

## Potentiel des micro-algues

Une précédente tribune a mis en évidence la complexité de récolte des micro-algues, dans le milieu naturel. Les risques sur l'environnement et sur la biodiversité marine poussent à ne pas retenir ce mode d'exploitation. Par contre la culture est envisageable si des débouchés sont économiquement viables et si les techniques mises en œuvre savent respecter l'environnement.

### Le potentiel et usages des micro-algues :

- Les aspects économiques :
  - les micro-algues sont exploitées depuis des décennies dans le domaine de la santé et des cosmétiques. Ceci à petite échelle, lié à la taille du marché, mais à forte valeur ajoutée car n'ayant pas de concurrence des molécules d'origine terrestres.
  - Pour la nourriture, ce sont principalement les algues du milieu marin qui sont exploitées. Elles sont en concurrence et complémentaires aux produits de l'agriculture. La rentabilité étant faible, la recherche de nouveaux procédés et moyens de prélèvement freine les investissements. Quelques recherches sont faites pour prélever les algues invasives qui s'échouent sur le littoral (et surtout les parties touristiques de celles-ci).
  - Pour l'énergie, des développements sont en cours. A grande échelle l'exploitation est en concurrence avec les produits fossiles. La rentabilité ne sera possible que si le prix des sources fossiles augmente au delà de 60\$ le baril (valeur variable selon les sources, et les progrès de l'algoculture).
- Les aspects environnementaux :
  - les zones potentielles de cultures sont des zones littorales en friche ou polluées et des zones d'activité en fin d'exploitation (par exemple les salines du midi). Il n'y a pas de cannibalisation d'espaces agricoles. Bien au contraire, les bioréacteurs à micro-algues ne nécessitent pas de pesticides, pas d'irrigation (faible utilisation d'eau potable = ils peuvent être liés à des stations d'épuration) ni de surfaces cultivables.
  - Les micro-algues sont de puissants puits de carbone. Les bioréacteurs nécessitent un apport de CO<sub>2</sub> et contribuent donc à la diminution des GES (gaz à effet de serre).
- Les aspects sociaux :
  - les besoins en énergie ont transformé des zones cultivables, pour la nourriture de populations locales, en production de céréales pour les transformer en ressources énergétiques. Ceci dans le seul but de mieux « rentabiliser » des surfaces cultivables, au profit de grands groupes industriels et aux dépens des populations locales. La conséquence de la restriction de la ressource alimentaire est une augmentation du prix des produits alimentaires des populations (importation de ces produits, donc au coût du pays producteur + transport). L'algoculture ne restreint pas les surfaces cultivables, y apporte des engrais et améliore l'offre de produits alimentaires (humaine et animale).
  - La faiblesse économique de certaines régions peut être contrée par le développement de productions de biocarburants, peu polluant (par rapport aux sources fossiles). Il faudra néanmoins trouver des conditions favorables à l'algoculture ( zone littorale en friche, bon ensoleillement, présence de source de CO<sub>2</sub> et bien sûr des investisseurs soucieux en premier lieu du bien-être des populations locales).

### Les filières de transformation des micro-algues :

- **caractéristiques des micro-algues :**

- il existe des centaines d'espèces de micro-algues (plusieurs centaines de milliers dans le milieu marin et des dizaines de milliers en eau douce ). D'où une classification complexe.
- quelques milliers ont été caractérisées. Les scientifiques les ont classé dans 11 divisions et 29 classes. L'étude de leur génome est achevée pour une dizaine d'entre-elles en 2017.
- Elles sont aussi classées en fonction de leur type de nutrition : les photo-autotrophes utilisent la photosynthèse et les hétérotrophes puisent l'énergie et les nutriments directement des matières organiques du milieu aquatique.
- Un autre mode de classification est par leur couleur : rouge, brune, verte ou bleu.
- De petites tailles ( de quelques microns à 5 dixième de millimètre ), elles sont néanmoins 10 fois plus productives en huile par unité de surface que les oléagineux des cultures terrestres.

- **Les débouchés industriels :**

- pour la santé et les cosmétiques, les « molécules d'intérêt » représentent jusqu'à 70% de leur poids (vitamines, minéraux et polysaccharides). Le volume de culture, en fonction des besoins est donc faible, mais le coût de culture en faible volume est compensé par une forte marge en absence de ressources concurrentes terrestres aussi productives.
- Pour la nourriture humaine et animale, l'intérêt se porte sur les algues qui nécessitent moins de transformation pour être comestibles. Néanmoins n'oublions pas que les micro-algues (phytoplancton, zooplancton) restent à la base de la chaîne alimentaire aquatique.
- Pour la production d'énergie, la biomasse issue des micro-algues fournit 10 fois plus d'huile que les cultures terrestres. Pour des cultures à grande échelle, la rentabilité de l'algoculture est supérieure à celle obtenue avec les oléagineux terrestres (à laquelle il faut ajouter les bienfaits environnementaux et sociaux).

- **Les modes de culture :**

Plusieurs procédés de culture de micro-algues photo-autotrophes sont à l'étude, pour la plupart au stade de laboratoire ou de pilote industriel.

En 2017, seuls deux types de sites sont en exploitation à grande échelle ; étant récents leurs performances varient selon les caractéristiques de l'environnement. Des ajustements des procédés sont en cours pour trouver une rentabilité optimale.

