

Panel Biocarburant

Cercle Royal Gaulois

19 janvier, 2009

L. Demiddeleer

eco-solution



Potentiel Industriel des Micro-Algues

1. Introduction

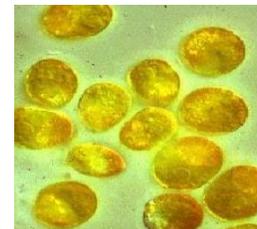
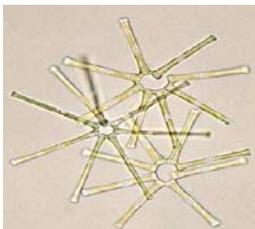
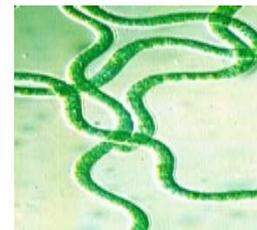
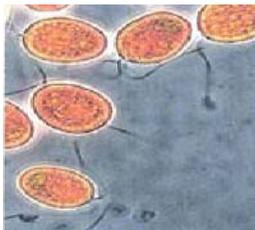
2. La culture industrielle des micro-algues

3. Les applications industrielles actuelles

4. Les enjeux de la R&D

5. Conclusions

- 40 000 espèces, dont 100 étudiées et une dizaine exploitée
- Famille comprenant des micro-organismes eucaryotes uni ou oligo-cellulaires, des cyanobactéries (Spiruline) et autres bactéries photosynthétiques
- Développement dans des conditions de culture simples (eau, sels et nutriments) à partir du gaz carbonique atmosphérique et d'une source d'énergie lumineuse (photosynthèse)



- Cette biodiversité micro-algale élargie est une réelle opportunité pour découvrir de nouvelles molécules d'intérêt et de nouvelles applications industrielles

- Rendement photosynthétique beaucoup plus élevé que celui des plantes terrestres
- Rendement de croissance à l'hectare supérieur à celui des plantes terrestres (doublement de la biomasse en 24 h)
- Pas de compétition avec l'approvisionnement alimentaire
- Utilisation possible d'une source de CO₂ industrielle pour la culture de micro-algues
- Possibilité de récolte en continu
- Pas d'apports de produits phytosanitaires
- Impact faible sur les ressources en eau fraîche, utilisation possible d'eau de mer et d'eaux usées
- Nombreux sous-produits valorisables: pigments, lipides, protéines...
- Production à partir de micro-algues de « building-blocks » pour l'industrie chimique

