ANCRE

Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie

CVT - Consortium de Valorisation Thématique

Biomasse algale pour l'énergie

Rapport confidentiel

Mars 2015

AVERTISSEMENT

La reproduction ou la présentation publique à des fins professionnelles, même partielle par quelque procédé que ce soit, est strictement interdite sans l'autorisation du directeur du CVT Ancre.

La reproduction de cette étude et/ou le transfert de fichier à des tiers sont interdits en respect du code de la propriété intellectuelle. Cette étude est strictement réservée au titulaire de la commande.

Le titulaire de la commande s'engage à indiquer systématiquement la source « CVT Ancre – Etude : nom de l'étude » sur tout contenu repris du document .

Biomasse microalgale pour l'énergie

Partie A: Panorama brevets et publications

Rapport final

(Confidentiel)

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Réalisation: CNRS, FIST SA,Tech2Market

SOMMAIRE ETUDE STRATEGIQUE

PARTIE A : Panorama brevets et publications
- Introduction de l'étude stratégique
- Synthèse (document séparé)

A.1: Panorama des brevets
A.2: Panorama des publications
A.3: Comparaison panorama brevets/panorama publications

- Annexe Partie A: Informations diverses

……

PARTIE B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.1: Chaîne de valeur
B.2: Focus France
B.3: Programmes et sociétés hors France (voir aussi Partie C.2)
B.4: Résumé des plateformes académiques/ industrielles
B.5: Organisations

……

PARTIE C: Eléments de marché

C.1: Marché des microalgues
C.2: Positionnement du marché des biocarburants de 3ème génération
C.3: Aspects contractuels et financiers

Introduction de l'étude stratégique

Objectifs

- **Cette étude stratégique du Consortium de Valorisation Thématique (CVT) de l'Ancre, vise à répondre aux besoins du Groupe Programmatique 1 (Energies issues de la biomasse).**

Les objectifs de l'étude sont les suivants:

- **caractériser les forces R&D impliquées dans le domaine aux niveaux français, européen voire mondial et les projets collaboratifs ;**
- **recenser les industriels, acteurs majeurs de la thématique;**
- **identifier les freins et les moteurs dans le développement d'installations de productions d'algo-carburants,**
- **mieux cerner les opportunités pour améliorer la viabilité économique de la filière**

Pilote CNRS
- **Etude bibliométrique: CNRS (INSIT)**
- **Etude panorama brevets : FIST SA**
- **Benchmark international : Tech2Market**
- **Comité de projet de l'étude et GP1 ANCRE**

Introduction

Biocarburants : générations 1, 2, 3

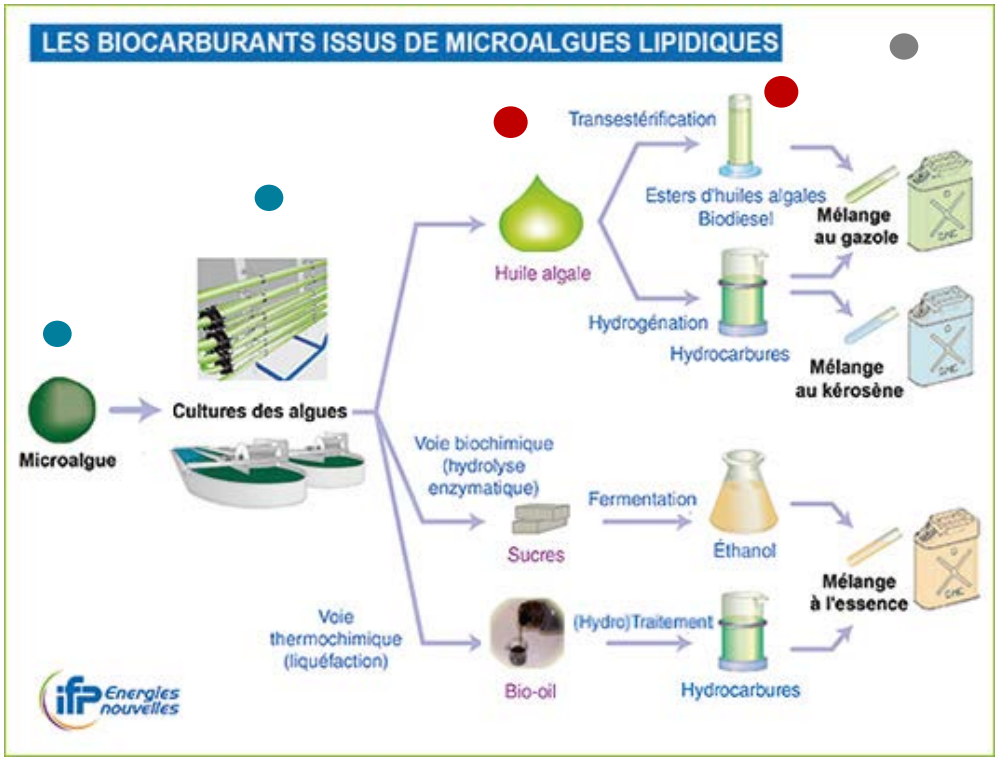
- **Génération 1 : amidon, sucres, lipides**
- **Génération 2 : cellulose, hémicellulose, lignine**
- **Génération 3 : microalgues (y compris cyanobactéries)**

Pourquoi les microalgues :

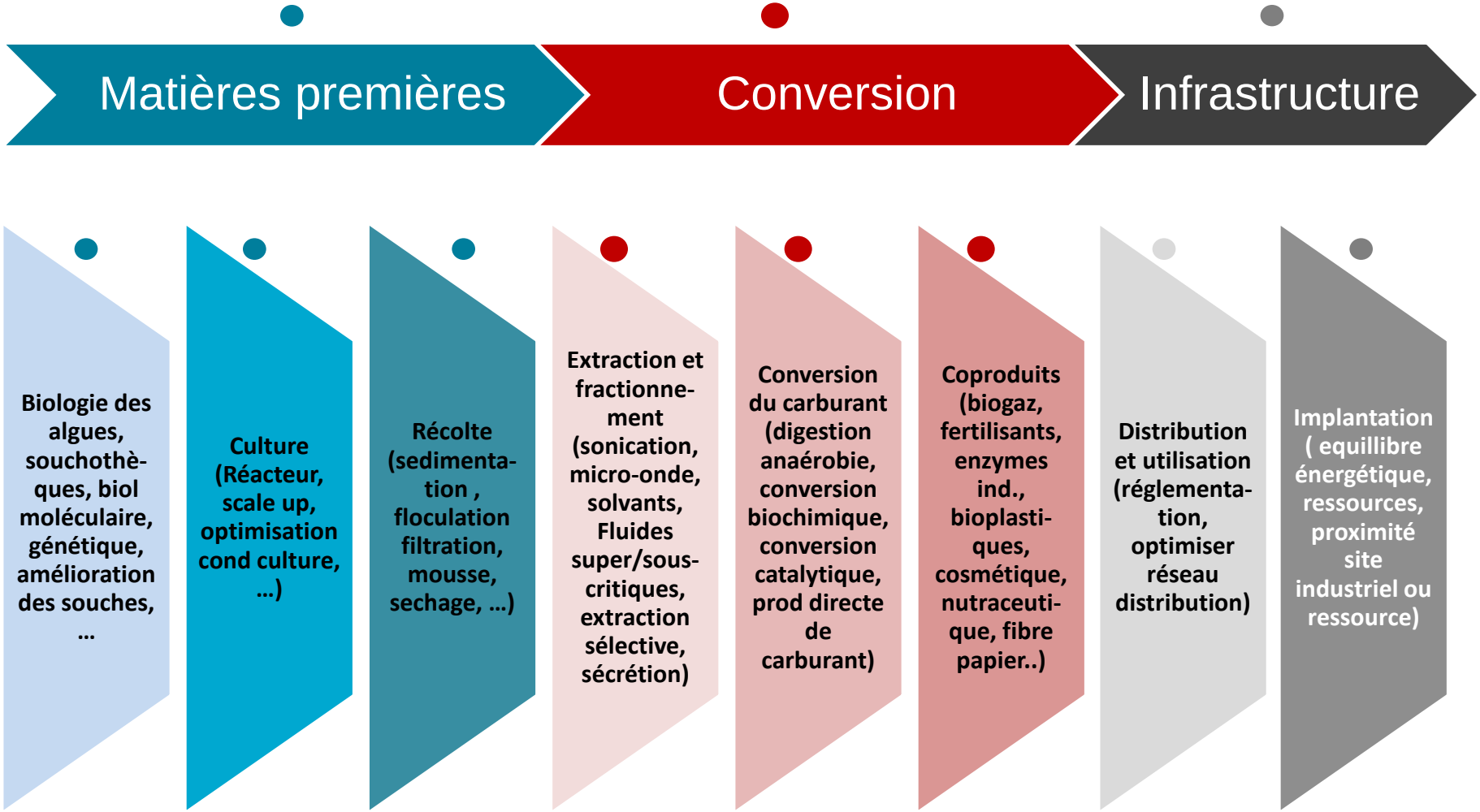
- **productivité élevée (50-70 t/ha/an contre 10 à 30 pour les végétaux);**

