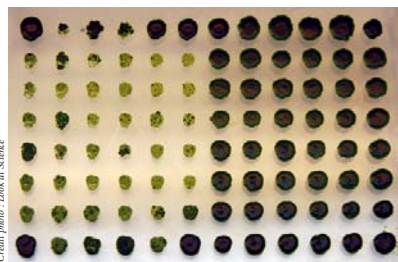


Les microalgues, un gisement de biocarburants ?

Certaines produisent de l'hydrogène, d'autres accumulent des lipides. « Domestiquées » et « optimisées », les microalgues et les cyanobactéries pourraient apporter une contribution importante à la palette énergétique des prochaines décennies.

Ces organismes sont parmi les plus simples de tout le monde vivant : ce sont les algues microscopiques et les cyanobactéries, appelées algues bleu-vert, témoins et vestiges des commencements de la vie sur Terre. Leur variété est aussi grande que leur masse est abondante – on estime qu'il en existe plus d'un million d'espèces, dont 30 000 à peine ont été décrites à ce jour ; la planète leur doit la moitié de sa production annuelle de biomasse, dont la majeure partie de celle des océans.



Crédit photo : Look at Science

Colonies de la microalgue *Chlamydomonas* cultivées sur milieu solide

Certaines de ces microalgues ont développé des « originalités métaboliques » étonnantes : tandis qu'elles transforment en matière organique la lumière du soleil, le gaz carbonique et l'eau dans laquelle elles baignent, elles peuvent également produire, dans des conditions particulières, des hydrocarbures, de l'hydrogène ou des lipides de réserve. A surface égale, certaines espèces génèrent de dix à vingt fois plus de biomasse que des cultures terrestres comme le colza ou le tournesol.

Ce potentiel énergétique, pour l'heure, est quasiment inexploité. C'est que la production de « molécules à forte teneur énergétique » n'est pas, loin s'en faut, l'activité principale de ces micro-organismes, d'abord préoccupés de croître et de se reproduire par division cellulaire. Si l'on veut un jour disposer d'usines biologiques,



Réplication d'une collection d'algues mutantes cultivées sur support solide

Crédit photo : Look at Science

produisant à volonté de l'hydrogène ou du biodiesel, il faudra apprendre à les « domestiquer » et à « optimiser » leur métabolisme.

Carence, stress et production



« L'enjeu, explique Gilles Peltier, responsable du Laboratoire de Bioénergétique et de Biotechnologie des Bactéries et Microalgues¹ (LB3M), c'est de transformer un processus minoritaire, parfois marginal, en une production majoritaire. » Qu'il s'agisse, par exemple, de convaincre *Chlamydomonas reinhardtii* de consacrer toute son énergie à produire de l'hydrogène ou de persuader *Neochloris oleoabundans* de se mobiliser pour accumuler dans ses cellules les lipides qui seront aisément transformés en biodiesel, la démarche est commune : il s'agit de comprendre pourquoi et dans quelles conditions ces productions sont activées ; puis, d'intervenir avec les outils du génie génétique pour créer des

« mutants » qui ne se consacreront qu'à la tâche souhaitée. « Notre but est de déterminer l'optimum du système en tentant d'orienter la totalité du flux photosynthétique vers la production des molécules qui nous intéressent. »

Si l'on est encore, et c'est un euphémisme, « assez loin de la production industrielle » d'hydrogène par des microalgues, on s'en rapproche dans le domaine du biodiesel. « Nous sommes parvenus, récemment, à multiplier par deux ou trois la production d'hydrogène de *Chlamydomonas reinhardtii*. Pour le biodiesel, nous obtenons, avec certains mutants, une accumulation de lipides qui représente, à l'arrivée, 50% de la matière sèche. Le problème, c'est que cette accumulation est liée à un stress, lui-même suscité par une situation de carence, et qu'en retour ce stress affecte le rendement. »

Les mécanismes les plus intimes

Pour s'affranchir de ces limitations, il faut intervenir sur les mécanismes les plus intimes du micro-organisme concerné : par exemple réduire, chez « l'algue à hydrogène », la sensibilité de l'hydrogénase²

1 - Le LB3M est l'un des huit laboratoires de l'Institut de Biologie Environnementale et Biotechnologie, implanté à Cadarache et à Marcoule.

2 - Hydrogénase : enzyme qui catalyse la conversion des protons en hydrogène.

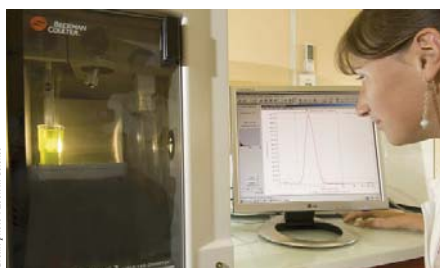
à l'oxygène, lequel inhibe très rapidement la production d'hydrogène³ ; ou adresser à « l'algue à biodiesel » un signal qui la « trompera », lui fera croire qu'elle est en carence alors qu'elle ne l'est pas et déclenchera ainsi le mécanisme de production de lipides sans que le rendement soit affecté.



