

Contribution des micro-algues au développement durable dans la région Méditerranéenne

Jean-Louis RASTOIN

Professeur émérite à Montpellier SupAgro, Conseiller scientifique de la Chaire Unesco en Alimentations du Monde, expert associé à l'IPEMED

Kelly ROBIN

Chargée d'études économiques au sein de l'IPEMED

En septembre 2015, les États membres des Nations Unies ont adopté 17 Objectifs de développement durable (ODD), déclinés en 169 cibles prenant en considération toutes les dimensions du développement durable. L'alimentation, l'agriculture et le développement rural sont au cœur de ces ODD, notamment de l'ODD 1 (Pas de pauvreté), de l'ODD 2 (Faim « zéro »), mais aussi de l'ODD 12 (Établir des modes de consommation et de production durables). Ces objectifs, dans un contexte de lutte contre le changement climatique (ODD 13), témoignent de la nécessité d'améliorer de manière intégrée la résilience des populations rurales, des systèmes agricoles et alimentaires face à des crises d'ordre environnemental, mais aussi économique, social, et politique. En effet, avec l'insécurité alimentaire en Méditerranée, on est en présence d'un « méta-problème », d'envergure macro-régionale, de caractère polysémique et systémique.

La forte dépendance externe des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée (PSEM) pour leur approvisionnement en produits alimentaires (75 milliards USD en 2014) fragilisant les équilibres budgétaires nationaux¹, la hausse de la demande alimentaire (125 millions de bouches supplémentaires d'ici à 2050), l'abandon progressif de la diète méditerranéenne et son impact sur la santé des consommateurs, la vulnérabilité des systèmes agricoles face à la raréfaction des ressources et au changement climatique, les tensions à venir sur le marché du travail (il faudra créer 66 millions d'emplois entre 2015 et 2030 et 71 millions entre 2030 et 2050, soit plus de 5 millions par an pour absorber l'augmentation de la population en âge de travailler) etc. sont autant de facteurs qui complexifient la situation agricole et alimentaire de la région.

Un exercice de prospective conduit par l'Inra et Pluriagri pour la région ANMO (Afrique du Nord & Moyen-Orient) révèle une forte progression de l'insécurité alimentaire dans cette zone à l'horizon 2050 dans un scénario tendanciel prenant en compte les effets du changement climatique. Dans ces conditions critiques, les auteurs du rapport préconisent d'agir sur 3 leviers en les combinant :

- l'innovation technique en agronomie et zootechnie (marge de progrès des rendements de l'ordre de 20 %);
- la réduction des pertes et gaspillages (gisement de mobilisation supplémentaire de 10 à 20 % de la production);
- la réhabilitation de la diète méditerranéenne (limitation de la consommation de produits animaux, de sucres et d'huiles végétales)².

La mobilisation de la biomasse, dans une perspective de durabilité constitue dès lors une piste très prometteuse de solution, et – au sein des bioressources –, les microalgues – même si ces dernières ne peuvent prétendre à elles seules résoudre le problème de la sécurité alimentaire.

¹ Abis S., *Géopolitique du blé, un produit vital pour la sécurité alimentaire mondiale*, Armand Colin, IRIS, Paris : 192 p.

² Mouël C., A. Forslund, P. Marty, S. Manceron, E. Marajo-Petizon, M.-A. Caillaud et B. Schmitt, 2015. *Le système agricole et alimentaire de la région Afrique du Nord – Moyen-Orient à l'horizon 2050 : projections de tendance et analyse de sensibilité*. Rapport final de l'étude réalisée pour le compte de Pluriagri, Paris et Rennes : INRA-DEPE & INRA-SAE2, 133 p.

Microalgues et développement durable: aperçu mondial des perspectives

Les microalgues figurent parmi les premières créatures vivantes, apparues voici environ 3,5 milliards d'années. Leur collecte et leur utilisation est très ancienne et probablement antérieure à l'agriculture du néolithique. Leur production est plus récente et leur spectre d'utilisation très large du fait de leur adaptation à tous les milieux.