- **large diversité de souches non totalement explorée**

- **Nombreux coproduits valorisables**



Chaine de valeurs détaillée



Synthèse du rapport final

- **Voir document séparé**

Biomasse microalgale pour l'énergie

Partie A: Panorama des brevets et publications

A.1 Panorama des brevets

Réalisation: FIST SA

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Disclaimer

The data in this study is provided for information purposes only. Although the objective is to communicate accurate up to date information, FIST SA cannot guarantee the outcome and any damages that could result and cannot be held responsible in any way for uses made of this information. The use or the reproduction of all or part of this document is prohibited without the prior agreement of FIST SA.
For full details on the conditions governing the use of this study, please refer to the general sales terms and conditions in force.
FRINNOV is a trade mark of FIST SA.

SOMMAIRE PANORAMA DES BREVETS

A.1.1 Panorama des brevets: domaine des microalgues

- **Méthodologie d'une étude IP OVERVIEW**
- **Données brevets mondiales**
  - Conclusion: Segmentation et positionnement
  - Brevets les plus cités
  - Familles les plus étendues
- **Focus Japon**
- **Focus Chine**
- **Focus USA**
- **Focus Europe**
- **Focus déposants industriels**
- **Focus souches**

A.1.2 Panorama des brevets: Focus microalgues pour l'énergie

- **Statistiques générales**
- **Evolution dans le temps et l'espace**
- **Principaux déposants et inventeurs**
- **Co-dépôts /réseaux par zone géographique**

Partie A: Panorama brevets et publications

A.1 Panorama des brevets

A.1.1 Domaine des microalgues

Réalisation: FIST SA

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

MÉTHODOLOGIE D'UNE ÉTUDE IP OVERVIEW

Methodology

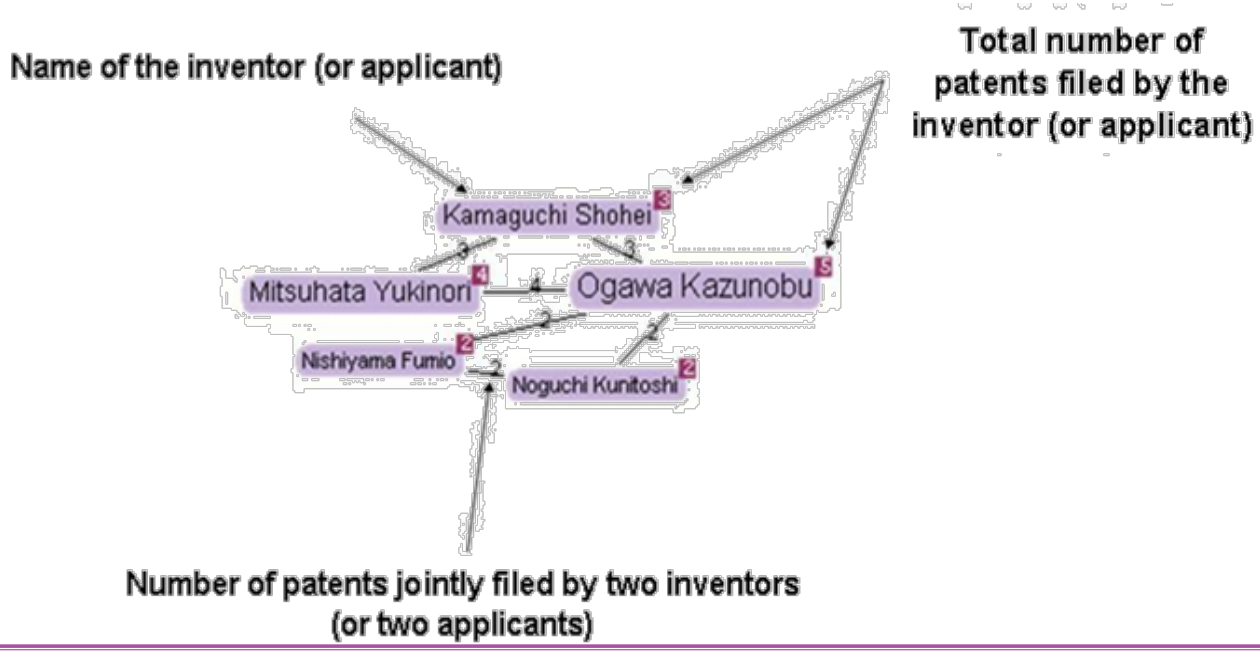
The various patents and patent applications have been extracted either from the FamPat (Questel), Espacenet and USPTO databases or other patent databases. Such databases group together patent applications into families of patents and cover all of the disciplines constituted by documents published by 77 patent offices.

The research methodology used for this study combines conventional Boolean operators (AND, OR and AND NOT) with more complex search operators such as word truncations (in the middle or at the end of the word), search of successions of words and search for several words in the same phrase or paragraph. Keyword searches may be carried out in the titles, summaries and main claims of patents.

The patent search may be limited not just by IPC or ECLA codes or the US classification but also by filing or priority dates.

The processing of raw data and overall statistics was performed using Intellixir software (www.intellixir.com).

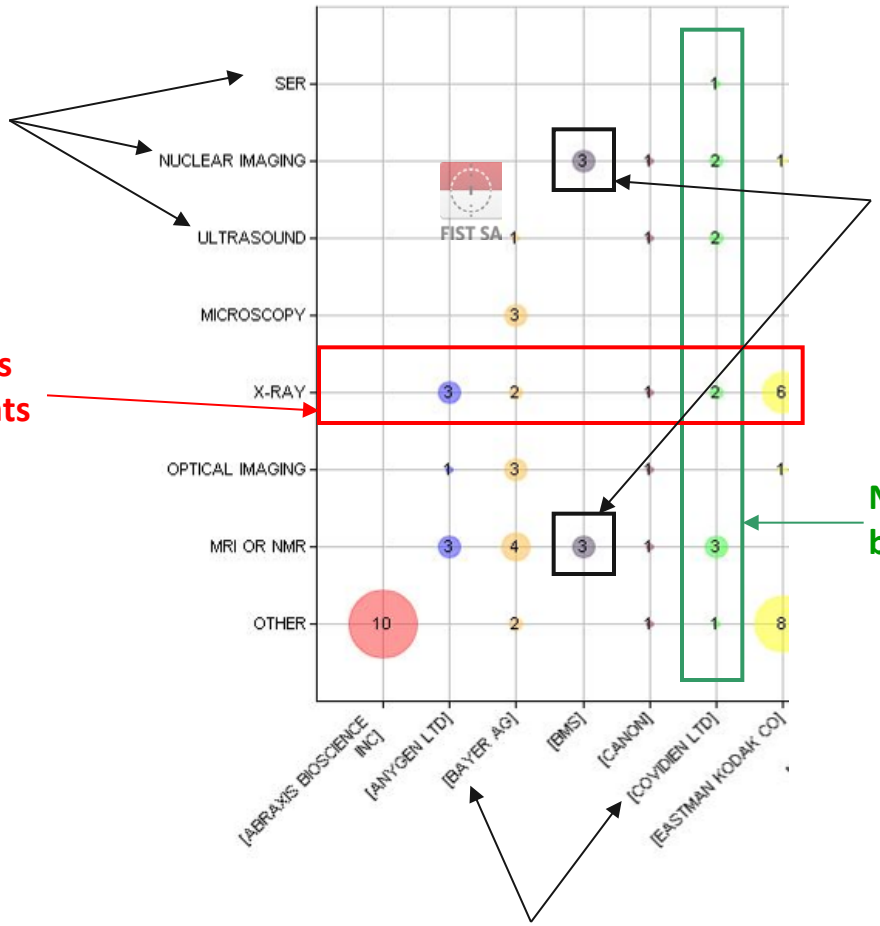
Guide to reading diagrams of inventors or collaborations between applicants:



Méthodologie

Guide to reading diagrams of breakdown by applicants or inventors:

Categories of the breakdown



Applicants

For example, BMS filed 3 patent families claiming nuclear imaging and 3 patent families claiming MRI or NMR

Number of patent families filed by different applicants on specific thematics

Number of patent families filed by a company for each category

Industrial property terminology

Patent family: *all the documents having at least one priority in common belong to the same INPADOC patent family and strictly the same priority belong to the same FamPAT patent family.*

Patent publication: *patent applications are generally published 18 months after the earliest priority date of the application. Prior to that publication, the application is confidential. After publication, depending upon local rules, certain parts of the application file may remain confidential, but it is common for all communications between an Applicant (or his agent) and the patent office to be publicly available.*

Granting: *the procedure for granting patents varies widely between countries according to national laws and international agreements. However, a patent application always includes one, more claims defining the invention which must be new, inventive and useful, industrially applicable.*

PCT (WO): *the Patent Cooperation Treaty (PCT) is an international patent law treaty concluded in 1970. Any contracting state to the Paris Convention for the Protection of Industrial Property (1883) can become a member of the PCT. It provides a unified procedure for filing patent applications to protect inventions in each of its contracting states. A patent application filed under the PCT is called an international application,, PCT application.*

European patent (EP): *the Convention on the Grant of European Patents signed October 5, 1973, commonly known as the European Patent Convention (EPC) and sometimes known as the Munich Convention, is a multilateral treaty instituting the European Patent Organisation and providing an autonomous legal system according to which European patents are granted. The term European patent is used to refer to patents granted under the European Patent Convention. However, after granting, a European patent is not a unitary right, but a group of essentially independent nationally-enforceable patents.*

Eurasian patent (EA): *The Eurasian Patent Organization (EAPO) set up by the Eurasian Patent Convention (EAPC) was signed and ratified by nine countries (Armenia, Azerbaijan, Belarus, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Russian Federation, Tajikistan, Turkmenistan) in 1994 and came into force in 1995. The Convention allows the filing of one patent application in the Russian language with an automatic designation of all Member States. After the grant of a Eurasian Patent, the patentee shall indicate in which Member States he desires to maintain the patent.*

ARIPO (AP): *ARIPO is the African Regional Industrial Property Organization for English-speaking Africa. The Agreement between the member countries (Botswana, Gambia, Ghana, Kenya, Lesotho, Liberia (from 24 March 2010), Malawi, Mozambique, Namibia, Sierra Leone, Sudan, Swaziland, Tanzania, Uganda, Zambia, and Zimbabwe) was signed on December 9, 1976. A protection can alternatively be obtained on an individual basis in any of these countries via a national application in such country.*

OAPI (OA): *OAPI is the African Intellectual Property Organization for French-speaking Africa. The Agreement between the member countries (Benin, Burkina Faso, Cameroon, Central African Republic, Chad, Congo, Equatorial Guinea, Gabon, Guinea, Guinea Bissau, Ivory Coast, Mali, Mauritania, Niger, Senegal, and Togo) was signed on September 13, 1962. It is not possible to obtain protection in any of these countries other than by way of an OAPI application.*

Constitution de la base Microalgue: Méthodologie

- Cette base a été construite en se basant principalement sur la chaine de transformation des microalgues en produits d'intérêts.
- Il a été convenu avec les experts du CVT que le périmètre couvre l'ensemble de la chaine de valeur relative au domaine des microalgues. Ce qui veut dire en termes techniques, que la base de brevets constituée couvre l'ensemble des brevets ou familles de brevets qui revendiquent des microalgues (identification, modification, production, transformation et utilisation quelle qu'elle soit).
- Quatre stratégies de recherche ont été adoptées:
  - Une première recherche basée sur les souches identifiées et validées par les partenaires
  - Un deuxième recherche axée sur les méthodes de production et de culture
  - Une troisième recherche relative aux procédés de transformations des microalgues
  - La quatrième recherche concerne l'identification et la constitution des portefeuilles de brevets de certains acteurs du domaine
- Ci-après la série de requêtes illustrant ces stratégies:

Constitution de la base Microalgue: Méthodologie

- **Requête 1:**
- ***A partir de la littérature et de l'input des experts du CVT, nous avons identifié une liste de souches, sur laquelle nous nous sommes basés pour constituer le premier pool de brevets. Ci-dessous la requête utilisée:***

- **(ANABAENA OU APHANIZOMENON OU CHLAMYDOMONA+ OU CHLORELLA? OU CRYPTHECODINI+ OU DUNALIELL+ OU EUGLEN+ OU HAEMATOCOCC+ OU ISOCHRYSIS OU KLAMATH OU ODONTELL+ OU NANNOCHLOROPSIS OU NEOCHLORIS OU PAVLOVA OU PHAEDACTYL+ OU PHORMYDIUM OU PRYMNESIUM OU RHODOSURUS OU SCENEDE?MU? OU SCHYZOCHITRI+ OU SKELETONEMA OU SPIROGYRA OU SPIRULINA? OU SYNECHOCCUS OU SYNECHOCYSTIS OU TETRASELMIS OU THALASSIOSIRA (…))/BI/OBJ/CLMS**

- **Requête 2:**
- ***A partir des process de production et de culture identifiés et validés avec les experts, nous avons constitué le deuxième pool à partir de la requête suivante:***

- **((PHOTO_BIOREACT+ OU HETERO_TROPH+ OU +AUTO_TROPH+ OU MIXO_TROPH+ OU EUTROPH+ OU (OPEN_POND?) OU AIRLIFT?)/BI/OBJ/CLMS) OU ((+RACEWAY?) PRG (MICRO_ALGA+ OU MICRO?ALGA+))/BI/OBJ/CLMS**

Constitution de la base Microalgue: Méthodologie

- **Requête 3:**
- ***Pour le troisième pool, nous avons combiné « Microalgues » aux différents procédés de transformation et de récoltes.***

- **Requête 3.1: Harvesting**
- **((Micro_alga+ OU Micro?alga+) PRG (Harvesting OU Filtration OU Centrifugation OU Flocculation OU Sedimentation OU Dewatering OU Flotation OU (Foam fractionning) OU Microstraining OU Magnetic Separation))/BI/OBJ/CLMS**

- **Requête 3.2: Extraction**
- **((Micro_alga+ OU Micro?alga+) PRG ((Expeller press) OU Supercritical OU Microwave OU Cavitation OU ultrasonic OU (Cellular decompression) OU (Wet Treatment) OU (+drying) OU lypolysis OU solvothermal?))/BI/OBJ/CLMS**

- **Requête 3.3: Conversion**
- **((Micro_alga+ OU Micro?alga+) PRG ((Transesterification OU Liquefaction OU solvolysis OU Fermentation OU (Anaerobic digestion) OU Gasification OU Pyrolysis OU Biophotolysis OU Hydroprocessing OU Conversion OU Gasification OU Hydrogenation OU Hydroteating))/BI/OBJ/CLMS**

Constitution de la base Microalgue: Méthodologie

- **Requête 4:**
- ***Le pool 4 est constitué des portefeuilles de brevets d'acteurs du domaine identifiés à travers la littérature***

- **(((SEAO?) OU (GENESIS BIO?FUEL?) OU ALGAETECH OU (BFS BLUE?) OU FERMENTALG? OU ENALGAE OU ECODUNA OU VIRINT OU (SUSTAINANABLE GREEN) OU (CIRCLE CORP+) OU (ALGAE TECH+) OU (BARD AV ALGAE) OU (CELLENA PHOTO+) OU (ALGAE TEC) OU (ALGAE PROD+) OU (MBD ENERG+) OU (ALGENOL BIOFUEL?) OU (AURORA) OU (ORIGIN OIL) OU (SOLAZYME) OU (SAPPHIRE ENERGY) OU (LIVE FUELS) OU (HELIAE ALGAE) OU (BIOPROCESS ALGAE) OU ECO?CAPTURE OU (HDS INTER+) OU (KENT BIOENERGY) OU (OPEN ALGAE) OU (SOLIX BIOFUELS) OU (SYMBIOTIC ENVIROTEK) OU MURADEL OU (ABAN INFRAS+) OU (BEAR OCEANICS) (…))/PA/OWR)**

