration et d'épiphytisme.

Jour 7: Récolte et Enrichissement

1. Transfert des Algues vers les Structures à Terre

• Méthodes de Transport : Les cagettes doivent être ramenées à terre. Lors du transfert en embarcation, recouvrez les cagettes d'une bâche réfléchissante pour éviter une température excessive et la dessication des algues. Alternativement, les algues peuvent être directement vidées dans des bailles de transport couvertes. Quelle que soit la méthode choisie, il est essentiel que les algues restent humides et protégées de la chaleur pendant le transport.

2. Pesée et Répartition des Algues

- Pesée: Les algues sont pesées à leur arrivée.
- **Répartition :** Les algues sont ensuite réparties entre un bac d'enrichissement et un bac de stockage :
 - Bac d'Enrichissement: Contient les algues qui seront utilisées pour recharger les cagettes à leur densité initiale de 3 kg/m² pour une nouvelle semaine de croissance lagonaire.
 - Bac de Stockage/Affinage: Contient l'excédent. Ce bac doit être très ombragé (ombrage à 85%) et avoir un taux de renouvellement en eau de mer d'au moins 200% par jour.

3. Bain d'enrichissement

Les algues destinées à repartir en culture lagonaire sont laissées en bullage libre pendant 18 heures, sans renouvellement d'eau de mer. La densité d'algues dans le bac ne doit pas excéder 9kg/m³ pour un bassin cylindrique de 15m³ aéré par une soufflante de 300W. L'enrichissement consiste en l'ajout de 16mg/l d'azote ammoniacal et 3mg/l de phosphore.

4. Stockage/affinage

Dans ce bac très ombragé, les algues légèrement décolorées retrouveront une coloration rougevif favorable à la commercialisation. Si les algues y séjournent longtemps ou montrent des signes de dénutrition, un ajout hebdomadaire de 8 mg/l d'azote ammoniacal peut être effectué. Les algues destinées à être commercialisées sont prélevées dans ce bac.

Jour 1 : Retour des Algues Enrichies en Mer

• Les algues enrichies sont ramenées en mer pour être suspendues à la filière flottante et recommencer le cycle de croissance lagonaire à une profondeur de 3 mètres.

2.3 Principaux problèmes en culture

2.3.1 Carence azotée

Les algues dénutries se caractérisent par un palissement du centre des thalles, qui atteint progressivement les apex lorsque la carence est sévère. Cette dénutrition se traduit par une croissance plus lente, une sensibilité accrue au stress, et une susceptibilité plus élevée à l'épiphytisme. Si les symptômes sont observés, il peut être nécessaire d'enrichir dans le bac de stockage pour redonner aux algues une coloration attrayante.

En culture lagonaire, sans enrichissement adéquat, la croissance des algues commence à diminuer dès la deuxième semaine. Les premiers signes de dénutrition apparaissent généralement à partir de la troisième semaine.



Algue dénutrie quatre semaines



Algue enrichie normalement

2.3.2 Epiphytisme

L'épiphytisme par les algues vertes est pratiquement éliminé grâce à la culture des algues en profondeur et le nettoyage hebdomadaire des cagettes.





Contamination légère

Contamination critique

En cas de contamination importante, la seule solution curative efficace est le tri manuel des algues. Les algues saines doivent être remises en culture à 5 mètres de profondeur jusqu'à ce que l'épiphytisme soit maîtrisé. La deuxième semaine, un bain léger (azote : 8 mg/l) est appliqué. Si l'épiphytisme est sous contrôle, la culture peut reprendre normalement à partir de la troisième semaine.





Tri par aspersion et tri manuel

2.3.3 Pathologies

En culture lagonaire, les maladies se manifestent souvent par une décoloration suivie d'une fragmentation du thalle. Les algues fragmentées passent à travers la maille des cagettes, entrainant des pertes de biomasse conséquentes.

Il n'existe pas aujourd'hui de techniques curatives valables pour lutter contre ces pathologies qui peuvent être d'origines diverses. Toutefois, il est possible de prévenir ces maladies en suivant les mesures suivantes :

- Choix des sites de production : Sélectionner des sites avec un bon renouvellement de l'eau et des courants modérés et constants. Il est également important que la ferme soit éloignée du littoral et des zones d'influence des rivières pour éviter les contaminants, la dessalure et les variations de qualité de l'eau.
- Agitation régulière des cagettes: Cette pratique permet d'éliminer les dépôts sur les algues qui pourraient servir de vecteurs pour les pathogènes, réduisant ainsi le risque de maladies.
- Bonne nutrition des algues : Assurer une alimentation adéquate en azote et en phosphore. Une dénutrition azotée fragilise le rimu'ura, le rendant plus susceptible aux maladies.