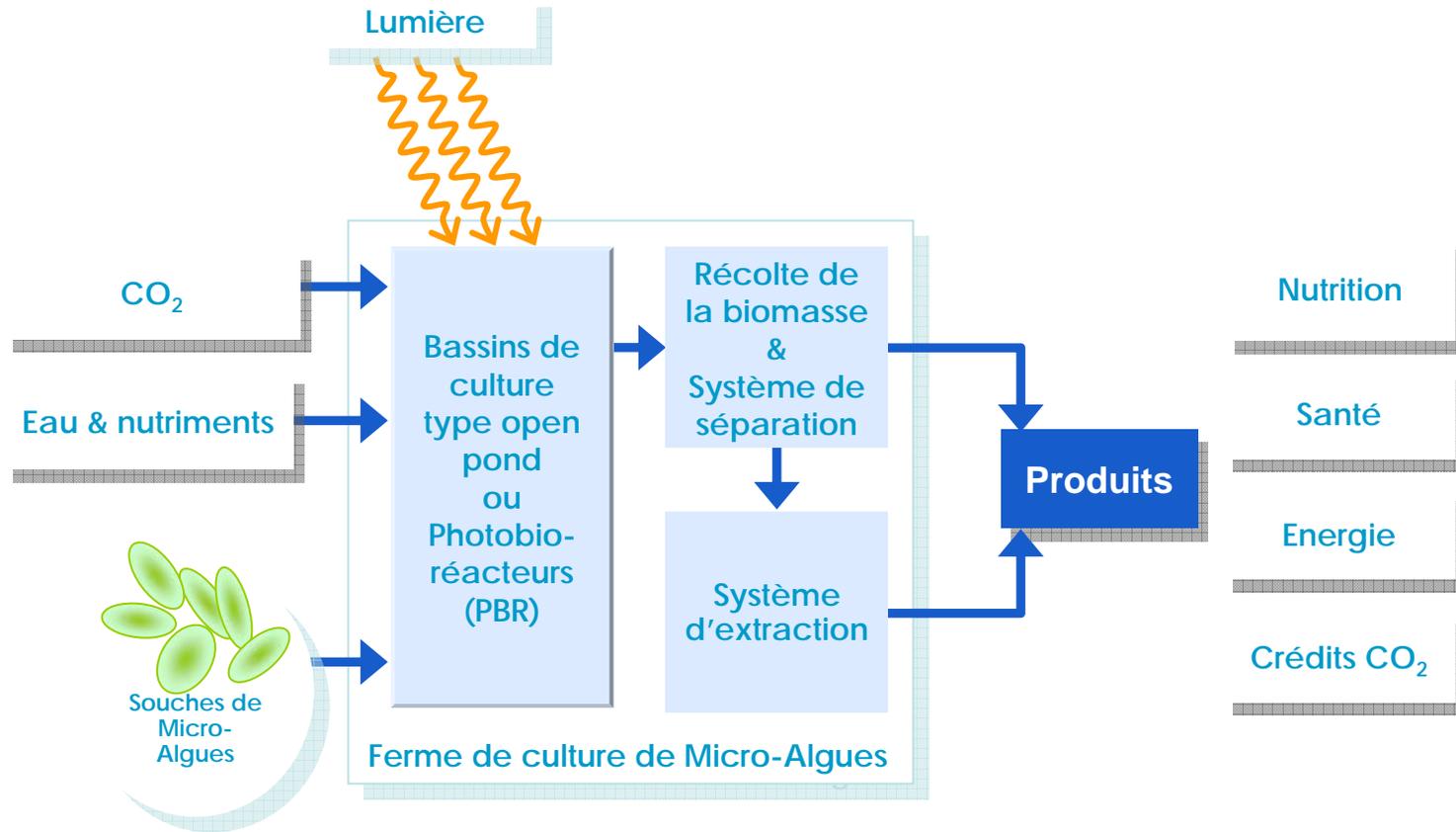
1. Introduction

2. La culture industrielle des micro-algues

3. Les applications industrielles actuelles

4. Les enjeux de la R&D

5. Conclusions



Systèmes ouverts type open pond

Avantages

- Faibles investissements
- Faibles coûts d'exploitation
- Technologie simple
- Exploitation actuelle à grande échelle
- Volumes importants

Inconvénients

- Grandes surfaces nécessaires
- Sensible aux conditions climatiques
- Exposé à des influences externes; besoin en souches robustes