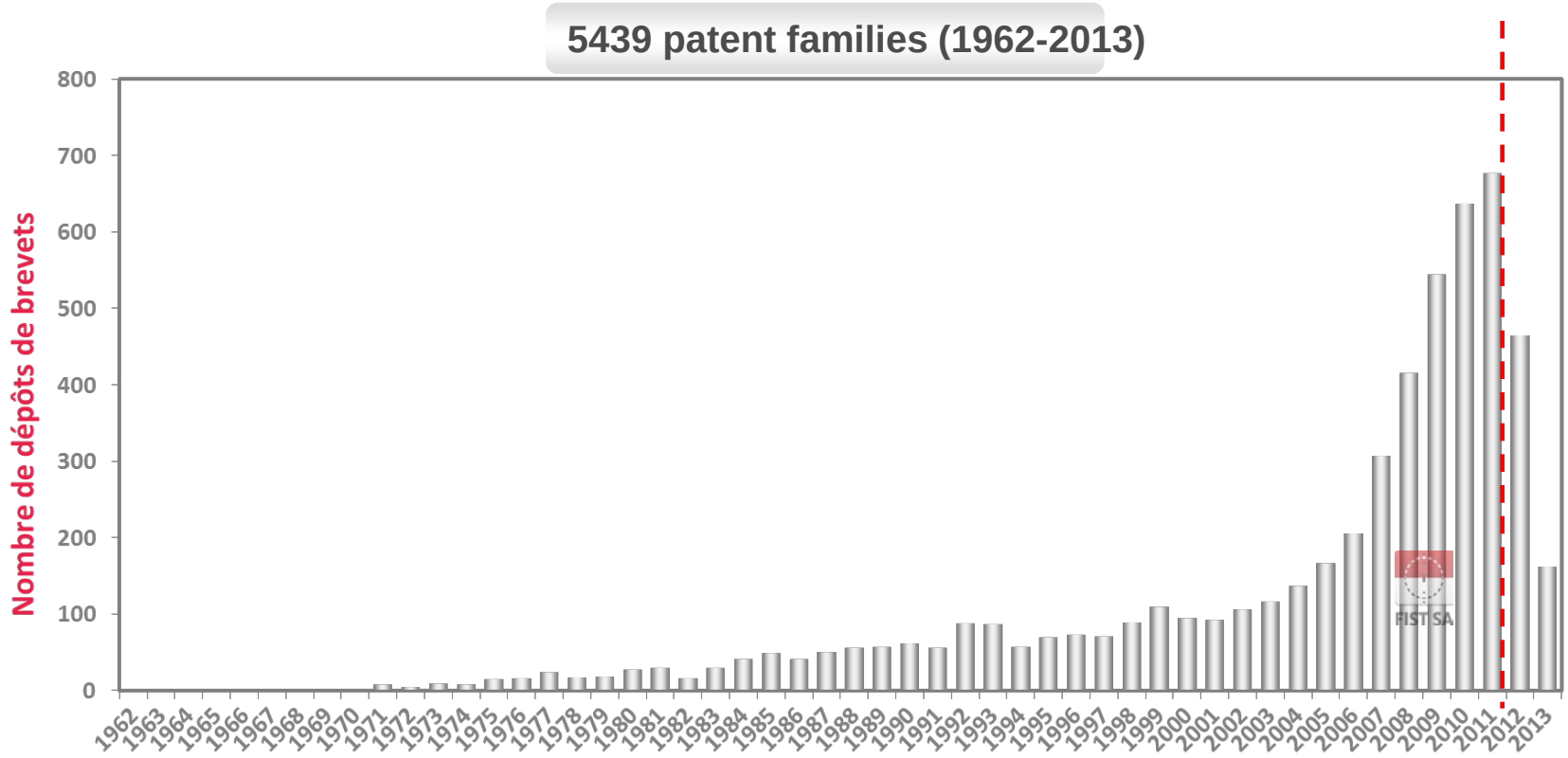
- **Ces 4 pools additionnés nous ont permis de constituer une première base de données comprenant environ 9500 familles de brevets.**

Constitution de la base Microalgue: Méthodologie

- Cependant, lors du point d'avancement, un expert a suggéré de recentrer la base sur trois axes: **procédés de productions et de cultures, modifications génétiques des souches de microalgues, procédés de transformation** en ne tenant pas compte par exemple de l'alimentation animale. Pour se faire nous avons utilisé des codes CIB (A01H, C12M et C12N: photobioréacteurs et modifications génétiques) et des mots clés (photobioréacteurs, medium culture, genetic, gene, sequence, DNA, RNA, +coding, +code, nucleic acid…).
- Ces limitations nous conduisent maintenant à une base constituée par **5439 brevets et familles de brevets**.

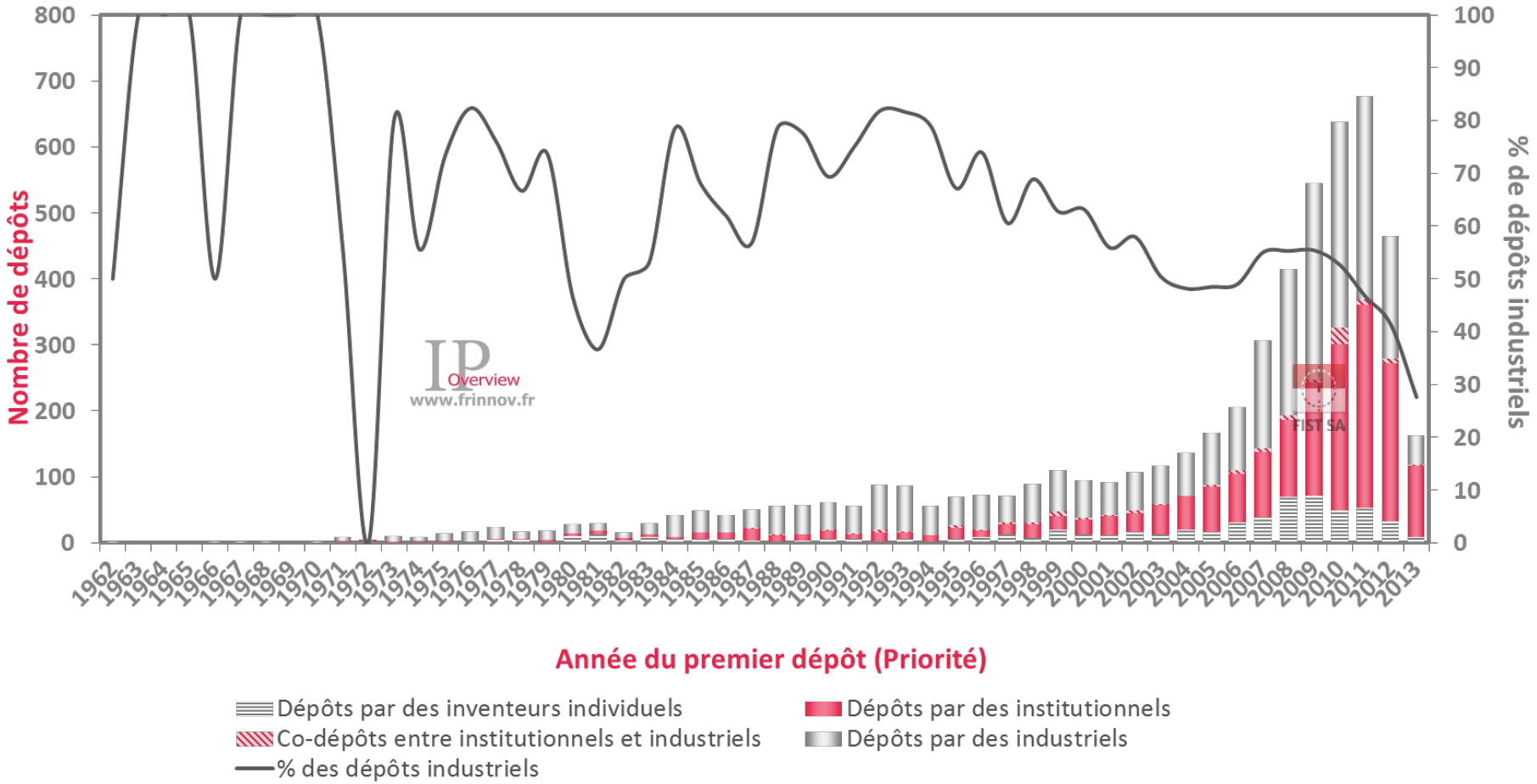
Données brevets mondiales

Evolution des dépôts de brevet (1962-2013)