80% de mortalité causée par une pathologie

Enfin, si les maladies persistent malgré les mesures préventives et deviennent trop fréquentes, il peut être judicieux pour la ferme d'augmenter son volume de stockage hors-sol. Il est également possible d'orienter une partie de ce stockage vers de la croissance en remplaçant les ombrières par des tôles vertes (voir fiche technique « culture en bacs »). Cette réserve d'algues saines permettrait de relancer rapidement les cultures en cas de pathologie majeure, minimisant ainsi les interruptions de production et les pertes économiques associées.

2.3.4 Problème d'hydrodynamisme lors des bains

Lors de l'enrichissement, un arrêt de la circulation des thalles dans la colonne d'eau, même temporaire, dû à une panne d'air de quelques heures, peut entraîner des mortalités significatives dans la semaine suivante. En général, une partie du thalle jaunit, blanchie et meurt en se fragmentant.

Initialement, c'est le jaunissement brutal des apex sur quelques centimètres qui indique qu'un problème de circulation a eu lieu. En bac, il faut alors impérativement augmenter le flux d'air et/ou réduire la densité algale.

Dans un deuxième temps, le problème se manifeste lors de l'agitation des cagettes, par l'échappement de nombreux fragments de thalles moribonds ou morts.

Si l'anomalie de circulation est mineure et ponctuelle, seuls les apex de certains thalles jaunissent puis se détachent, ce qui entraîne une légère diminution de croissance les semaines suivantes. En revanche, en cas de sédimentation prolongée, le jaunissement peut s'étendre à de grandes portions de thalles, provoquant des épisodes de fragmentation observables lors des agitations quotidiennes. En plus de la perte ponctuelle de biomasse, la croissance est affectée pendant plusieurs semaines.

Pour éviter ces problèmes d'hydrodynamisme il est essentiel de :

- Construire des systèmes d'aération intégrés au bac pour éviter les zones mortes.
- Respecter les densités limites de chaque bac : 140-150kg max pour un bac de 15m³ avec une soufflante de 300W.
- Vérifier visuellement la circulation des algues et le bullage pendant le bain.
- Être attentif lors de l'agitation des cagettes pour détecter les fragmentations.
- Équiper le système d'aération d'alarmes afin de pouvoir réagir rapidement en cas de dysfonctionnement.
- **Déterminer la densité maximale** des algues dans les bacs d'enrichissement pour chaque type de bac dans l'exploitation. Elle calculée à partir de la densité critique, densité au-delà de laquelle il est impossible de remettre la totalité des algues en suspension après un arrêt ponctuel de l'aération.
 - Pour un bac de 15m³ alimenté par une soufflante de 300W, la *densité critique* est d'environ 10kg/m³ (150kg/15m³). Par précaution, on limite la *densité maximale* lors des bains à 90% de la *densité critique* (0.9x150=135kg), soit 9kg/m³.

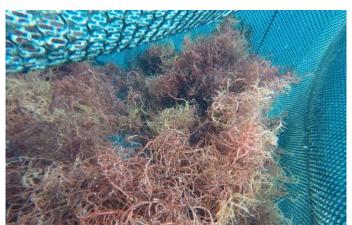
3 Post-production

3.1 Récolte et conditionnement

3.1.1 Affinage des algues

Cultivé à 5m de profondeur, le rimu'ura conserve en général une couleur rouge-vif compatible avec la vente. A 3m, la profondeur préconisée pour maximiser la croissance tout en évitant les épiphytes, les algues peuvent jaunir si elles ne sont pas mélangées fréquemment. Les semaines de forte luminosité, les algues peuvent devenir rouge-orangé. Il s'agit d'un phénomène d'adaptation des algues à la luminosité.

Par conséquent, il est intéressant de conserver les algues une semaine au moins dans un bac très ombragé afin de redonner aux rimu'ura une teinte rouge-vif. Ce bac d'affinage requiert 200% de renouvellement par jour, un ombrage à 85% minimum et éventuellement un enrichissement hebdomadaire à 8mg/l d'azote pendant 18h.