Systèmes confinés type photobioréacteurs

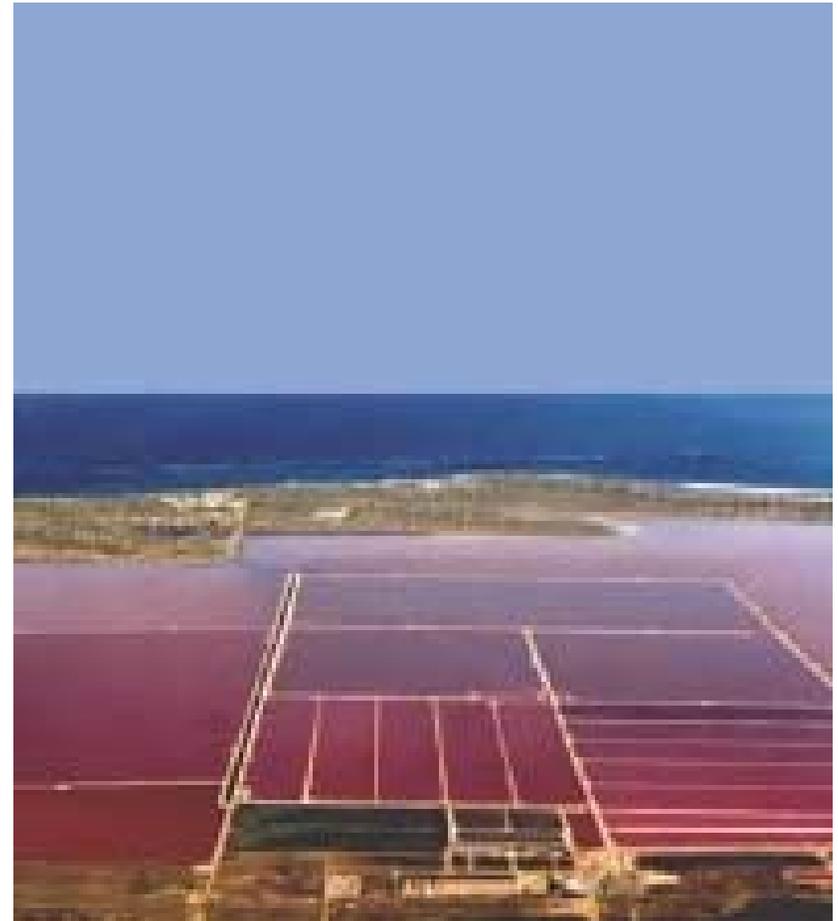
Avantages

- Productivité élevée
- Possibilité de cultiver des souches sensibles
- Installation compacte permet le couplage avec émetteur de CO₂

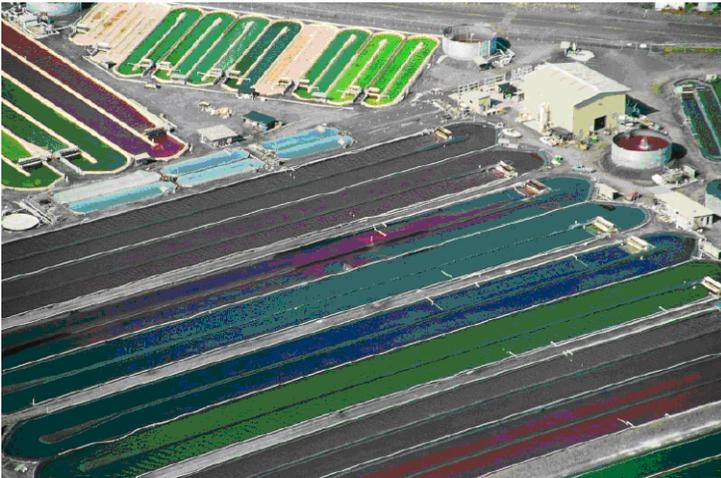
Inconvénients

- Investissements élevés
- Coûts d'exploitation élevés
- Technologie complexe
- Peu d'exploitation à grande échelle
- Volumes faibles/modérés





➤ Production de β -carotène à partir de *Dunaliella salina* en open pond non agité (faible productivité)



➤ Open ponds agités par roue à aube: principaux systèmes utilisés



➤ Photobioréacteurs (tubulaires ou en sacs) pour la culture intensive de micro-algues

1. Introduction

2. La culture industrielle des micro-algues

3. Les applications industrielles actuelles

4. Les enjeux de la R&D

5. Conclusions

Les pigments caroténoïdes

- Marché mondial 2007: 988 millions US \$, croissance annuelle > 3%
- Drivers du marché: vieillissement de la population, allégations bien-être et santé des produits, remplacement des produits de synthèse par des produits naturels
- Molécules cibles pouvant être apportées par les micro-algues: astaxanthine, β -carotène, lutéine, canthaxanthine ...