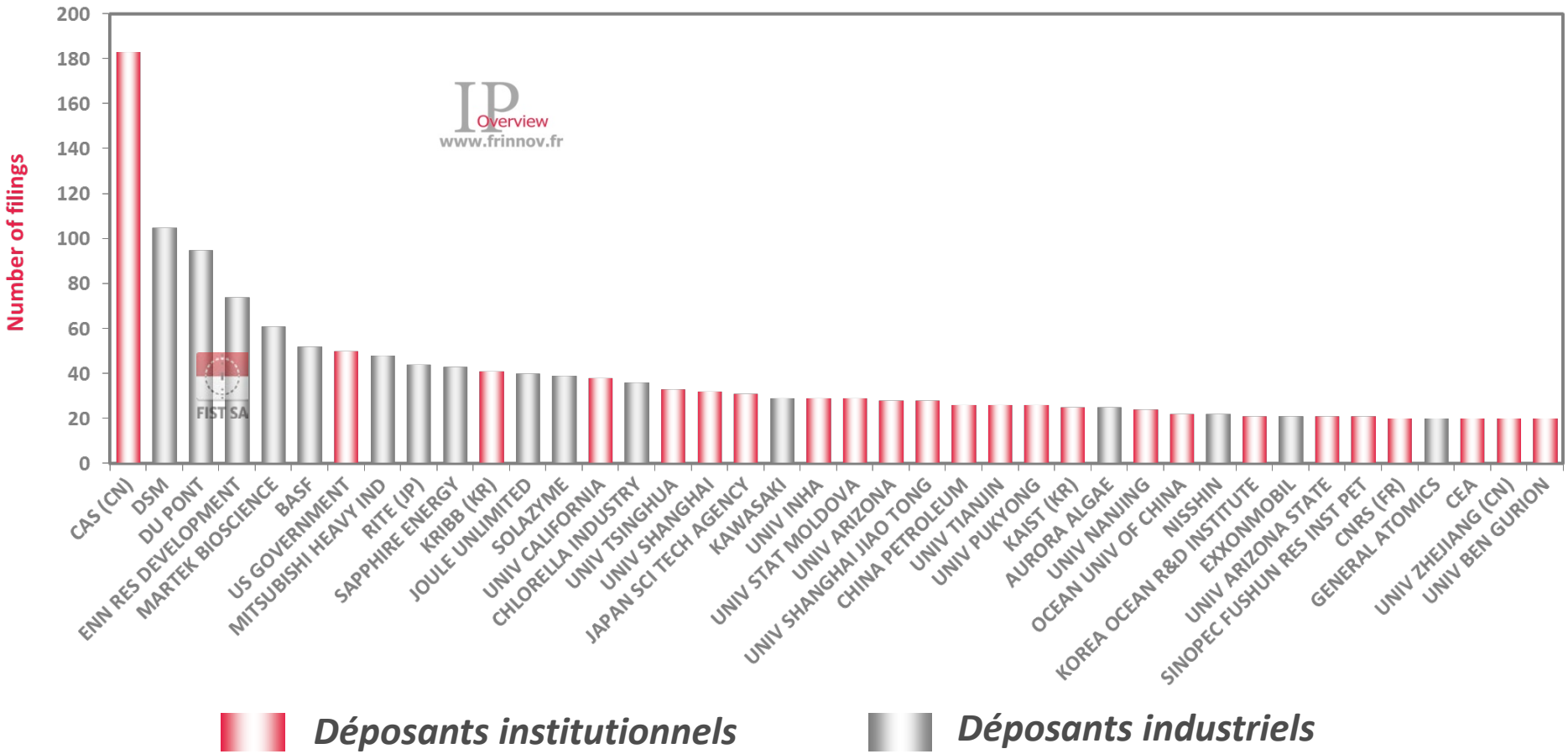
- **Faible taux de dépôts de 1962 à 1990 (environ 3 dépôts/an de 1962 à 1972 et 33 dépôts/an de 1973 à 1991)**
- **Entre 1992 et 2001 le taux de dépôts passe de 33 à 83 dépôts/an, soit une croissance de 150% par rapport à la précédente période (1973 – 1991).**
- **De 2002 à 2006, le nombre de dépôts continue de progresser et passe de 83 à 147 dépôts/an soit une croissance de 77%.**
- **De 2007 à 2011, on assiste à une explosion des dépôts de brevets. En effet, le taux de dépôt passe de 147 à 517 dépôts/an, soit une croissance de 250% par rapport à la précédente période.**
- **Les données de 2012 et 2013 sont incomplètes du fait du délai de publication entre la période de dépôt et la période de publication.**

Evolution des dépôts dans le temps: selon les types de déposants



- **Jusqu'au début des années 2000, on note qu'une faible présence d'acteurs académiques. En effet, plus de 70% des dépôts sont l'œuvre d'acteurs industriels.**
- **A partir de 2000, la part des acteurs académiques commence à progresser et la tendance se renverse même en 2011.**
- **Il convient de noter le faible taux de co-dépôts entre académiques et industriels qui ne représente que moins de 2% de la base.**