- Les systèmes ouverts :  
ils utilisent des bassins, en eau peu profonde, pour la cultures de micro-algues autotrophes ( photosynthèse à partir de la lumière naturelle ), avec une agitation mécanique ( pour introduire le CO<sub>2</sub> dans l'eau et brasser les nutriments ajoutés ).
- Les systèmes fermés :  
ce sont des photo-bioréacteurs, circulation dans des tubes ( à plat, en panneaux ou en colonnes ), sous contrôle précis de température, d'injection de CO<sub>2</sub> et de nutriments. En panneaux, tubes ou colonne ces systèmes sont orientables pour une exposition optimale à la lumière naturelle.

La comparaison de rentabilité de ces 2 modes est difficile :

- L'investissement est élevé pour les systèmes fermés.
- Le contrôle est plus précis pour les systèmes fermés ( pas d'évaporation, un contrôle de la température du liquide de culture et absence de contamination ).
- l'entretien est plus facile (donc moins onéreux) pour les systèmes ouverts.

- La productivité des systèmes fermés est plus grande (surtout si on la rapporte à la surface occupée au sol).
- **Traitements des produits de la culture :**
  - la maturité pour la récolte dépend de la souche.
  - Dans les systèmes fermés elle se fait en continue avec un prélèvement contrôlé lors de la circulation du liquide de culture.
  - Dans les systèmes ouverts le prélèvement se fait par le système mécanique d'agitation du bassin.
  - Dans les deux cas le traitement se poursuit par un séchage (obtention de la « masse sèche »).
  - les étapes de transformation qui suivent dépendent du produit recherché. Les produits finaux n'utilisent pas tous les mêmes composés de la masse sèche. Les composés disponibles sont : les protéines (jusqu'à 70 % de la masse pour certaines variétés de micro-algues) , les lipides (entre 15 et 75 % de la masse), les vitamines, minéraux et polysaccharides (faible pourcentage en masse).
  - Les protéines vont intéresser l'alimentation
  - les lipides entrent aussi dans l'alimentation mais intéressent plus particulièrement le secteur énergie.
  - Les vitamines, minéraux et polysaccharides sont depuis longtemps exploités par la pharmacologie, la production de cosmétiques et de compléments alimentaires. Si l'on n'extrait que ces composés, le reste de la biomasse sèche devient un résidu à destination d'engrais pour les cultures terrestres (faible valorisation).
  - Pour l'énergie, les principaux procédés sont :
    - la trans-estérification des huiles (algales) pour l'obtention de biodiesel
    - l'hydrogénation des huiles pour l'obtention d'hydrocarbures pour le kérozène
    - la fermentation de sucres (eux-mêmes obtenus par hydrolyse enzymatique) pour obtenir de l'éthanol (à mélanger à l'essence).
    - Une liquéfaction de la biomasse pour obtenir du bio-oil, qui après un traitement donnera un hydrocarbure à mélanger à l'essence.
    - Comme combustible en cogénération (fourniture de chaleur et électricité).

## **Conclusion :**

L'algoculture est une solution prometteuse pour freiner le réchauffement climatique et fixer des polluants générés par nos activités. Toutes les variétés de micro-algues absorbent plus de CO<sub>2</sub> que ses transformations n'en rejettent. Certaines espèces supportent, en les absorbant, des NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub>. En fonction de l'objectif visé, une sélection de l'espèce cultivée aidera à l'atteinte de bons résultats. Si l'on ne s'intéresse qu'aux énergies, sans recherche d'impact sur l'environnement, des micro-algues fortement chargées en lipides seront adaptées. Si elles ne tolèrent pas les NO<sub>x</sub> et/ou les SO<sub>x</sub>, il faudra avoir un apport de CO<sub>2</sub> épuré. En plus du CO<sub>2</sub>, les micro-algues ont besoin de nutriments en particulier d'éléments azotés.

L'idéal, serait de ne pas se focaliser que sur un intérêt mais de couvrir plusieurs actions :

- être capable de fixer les NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub> pour exploiter les rejets industriels et de stations d'épuration.
- Ne pas procéder à des manipulations génétiques pour améliorer certaines capacités des micro-algues sans garantir le risque zéro de perturbation de l'écosystème marin. Des espèces génétiquement améliorées finiront par se retrouver dans le milieu marin. N'oublions pas que les micro-algues sont le chaînon de départ de toute la chaîne alimentaire marine.

- Tous les processus de culture et transformation des micro-algues nécessitent de l'énergie. N'utilisons pas d'énergie fossile pour cela et privilégions les excédents d'électricité, aux bonnes périodes de faible demande. En fabriquant des biocarburants (énergie propre) comme cela, c'est un moyen de stocker l'énergie liée à des pics de production (éolien, photovoltaïque...) en même temps qu'une faible demande.
- Bien sélectionner les sites de culture proches des lieux d'émission de CO2 et nutriments azotés. Traiter la biomasse proche de la zone de culture, pour réduire les transports (séchage et transformation).
- Exploiter les micro-algues en cascade pour éviter de dupliquer les investissements pour de multiples débouchés, qui à faire un mix d'espèces d'algues en culture. Ceci nécessite une coopération entre filières pour éviter un gaspillage.

Auteur : Francis Misse

Vous pouvez réagir à ce document en adressant un message à : [francis.misse@cegetel.net](mailto:francis.misse@cegetel.net)