Algues rendues bicolores par manque d'agitation des cagettes en condition de forte luminosité

3.1.2 Rinçage des algues commercialisables

Cultivé sous tôles vertes, le *rimu'ura* conserve une couleur rouge vif, compatible avec la vente.

Avant le conditionnement, les algues sont rincées abondamment à l'eau de mer biosécurisée puis égouttées. Elles sont ensuite stockées dans un bac ombragé à 85%, alimenté en eau biosécurisée : le bac de rinçage.

L'eau biosécurisée est obtenue par ajout, en aval du filtre à sable, de trois filtres à chaussettes ou à cartouches (25µm-10µm-5µm), suivis d'un filtre UV.



Filtres à cartouche suivi d'une petite unité de traitements aux UV

Cette eau filtrée alimente le bac de rinçage ainsi qu'un jet pour le nettoyage des algues. Le taux de renouvellement dans le bac de rinçage doit être maintenu au-dessus de 1200 % par jour.

3.1.3 Ensachage

Le conditionnement des algues doit être réalisé conformément aux normes d'hygiène énoncées par le *Centre d'Hygiène et de Salubrité Publique* pour les végétaux frais. Voici le déroulement du conditionnement :

- **Prélever les algues :** Utilisez une épuisette pour prélever quelques kilogrammes d'algues du bac de conditionnement et déposez-les dans une cagette.
- Rincer les algues : Rincez les algues à l'eau biosécurisée et égouttez-les en secouant la cagette. Répétez cette opération trois fois, en contrôlant visuellement qu'il n'y a pas d'épiphytes, de débris, d'algues malades ou de mollusques.
- Asperger à nouveau : Aspergez les algues une fois de plus, sans les égoutter cette fois-ci.
- **Peser et contrôler :** Pesez 100 g d'algues et vérifiez visuellement qu'il n'y a pas de corps étrangers (épiphytes, mollusques, plastique, etc.). Ensuite, ensachez-les directement.
- Fermer le sachet : Fermez le sachet avec un nœud simple pour qu'il soit hermétique tout en laissant un coussin d'air. Le sachet doit être bien fermé pour éviter la dessication des algues, qui doivent rester humides mais non trempées dans un excès d'eau. Le coussin d'air est essentiel pour amortir les chocs et permettre l'empilage des sachets lors du transport.
- Étiqueter et emballer : Collez l'étiquette sur le sachet et placez-le dans une cagette de livraison.

3.1.4 Contrôle de la qualité sanitaire

Au cours de leur croissance, les algues peuvent accumuler des métaux lourds nocifs pour la santé. Par conséquent, afin de garantir l'innocuité de ses productions, le producteur devrait faire analyser ses algues régulièrement pour assurer au consommateur qu'elles respectent les normes en vigueur. Les normes françaises sont précisées dans la synthèse réglementaire 2024 du CEVA.

Les algues mises sur le marché doivent satisfaire aux critères relatifs aux métaux lourds et à l'iode figurant dans le tableau ci-dessous (CSHPF 01/1990; AFSSA 04/2009; Commission Européenne 07/2008):

Tableau 2 : Teneurs maximales en métaux lourds et en iode autorisées en France

	Algues légumes ou condiments en mg par kg sec
Arsenic minéral	3
Cadmium	0,5
Mercure	0,1
Plomb	5
Etain	5
Iode	2 000

Critères français pour les métaux lourds, extraits de la synthèse réglementaire 2024 du CEVA (Centre d'Etude et de Valorisation des Algues)

Enfin, le producteur devrait s'assurer que l'eau de rinçage biosécurisée et les algues conditionnées en sachet sont exemptes de contamination microbiologique. Les critères microbiologiques de la *Fédération de Commerce et de la Distribution* pour les légumes crus pourraient être un bon référentiel pour les algues fraîches ensachées.