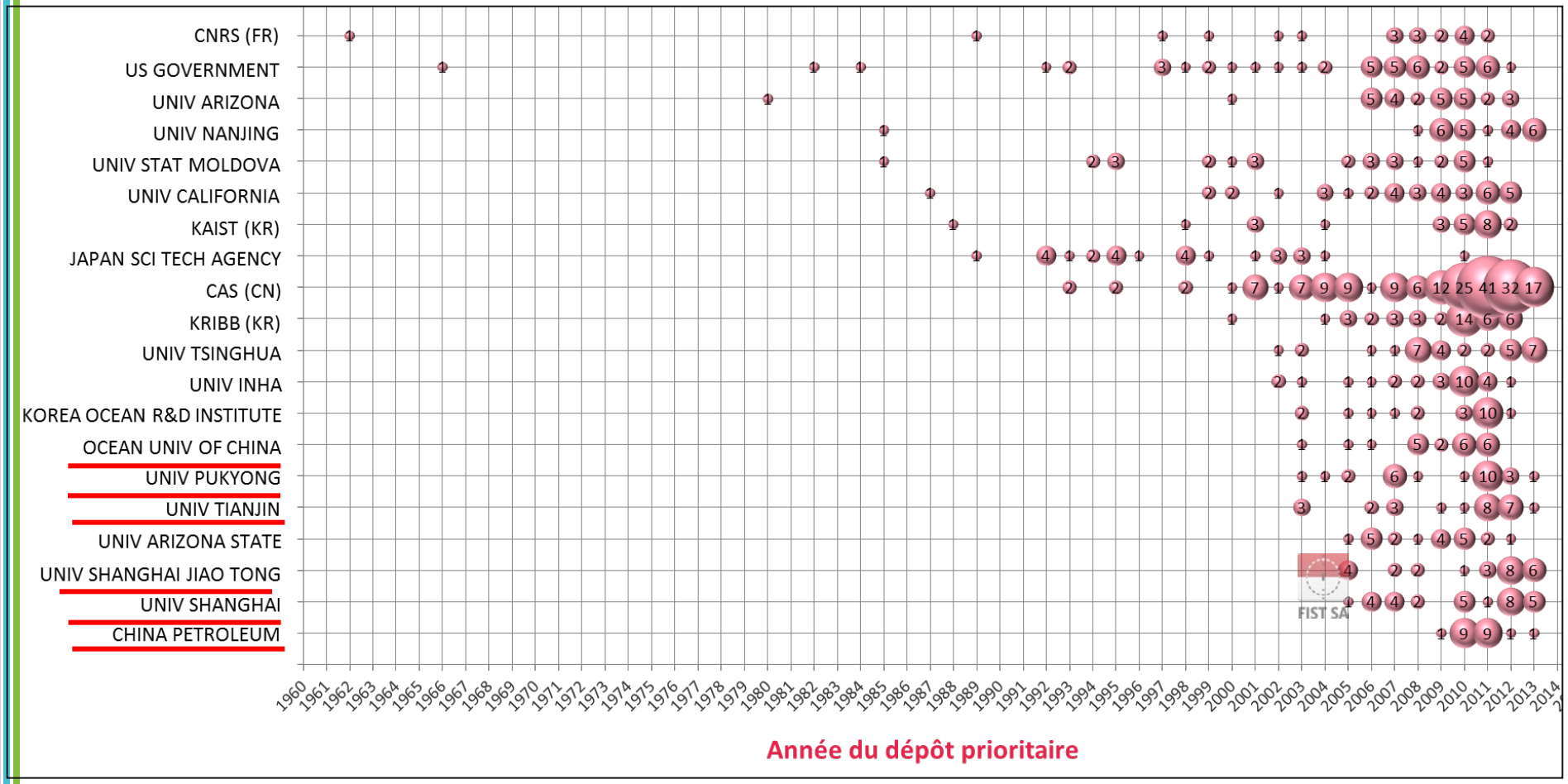
Principaux déposants



Déposants institutionnels *Déposants industriels*

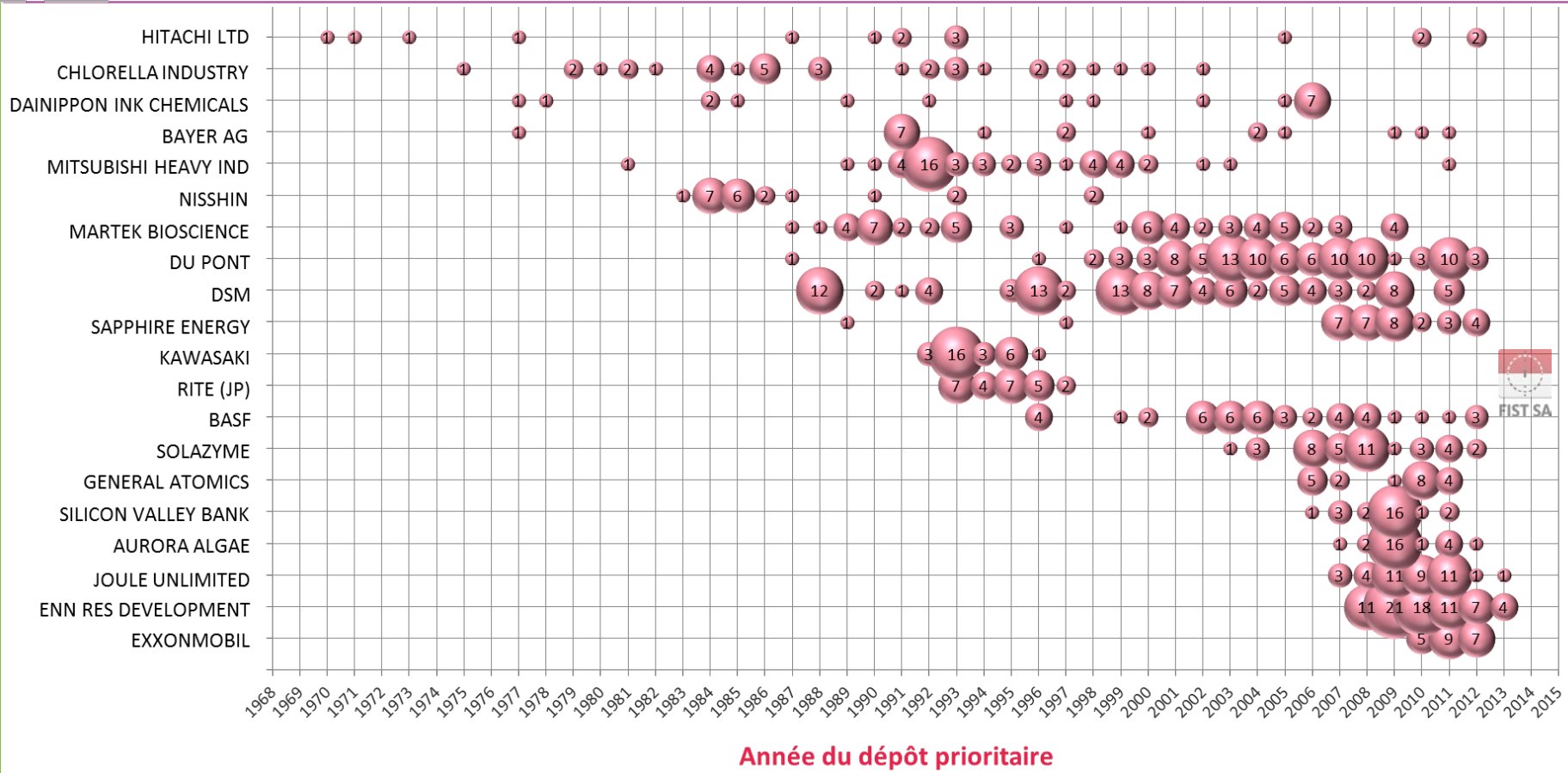
- **On note une forte présence d'acteurs académiques parmi les principaux déposants. En effet, 25 des 40 principaux déposants sont académiques. Des 25 académiques, 10 sont chinois dont le CAS qui est le premier déposant. Les autres académiques sont principalement américains ou japonais.**
- **Concernant les acteurs industriels, on note une bonne présence de grands groupes tels que BASF, DU PONT, MITSUBISHI et EXXONMOBIL. DSM et sa filiale Martek Bioscience, spécialistes en nutrition restent néanmoins les principaux déposants industriels. On note aussi la présence de spécialistes en biocarburants tels que Sapphire Energy, Joule Unlimited, Solazyme et Aurora Algae. Ils sont tous américains.**

Evolution des dépôts dans le temps: Acteurs académiques



Le CNRS semble être le pionnier dans ce domaine. Le premier brevet a été déposé en 1962. Il revendique un procédé de culture d'algues, le Cosmarium lundellii, susceptible de produire des substances mitotiques. Cependant jusqu'en 2006, le CNRS ne procéde qu'à des dépôts ponctuels. Outre le CNRS, le gouvernement américain est aussi un acteur historique.
Globalement, les dépôts académiques explosent à partir de 2005 avec l'entrée des chinois.

Evolution des dépôts dans le temps: Industriels



Année du dépôt prioritaire

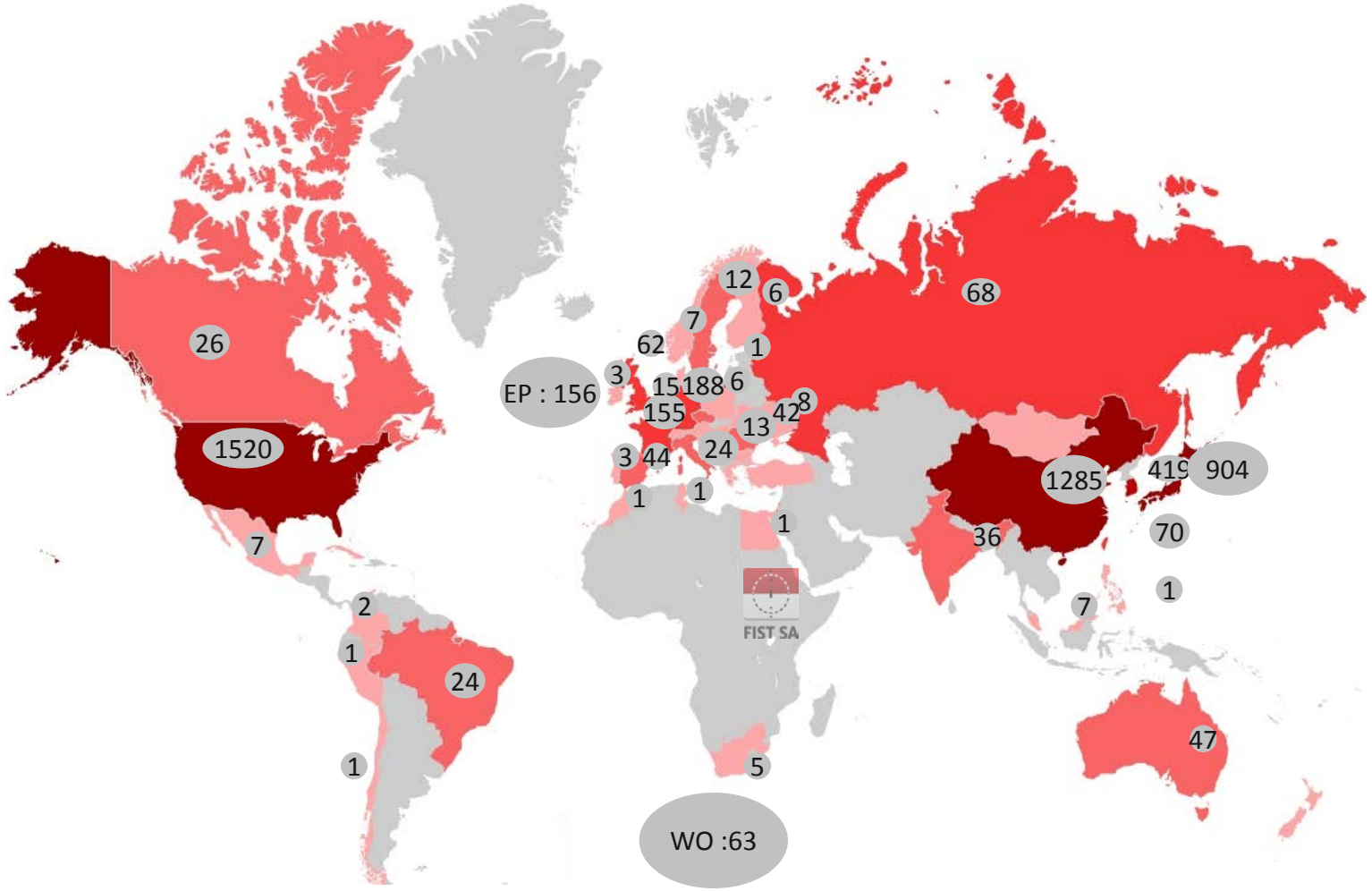
Hitachi semble être le pionnier industriel. Son premier brevet, déposé en 1970, traite d'un process de récupération de protéines obtenues à partir de divers microorganismes dont les microalgues. Outre Hitachi, Chlorella Industry, Dainippon Ink, Bayer, Mitsubishi et Nisshin Oil sont aussi des acteurs historiques du domaine. Cependant ils déposent de moins en moins de brevets.