Crédit photo : Look at Science

Cultures photoautotrophes de microalgues

L'avenir industriel des micro-algues toutefois ne repose pas seulement sur la compréhension de leurs mécanismes biologiques, leur « domestication » et leur optimisation génétique. « Nous devons avancer sur plusieurs fronts. Il faut améliorer le rendement des biophotoréacteurs, ces enceintes dans lesquelles les micro-algues sont cultivées et dont le rendement⁴, aujourd'hui, est de l'ordre de 2 à 3%, et, pour ce qui est de l'hydrogène, améliorer les solutions de stockage. »



Crédit photo : Look at Science

Comptage cellulaire d'une suspension de microalgues

Pas de compétition

Ces difficultés technologiques une fois surmontées, les microalgues pourraient apporter une contribution importante à la palette énergétique des décennies à venir.

3 - Réalisés en collaboration avec le CNRS, ces travaux font l'objet d'un dépôt de brevet.

4 - Il s'agit du rendement de conversion de l'énergie solaire par photosynthèse dont l'optimum est de l'ordre de 10%.

5 - Le bioéthanol d'origine végétale est incompatible avec les réacteurs actuels.



Crédit photo : Look at Science

Cultures de microalgues en enceinte climatique

Avec elles, « pas de compétition » pour les terres agricoles, et donc pas de tension induite sur les marchés comme il s'en est produit récemment : à la différence des betteraves et du blé, dont on extrait le bioéthanol, ou du colza à partir duquel on obtient des esters d'huiles végétales que l'on transforme en biodiesel, les microalgues peuvent être « cultivées » sur des espaces impropres à l'agriculture, comme les déserts, les zones arides ou les grandes friches abandonnées par l'industrie. Mieux : « On peut imaginer d'implanter ces cultures à proximité des usines ou des centrales thermiques qui génèrent de grosses quantités de CO₂. Celui-ci serait absorbé par les processus de photosynthèse tandis que les nutriments pourraient être apportés par les déchets urbains, riches en azote, en phosphates, en sulfates. ... »

Des biocarburants pour les avions

Pour couvrir ses besoins en énergie, le corail, qui appartient au règne animal, a su comme les lichens « domestiquer » la photosynthèse des microalgues et des cyanobactéries. L'objectif des recherches que poursuivent Gilles Peltier et son équipe est de même nature, mais c'est l'Homme, cette fois, qui est à la recherche de nouvelles sources d'énergie.

Patiente et résolue, cette quête est celle de nombreux laboratoires, fédérés dans le cadre de programmes nationaux, européens et internationaux. Même l'industrie aéronautique⁵ (Boeing, Airbus) s'intéresse aux biocarburants issus des microalgues.

En région Paca, la possible mise en place de la plate-forme HelioBiotec à Saint-Paul-lez-Durance (voir encadré) permettrait de constituer un pôle de recherche de statu-

re internationale au sein duquel collaboreront le CEA, le CNRS et l'Université d'Aix-Marseille.

Pour l'heure, tout le travail entrepris vise à « utiliser au maximum le rendement photosynthétique » des micro-algues. Gilles Peltier n'exclut pas cependant que l'on parvienne un jour à optimiser la photosynthèse elle-même, dont certains aspects demeurent encore « très mystérieux ». Le chercheur est confiant : c'est le « hasard », bien souvent, qui conduit aux percées les plus fondamentales.

HelioBiotec : un pôle d'excellence à l'horizon 2010

Prévue à proximité de Cadarache, la plate-forme dotée d'équipements scientifiques de haut niveau pourrait accueillir une quarantaine de chercheurs issus pour l'essentiel du CEA, du CNRS et de l'Université, à l'horizon 2010.

Portée par le CEA, implantée aux abords de Cadarache, la plate-forme HelioBiotec constituera un pôle d'excellence dans le domaine des biotechnologies et des bioénergies. « Nous avons besoin de nous développer, explique Gilles Peltier, de disposer de locaux nous permettant de mieux accueillir nos collègues et, compte tenu de l'importance sociétale de nos recherches, de mieux communiquer. »

Ses promoteurs attendent de cette plate-forme « un effet fédérateur majeur à l'échelle nationale et internationale », notamment en favorisant les synergies avec d'autres organismes de recherche présents en région Paca comme l'Institut de recherche pour le développement (IRD, ex-Orstom), l'INRA ou l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA).

En attendant de disposer des financements qui lui permettront d'entrer dans ses murs et d'acquérir son équipement scientifique¹, HelioBiotec verra bientôt le jour « en interne », dans des locaux libérés au sein de l'Institut de Biologie Environnementale et Biotechnologie.

1 - L'équipement scientifique est financé dans le cadre du Contrat de projet État-Région