Les microalgues se répartissent en plusieurs groupes, différenciés par leurs couleurs et leur structure. Les chercheurs estiment à plus de 200 000 le nombre d'espèces de microalgues à travers le monde, et certains auteurs avancent des chiffres de l'ordre du million, dont seules quelques dizaines sont aujourd'hui exploitées³. Parmi les espèces eucaryotes étudiées scientifiquement et utilisées, on peut mentionner :

- les Diatomées (contenant de la silice et formant environ 90 % du plancton marin : *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*);
- les Flagellées (*Isochrysis*, *Monochrysis*, *Dunaliella*);
- les Chlorophycées (*Chlorella*, *Scenedesmus*);
- Les Cyanophycées (microalgues bleues, le groupe le plus ancien sur Terre, probablement 3,5 milliards d'années, dont la *Spirulina*) sont à considérer à part, puisque ce sont des organismes procaryotes (bactéries)⁴.

Le secteur des microalgues reste toutefois conditionné par des modèles économiques à ce jour non compétitifs dans leur univers concurrentiel, principalement du fait que nous ne sommes pas encore sortis de la « civilisation » du carbone fossile et de l'industrie lourde. A contrario, notre entrée progressive dans l'âge du développement durable devrait permettre aux microalgues de connaître une forte croissance, car elles sont souvent en phase avec les exigences de la bioéconomie⁵: économie circulaire, décarbonée, décentralisée et donc territorialisée, en réseaux participatifs.

En effet, les algues, et en particulier le plancton microalgal situé dans les mers, les lagunes et les eaux douces, riche de sa diversité et de son fonctionnement physiologique représentent la moitié du gisement mondial en biomasse, avec un effet « puits de carbone » correspondant. Les microalgues présentent de nombreux autres avantages :

- Croissance en mode photosynthétique utilisant l'énergie solaire et le CO₂ atmosphérique, ou provenant de fumées industrielles en mode hétérotrophique et émettant de l'oxygène ;
- Besoins en nutriments (azote et phosphore non organiques) issus de déchets de toutes sortes, dont les eaux usées.

Autre avantage, les métabolites produits ont des applications multiples en santé (prévention de certaines maladies comme la DMLA ou Alzheimer et correction de carences en micronutriments et protéines) ; en cosmétique (composants naturels) ; en nutrition animale et humaine (colorants, texturants, arômes, acides gras insaturés et acides aminés essentiels) ; en agriculture (fertilisants et pesticides), en chimie du végétal (concept de bioraffinerie : biomatériaux, dépollution) et industries de fermentation (énergie et biocarburants).

Un autre atout des microalgues se situe au niveau de leurs conditions de production par rapport aux autres sources biomassiques : elles ont une productivité par unité de surface très supérieure grâce à leur multiplication très rapide (production en continu sur 7 mois en région septentrionale et 10 mois en zone méditerranéenne, soit 5 à 10 fois plus qu'en production agricole conventionnelle). De plus, les installations de production peuvent se faire sur des sols de qualité non agricole, en bassin ou en lagunes saumâtres ou alcalines, évitant ainsi des conflits d'usage de la terre et de l'eau et donc des tensions sur les marchés de produits alimentaires qui sont très volatiles. Troisièmement, le niveau de pollution des sites productifs est faible et maîtrisable, grâce à la facilité de recyclage des intrants fertilisants.

³ Sialve B., Steyer J-P., 2013, *Les microalgues, promesses et défis*, *Innovations Agronomiques* 26 (2013), Paris : 25-39

⁴ Gudin C., 2013, *Histoire naturelle des microalgues*, Odile Jacob, Paris : 189 p.

⁵ Le concept de bioéconomie développé dans les années 1970 à partir des travaux de Nicholas Georgescu-Roegen désigne les activités productives qui mobilisent des ressources issues du monde vivant plutôt que de la chimie de synthèse.