DSM et sa filiale Martek, Du Pont et BASF sont des déposants réguliers depuis les années 80 et 90.

Les nouveaux entrants tels que les spécialistes en biocarburant et énergies renouvelables (Sapphire, Aurora, Joule et Solazyme) débutent globalement leurs dépôts à partir de 2006. Parmi les nouveaux entrants, se trouvent le pétrochimiste Exxonmobil et le chinois Enn Research Developpement.

Zones de dépôts des brevets prioritaires

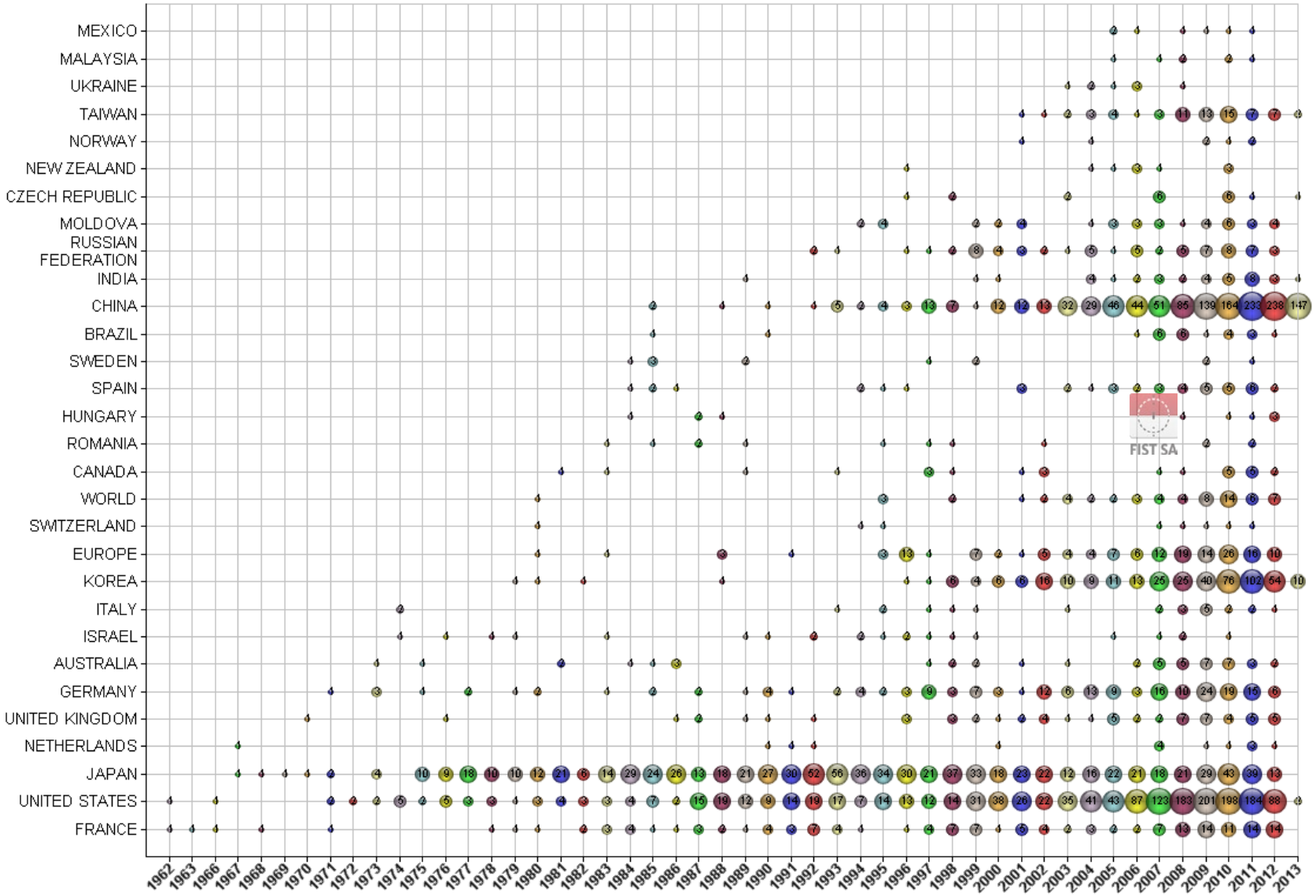
Overview



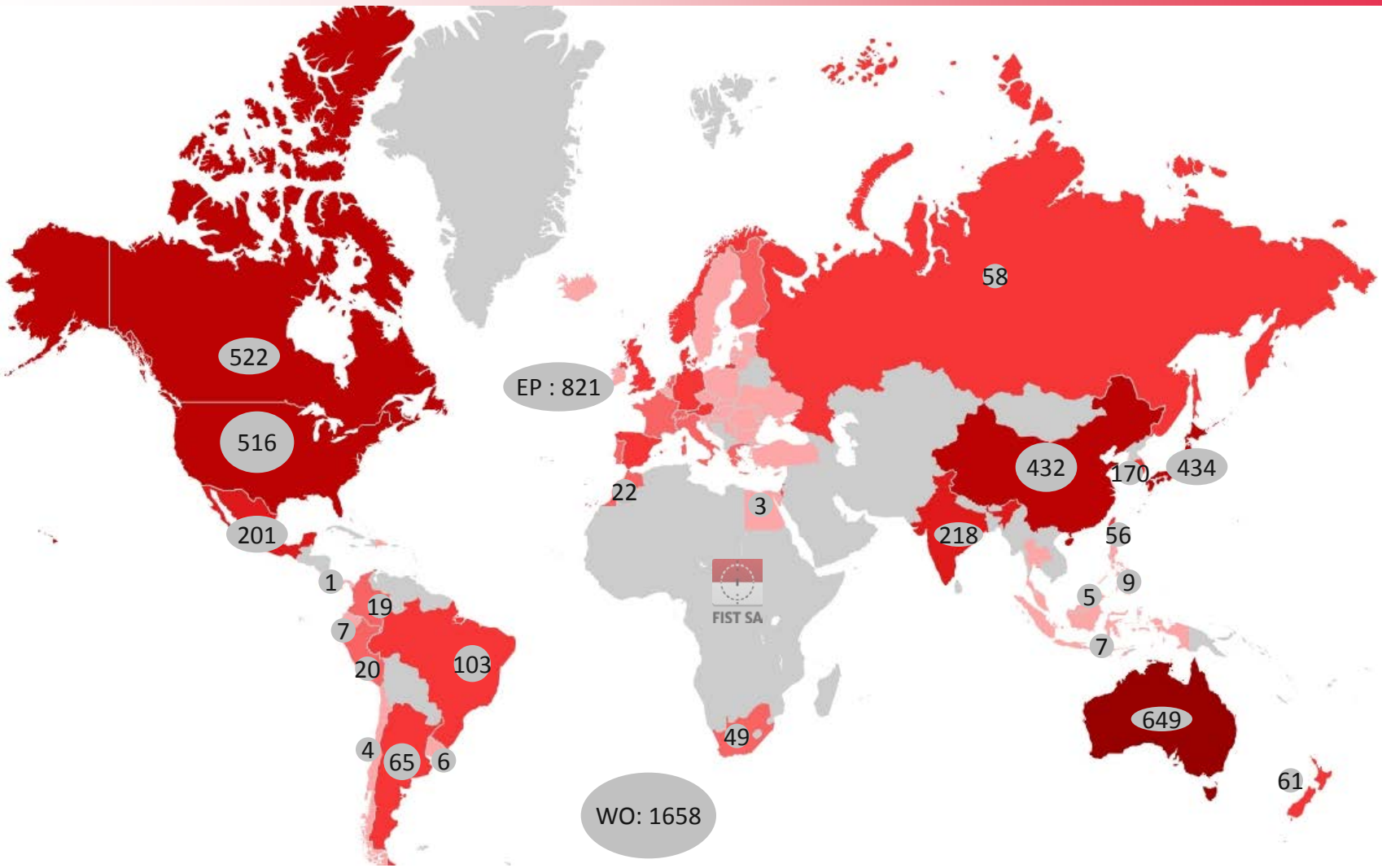
Les principales zones de dépôts sont les USA, la Chine, le Japon, l'Europe (755 dépôts) et la Corée du sud. 63 brevets ont été déposés via la procédure PCT et 156 via la procédure européenne. Outre ces pays, on note la présence de pays comme la Russie, l'Australie, le Canada et le Brésil.