Denrée	Germe	Critère REG EU 2073	Critère MP/MDD LS Réception Distribution (R)	Critère MP/MDD LS à DLC/DLUO Distribution (D)	Actions correctives	Commentaires
				FCD	s .	
	Flore aérobie 30°C		100 000	10 000 000	1	
totalement ou partiellement Est Sta Salades non assaisonnée avec végétaux feuillus en quantité significative et ingrédients en contact Sal	Flore lactique		A rechercher	A rechercher		
	Rapport Flore/Lactique		10	100		
	Escherichia coli			10*	2	* Sauf produit contenant des viandes crues ou préparations de viandes 500/g et 10 000 pour les produits contenant du fromage au lait cru
	Staphylocoques coag +		100*	100*	1	*10 000 pour les produits contenant du fromage au lait cru
	Clostridium perfringens*		30	30	1 ou 2	* Critère à privilégier pour les produits à base de produits carnés.
	Bacillus cereus*		500	500	1	* Critère à retenir si produit à base de féculents et légumes cuits
	Salmonella		Non détecté /25g	Non détecté /25g	5	
	Listeria monocytogenes	Non détecté /25g*	Non détecté /25g*	100**	3***	* Ou dérogations prévues par le règlement (CE) n°2073/2005 ** Critère valable pour les produits de moins de 5j de conservation résiduelle sinon non détecté dans 25g ou dérogations prévues par le règlement (CE) n°2073/2005 *** Critère de sécurité Européen pour les produits destinés à être consommés en l'état, par défaut considéré en catégorie 1.2

Extrait des « Critères microbiologiques applicables à partir de 2020 aux matières premières dans leur conditionnement initial industriel » émis par la Fédération du Commerce et de la Distribution (FCD)

3.2 Livraison et vente

La durée de vie organoleptique du *rimu'ura* ensaché est de quatre jours. Au-delà de cette période, l'aspect visuel peut commencer à se dégrader: les apex deviennent oranges et la texture se ramollit. Il n'est donc pas recommandé de laisser les algues en rayon plus de quatre jours. Après sept jours, la qualité microbiologique se dégrade, et les algues, qui ont déjà perdu leur qualité organoleptique, ne sont plus comestibles crues.

Il est donc conseillé de livrer les distributeurs au moins deux fois par semaine pour garantir la présence en magasin d'un produit parfaitement présentable. À chaque nouvelle livraison, il est possible de récupérer les invendus pour les remettre en culture.

Le distributeur devra présenter les algues dans un espace ombragé, à une température comprise entre 25 et 30°C. Une température inférieure à 22°C risque de décolorer les algues, qui prennent une teinte orangée. La réfrigération est à proscrire car elle tue les algues, qui rosissent en moins d'une heure et perdent leur texture croquante. Il est cependant possible de les surgeler.

Lors de la préparation des plats, il est préférable de laver les algues à l'eau de mer. L'eau douce ne devrait être utilisée que pour une consommation immédiate, car elle provoque un rosissement et un ramollissement dans l'heure suivant le rinçage. Cependant, l'eau douce n'est pas un problème pour les préparations vinaigrées ou cuites.

3.3 Communication

Les *Gracilaria* ne sont pas connues en Polynésie française, contrairement à Hawai'i, où le *limu* manauea, consommé traditionnellement, fait toujours partie de l'alimentation quotidienne.

A Hawai'i, l'algue est surtout consommée fraîche avec le poisson cru (poke). Les supermarchés et poissonneries proposent régulièrement une douzaine de variétés de poke, dont 30 à 50% comprennent du *rimu'ura* haché. En supermarché, on trouve également ces algues dans des préparations vinaigrées telles que l'ogo namasu et l'ogo kim chee, qui se vendent entre 30 et 50\$/kg. L'algue fraîche est vendue en vrac en poissonnerie à 20\$/kg.

La façon de consommer *l'ogo* à Hawai'i est donc parfaitement compatible avec la cuisine polynésienne contemporaine, dans laquelle le poisson cru occupe une place prépondérante. La vogue mondiale du *poke bowl*, perceptible à Tahiti, devrait favoriser l'introduction du *rimu'ura* en Polynésie française.

De plus, la proximité culturelle avec les voisins hawaiiens, qui se manifeste par des échanges abondants axés sur la réappropriation commune de pratiques ancestrales (navigation, arts, danses traditionnelles, spiritualité), ne peut que favoriser l'appropriation du *rimu'ura* à Tahiti, où existe un fort désir de reconnexion identitaire par la réintroduction vivante et évolutive de pratiques ancestrales dans la vie quotidienne contemporaine.

Enfin, les analyses nutritionnelles ont montré que la *Gracilaria* cultivée par la DRM était riche en protéines et en oligo-éléments. Cela permet d'attribuer au *rimu'ura* une image de « superaliment » .

Néanmoins, l'introduction du rimu'ura devrait se heurter à plusieurs difficultés :

- L'aliment est presque inconnu, et peu de personnes savent comment préparer les algues.
- S'agissant d'un végétal, le *rimu'ura* souffre de la même culture de malbouffe qui affecte les légumes.
- Certains peuvent éprouver du dégoût pour les algues.