Enfin, le potentiel de capture (du fait de l'énorme volume de biomasse représenté par les microalgues) et de réutilisation du CO₂ atmosphérique (en valorisant le carbone par des procédés de bioraffinerie) est très supérieur à celui des cultures et de la forêt. L'essentiel du gisement microalgal se situant dans les océans et les mers, il est donc fondamental de préserver cette ressource menacée par les dérèglements climatiques et la perte de biodiversité marine⁶.

Les contraintes qui ralentissent ou fragilisent le développement du secteur des microalgues partout dans le monde tiennent d'une part à la multiplicité des sources de biomasse valorisables (forêts, agriculture et élevage, industries agroalimentaires, déchets urbains) créant une concurrence parfois asymétrique, et d'autre part aux modèles technologiques (extensifs/intensifs) et d'affaires (capitaux et coûts) majoritairement en phase de test et donc encore non maîtrisés.

Pourtant, les applications des microalgues sont multiples et ouvrent de nouveaux marchés⁷ :

- En agriculture (fertilisants et produits de traitement phyto et zoo-sanitaires « SDN » /simulateurs de défenses naturelles biosourcés et phytohormones en substitution aux molécules de synthèse), le marché est en croissance rapide en accompagnement du développement des productions « bio » dans le monde entier et dans un contexte global de demande de réduction des intrants chimiques (Zéro Phyto, etc). D'autre part le secteur artisanal agri-algal combinant production agricole et de microalgues est un modèle correspondant bien aux critères du développement durable.

- Pour les molécules à haute valeur ajoutée (santé, cosmétique, alimentation)⁸, le marché semble proche de son décollage du fait de la pression des consommateurs en faveur des compléments alimentaires à allégations santé et des produits naturels à connotation « bio » ; ainsi que pour le recyclage des déchets industriels et organiques, en raison d'un bilan économique proche de l'équilibre sous réserve d'incitations réglementaires, en dépit de lourds investissements.
- Pour les autres applications (protéines pour l'alimentation animale de complément, notamment en aquaculture), le marché est réceptif sous réserve des aspects sanitaires, réglementaires et des volumes demandés. Quant aux biocarburants, l'horizon de développement apparaît plus lointain (10 à 30 ans). Les produits visés (alimentation et énergie) font l'objet d'une production de masse et/ou de marchés spéculatifs actuellement déprimés (céréales, oléoprotéagineux, pétrole) qui peuvent limiter leur expansion.

Microalgues en Méditerranée: un potentiel insuffisamment exploité

Les informations sur la production, la transformation et la commercialisation des microalgues et de leurs dérivés sont insuffisantes et fragmentaires en ce qui concerne les pays méditerranéens, notamment les PSEM.

Compte tenu de la rareté des ressources en biomasse, d'un ensoleillement exceptionnel et de l'importance des surfaces maritimes et lagunaires, les microalgues pourraient constituer une opportunité dans la région méditerranéenne, mais ne répondraient qu'indirectement et marginalement au défi de la sécurité alimentaire. En effet, la sécurité alimentaire durable suppose une production locale de qualité, en quantité suffisante (principe de souveraineté alimentaire). Or les microalgues ne peuvent prétendre à une production alimentaire abondante, car elles ne sont pas compétitives par rapport aux sources de protéines végétales telles que les légumineuses indigènes et la domination du soja.

6 Muller-Feuga A., 2013, *Microalgae for Aquaculture: The Current Global Situation and Future Trends*, in *Handbook of Microalgae Culture*, Second Edition, Amos Richmond and Qiang Hu, John Wiley & Sons Ltd, Blackwell Publishing Ltd, London: 613-625

7 Verdelho Vieira V., 2015, *Microalgues Production Business in Europe 2015*, Algae Europe, EABA, Lisbon, 1-3 december

8 Mimouni V., Ulmann L., Pasquet V., Mathieu M., Picot L., Bougaran G., Cadoret J.-P., Morant-Manceau A., Schoefs B., 2012, *The Potential of Microalgae for the Production of Bioactive Molecules of Pharmaceutical Interest*, *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13, 2733-2750

Le même raisonnement concerne les biocarburants algaux. Par contre, les microalgues conviennent pour des situations de graves carences alimentaires ponctuelles en produits nutritionnels d'urgence. En effet, la haute teneur en protéines et en micronutriments (vitamines, métaux) des microalgues (par exemple, comprimés de spiruline) permet de spectaculaires thérapies de dénutrition prononcée, notamment chez les enfants. Dans toutes leurs autres applications, les microalgues sont pertinentes dans le bassin méditerranéen : dépollution, agriculture, ingrédients pour l'alimentation humaine, animale, la cosmétique, alicaments.