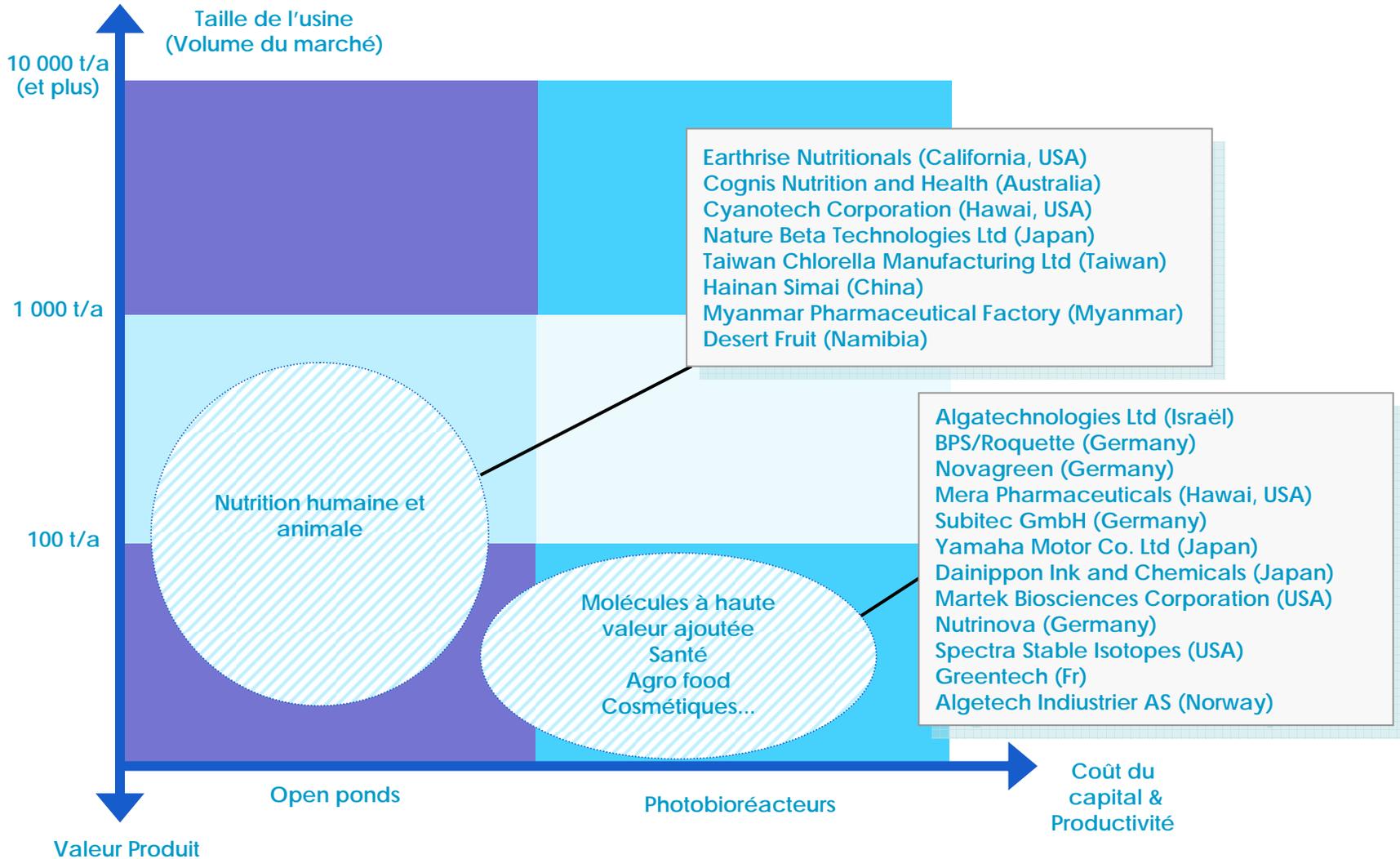
Les oméga-3

- Marché mondial 2007: 700 millions US \$, croissance annuelle > 20% ; oméga-3 issus à 85% d'huiles de poissons marins
- Drivers du marché: allégations nutrition/santé et l'absence de sources d'approvisionnement pour les 5 ans à venir
- Molécules cibles: DHA, EPA...

Les micro-éléments

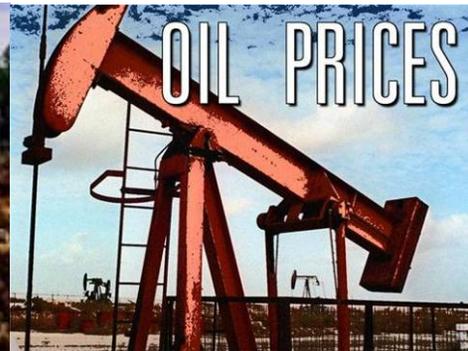
- Marché mondial 2007: micro-algues enrichies en Sélénium > 200 millions US \$
- Drivers du marché: allégations nutrition/santé (anti-vieillessement), nutrition animale
- Cibles: Sélénium...

Les acteurs industriels



Des questions économiques et politiques conduisent à la recherche d'un carburant de troisième génération

- Cible de l'UE pour les carburants renouvelables dédiés au transport: 10% de la consommation totale à atteindre en 2020 vs 2% en 2008
- Baisse des réserves de pétrole, demande croissante, volatilité des cours
- Biocarburants de première génération (agricoles) ont provoqué une hausse considérable du prix des matières premières et des denrées alimentaires
- Prix compétitifs des huiles micro-algales par rapport aux autres huiles végétales
- Améliorations à venir par levée des limitations biologiques et technologiques