Pour accompagner l'introduction du *rimu'ura* sur le marché, un livre de recette a été conçu par la DRM et servira de support de communication pour les premières ventes. Ce livret est fondé sur une douzaine de recettes, élaborées entre 2022 et 2023 à partir de préparations existantes ou originales.

L'objectif de ce livre est d'introduire les algues rouges au consommateur polynésien en lui fournissant des idées de recettes simples. Le *rimu'ura* est ainsi présenté comme un produit de consommation courante, facilement intégrable dans la cuisine polynésienne contemporaine. Le livre ne cherche pas à proposer un aliment exotique difficile à préparer. Les ingrédients sont donc choisis pour être facilement accessibles dans n'importe quel magasin. Ce livret, qui devrait être épinglé aux sachets d'algues fraîches commercialisées, a pour but d'inspirer de nouvelles recettes au consommateur, tout en montrant que le *rimu'ura* n'est qu'un accompagnement à associer naturellement au poisson cru sous toutes ses formes.



Exemple de préparation extraite du livre de recettes de la DRM

En plus des recettes, la DRM a testé plusieurs transformations simples : congélation, séchage, préparations vinaigrées, et préparations surgelables visant à imiter le wakamé aigre-doux importé. Ces idées de transformation pourraient servir de base au développement de divers produits à base de *rimu'ura*, permettant ainsi aux producteurs de diversifier leur offre.



Ogo namasu sous vide prêt à être réfrigéré



Rimu'ura préparé façon Wakamé, prêt à être surgelé

4 Résultats économiques attendus

Le paragraphe suivant se fondent sur des hypothèses concernant les installations requises et le marché, sur des estimations de charges et de produits, ainsi que sur l'extrapolation de rendements expérimentaux. Sur ces bases, la simulation suggère que des fermes de production de *rimu'ura* pourraient être rentables dans le contexte polynésien. Cependant, en décembre 2023, la DRM n'ayant pas encore réalisé d'essai pilote de longue durée, ces informations sont à considérer pour ce qu'elles sont : des projections à valider ou à ajuster par la mise à l'épreuve rigoureuse des procédés de production sur le long terme.

En moyenne, une cagette de 1m², ensemencée à 3kg/m², produira chaque semaine 750g de rimu'ura (25% de croissance).

Une ferme exploitant 200 cagettes de 1m² avec deux salariés (un commercial/préparateur et un ouvrier aquacole), un capital, hors foncier, d'environ 10 millions de FCFP, pourrait ainsi réaliser un résultat positif, à condition que le prix de vente « sortie de ferme » soit supérieur à 1500 FCFP/kg. Après application de la marge distributeur, le prix final devrait rester concurrentiel par rapport aux algues importées, qui sont vendues entre 2500 et 3000 FCFP/kg.

Pour être viable, une telle ferme devrait écouler sur le marché 150kg d'algues par semaine, soit 1500 sachets de 100g vendus 150 FCFP pièce, ce qui n'est pas du tout évident tant que le rimu'ura demeure peu connu du grand public.

5 Conclusion

Cette fiche technique présente le protocole de production en bac tel qu'il est établi en décembre 2023. Il convient de noter que de nombreuses inconnues subsistent et que des marges d'amélioration existent, qui feront l'objet de recherches approfondies par la DRM dans les années à venir. Par conséquent, cette fiche technique doit être considérée comme un document évolutif. Les principaux axes d'amélioration envisagés sont :

- L'optimisation de la densité initiale pour maximiser le rendement des cagettes.
- La réduction de la fréquence d'enrichissement qui impose aujourd'hui une manipulation hebdomadaire des cagettes.
- Une meilleure compréhension des sites lagonaires les plus adaptés au rimu'ura.
- L'optimisation des doses d'engrais aux conditions de culture (luminosité, densité), afin de réduire les charges tout en minimisant les rejets.
- Une meilleure **compréhension des pathologies lagonaire**, et des moyens à mettre en œuvre pour les éviter.
- La mise en place de méthodes pour l'enrichissement des algues dans des citernes submergées, afin d'éviter les allers-retours entre la ferme et les bacs à terre pour l'enrichissement.
- L'utilisation d'effluents aquacoles pour l'enrichissement en remplacement des engrais de synthèse.
- La **fiabilisation des indicateurs technico-économiques** (temps de travail hebdomadaire par bac par exemple), afin de fournir une simulation économique robuste.