C'est pourquoi il convient d'appréhender de manière pragmatique le marché croissant et prédominant de la spiruline dans les PSEM, qui comptent plusieurs producteurs et qui visent, pour certains, à articuler défis alimentaires, environnementaux, sociaux et agricoles. C'est le cas, par exemple, d'Atlas Spiruline, née d'un partenariat avec l'association française TAMOUNTE, basée à Avignon et Spiruline Vitalgue. Lancé en 2010, ce projet collectif souhaitait redynamiser le pôle agricole en place au Maroc dans le village de Zaouit Sidi Ahmed, à 20 km de Ouarzazate, en créant de nouveaux emplois locaux.

Dès lors, encourager le développement du secteur des microalgues en Méditerranée va de pair avec la définition de modèles économiques novateurs et adaptés aux contraintes géographiques de la région qui présentent une configuration dichotomique en fonction du milieu :

- d'un côté, des mégapoles côtières insérées dans un espace industriel et des infrastructures denses, avec un marché prometteur pour la dépollution et la commercialisation de co-produits à haute valeur ajoutée ;
- de l'autre, un espace rural souvent enclavé et sous-équipé, qu'il s'agit de revitaliser en tenant compte du potentiel multifonctionnel de l'agriculture méditerranéenne.

Or, dans le dernier cas, ce nouveau modèle économique pourrait être fondé sur le concept de « bioéconomie circulaire territorialisée » et son socle serait alors l'agriculture familiale mise en réseau avec son amont et son aval en s'appuyant sur des capteurs et des plateformes de mutualisation de connaissances, d'intrants et de canaux logistiques. Les microalgues élevées sur les bases de procédés robustes pourraient jouer un rôle important de gestion de déchets et de source de co-produits énergétiques et alimentaires à haute valeur ajoutée. A l'image du schéma préconisé pour la région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) en France, le développement de la filière microalgues en Méditerranée pourrait également prioriser le modèle artisanal des spiruliniers dans un schéma agri-algal, avec une labellisation bio, en raison de son impact sur le développement territorial en zone rurale⁹.

Cependant, le développement de filières microalgales dans les pays méditerranéens suppose la définition de stratégies nationales coordonnées au-delà des frontières au niveau régional euro-méditerranéen et des dispositifs adaptés aux besoins locaux dans la chaîne des savoirs (R&D, formation), les entreprises et le secteur public. Des initiatives tels que la création d'un consortium de laboratoires dans les pays méditerranéens, le lancement d'un observatoire et d'une plateforme collaborative sur les entreprises microalgales en Méditerranée, le montage d'un cluster de « bioéconomie microalgale circulaire territorialisée » dans un pays méditerranéen, l'incitation au montage de filières de co-production euro-méditerranéenne pourraient ainsi permettre aux acteurs des deux rives de tirer pleinement profit de cette nouvelle source de « croissance verte ».

Bibliographie / Pour plus d'information

Cet article reprend des éléments de l'étude de l'IPEMED intitulée « Le secteur des micro-algues en Méditerranée : Perspectives et contribution au développement durable », conduite par Jean-Louis RASTOIN en 2016 et coordonnée par Kelly ROBIN. Ce rapport est disponible dans la collection Études & Analyses et librement consultable sur le site de l'IPEMED : www.ipemed.coop.

⁹ Lerat Y., Sassi J.-F., Attia G., 2014, *Action microalgues en région Provence-Alpes-Côte d'Azur*, Pôle Mer Méditerranée, Trimatec, Marseille