Productivité lipidique des micro-algues supérieure à celle des cultures terrestres classiques

| Culture | Rendement en huile litres/hectare/an |
|--|---|
| Maïs | 168 |
| Coton | 327 |
| Soja | 449 |
| Graine de moutarde | 571 |
| Tournesol | 954 |
| Colza | 1188 |
| Jatropha | 1889 |
| Huile de palme | 5940 |
| Micro-algues « open pond » (20 g/m ² /jour à 15% lipides) | 11225 |
| Micro-algues « PBR » (50 g/m ² /jour à 50% lipides) | 93540 |

➤ Existence d'un marché structuré concernant les huiles

Production de biomasse micro-algale et réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)

- Protocole de Kyoto entré en vigueur en 2005: objectif de réduction de 20% par rapport à 1990, des émissions de gaz à effet de serre (dont CO₂) à l'horizon 2020
- Taux de biofixation du CO₂ par les micro-algues: 1 tonne de micro-algues permet de fixer environ 2 tonnes de CO₂
- En considérant une productivité réaliste de 50 t_{biomasse}/ha/an en open-pond, les émissions de CO₂ compensées seraient de 100 t_{CO2}/ha/an
- Obtention de crédits de CO₂ par la culture industrielle de micro-algues et la valorisation du product mix
- Existence d'un marché structuré du CO₂ émis (Pownext[®] Carbon)

- A2BE Carbon Capture
- Algaelink
- Algoil
- Aquaflow Binomic Corporation
- Aquaflow Bionomics
- Aquatic Energy
- Aurora Biofuels
- Blue Marble Energy
- Bionavitas
- Circle Biodiesel & Ethanol Corporation
- Enhanced Biofuels & technologies
- GreenFuel Technologies
- Greenshift

- Green Star Products
- Infinifuel Biodiesel
- Inventure Chemical
- LiveFuels
- OriginOil
- PetroAlgae
- PetroSun
- Seambiotic
- Solazyme
- Solena Group
- Solix Biofuels
- Texas Clean Fuels
- Valcent Products
- Vertical Algae Biofuel Growing ...

➤ Parmi ces sociétés, nombreuses sont celles qui disposent d'une expertise technique limitée, et peu d'entre elles ont déjà produit du biocarburant à partir de micro-algues

➤ *Beaucoup de sociétés en démarrage à observer avec discernement ...*

Contexte scientifique

- Certaines micro-algues sont capables de produire de l'hydrogène à partir de l'énergie solaire en utilisant l'eau comme donneur d'électrons et de protons. Les électrons mobilisés lors de la photosynthèse sont utilisés par une hydrogénase, enzyme capable de réduire les protons et de produire de l'hydrogène moléculaire

Limite biologique

- La principale limite réside dans l'inhibition de l'hydrogénase par l'oxygène dégagé en parallèle par la photosynthèse; ceci provoque un arrêt rapide de production d'hydrogène

Axes de recherche

- Sélection d'hydrogénases résistantes à l'oxygène
- Séparation temporelle des phases oxygénique (productrice de composés de réserve organiques) et anaérobie (productrice d'hydrogène)

1. Introduction

2. La culture industrielle des micro-algues

3. Les applications industrielles actuelles

4. Les enjeux de la R&D

5. Conclusions

Enjeux biologiques

- Screening à grande échelle de la biodiversité micro-algale (30.000 espèces)
- Augmentation de la productivité de biomasse à l'hectare (t/ha/an) par amélioration de la vitesse de division
- Augmentation de la robustesse des cultures de micro-algues en systèmes ouverts: contaminations, paramètres physico-chimiques, photo-inhibition, réduction de la fréquence de ré-ensemencement
- Augmentation de l'accumulation de molécules d'intérêts

Enjeux technologiques

- Augmentation de l'efficacité énergétique des procédés de culture
- Développement des technologies « low cost » de culture des micro-algues
- Réduction des coûts associés à la captation du CO₂ en sortie de cheminée industrielle

Enjeux financiers

1. Introduction

2. La culture industrielle des micro-algues

3. Les applications industrielles actuelles

4. Les enjeux de la R&D

5. Conclusions

- Les micro-algues ont un potentiel énorme tant dans le domaine de la nutrition/santé, des biocarburants que dans celui de l'hydrogène
- La culture des micro-algues est le début de la révélation d'une richesse naturelle: seulement 10 souches exploitées sur 30 000
- Les micro-algues ne sont pas en compétition avec les ressources agricoles
- La réussite des développements dans le domaine nécessite des investissements importants

Merci de votre attention