Evolution des dépôts prioritaires par pays

Overview



Zones d'extensions



La principale zone d'extension reste l'Europe. Les USA, le Canada, la Chine et le Japon constituent les autres zones d'extension. 1658 brevets, soit 28% de la base de brevets étudiée, utilisent la procédure PCT pour l'extension des brevets.

Conclusions: Données mondiales

Protection

Les pays les plus protégés sont les pays industrialisés: USA, la Chine, le Japon, l'Europe.

Certains pays émergents sont aussi présents: l'Inde, le Brésil, la Malaisie

Globalement, c'est un domaine où on a une très large couverture géographique en terme de dépôts et d'extensions des brevets

Evolution des dépôts de brevets

Les dépôts ont commencé à augmenter à partir des années 2000 et ont explosé à partir de 2007

Typologie des acteurs

On constate une nette augmentation des déposants académiques à partir de 2007; le ratio des dépôts entre industriels et académiques s'est équilibré à partir de cette date. Les principaux déposants académiques sont majoritairement chinois, américains et japonais

On note aussi qu'il y a très peu de collaborations entre académiques et industriels

Pour ce qui est des déposants industriels, on note la présence de grands groupes industriels évoluant dans différents secteurs d'activités comme BASF, Dupont, Mitsubishi, ExxonMobil et DSM. A côté de ces grands groupes il y a aussi des start-up américaines spécialistes des biocarburants tels que Joule Unlimited, Aurora Algae, Sapphire Energy et Solazyme.

Constitution de la base Microalgue: Segmentation

Catégorisation des brevets et familles de brevets

La segmentation de la base a été réalisée en se s'inspirant de la chaine de valeur du domaine des microalgues comme illustré ci-dessous:

Ingénieries génétiques

Type de Souches
Chlorella
Spirulina
Synechococcus
Chlamydomonas
Dunaliella
Synechocystis
Anabaena
Scenedesmus
Euglena
Haematococcus
Nannochloropsis
Botryococcus
Tetraselmis
Crypthecodinium
…

Production & Culture
Culture Medium
Photobioreacteur
Open Pond
Heterotrophic
Photoautotrophic
Raceways
mixotrophic
Airlift
plastic bag

Harvesting & Dewataring
Harvesting
Filtration
Centrifugation
Flocculation
Sedimentation
Dewatering
Flotation
Foam fractionning
Microstraining
Magnetic Separation

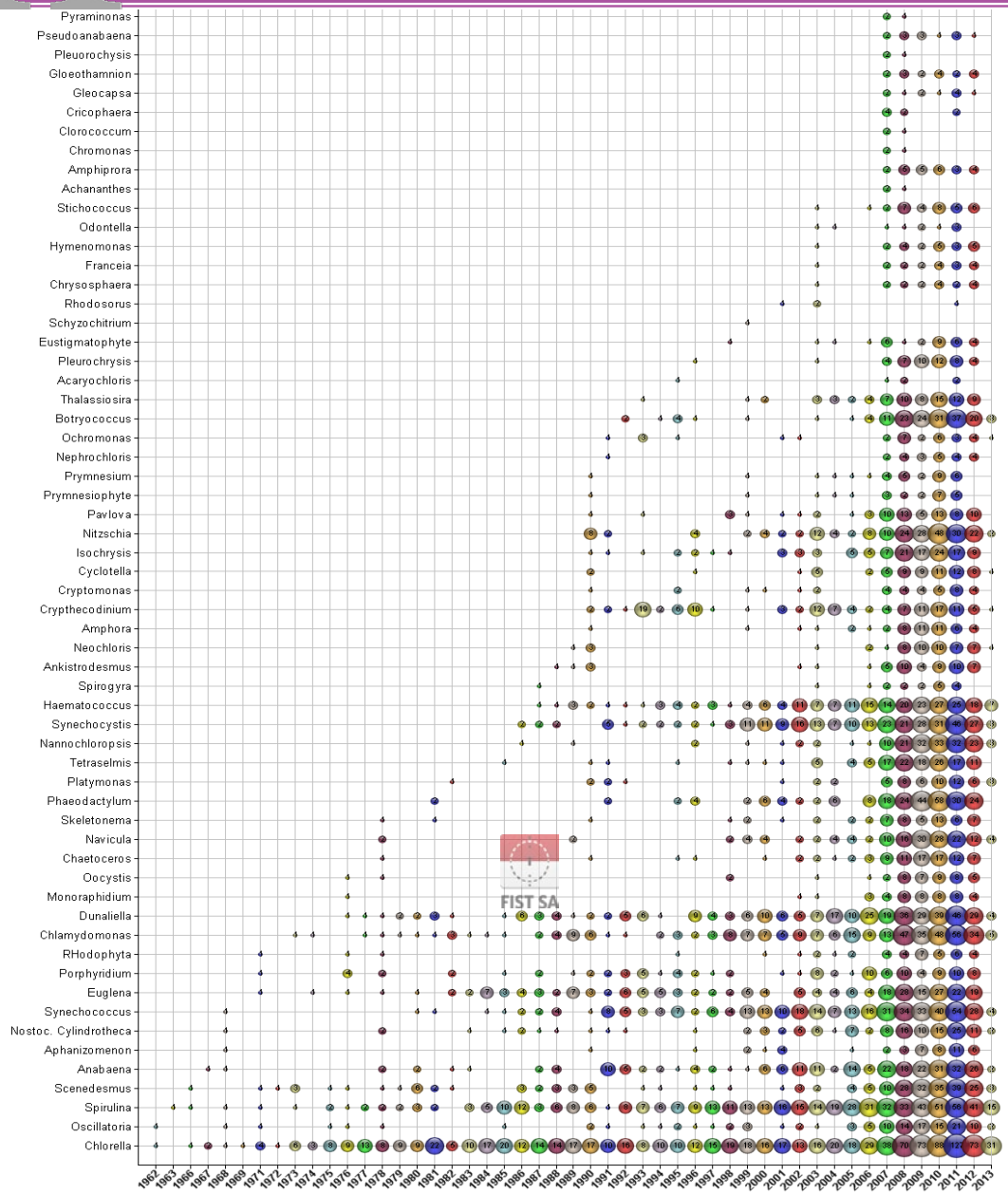
FIST SA

Extraction
Extraction
Drying
Ultrasonic
Solvothermal
Microwave
Expeller Press

Conversion
Conversion
Transesterification
Liquefaction
Fermentation
Gasification
Pyrolysis
Biophotolyse
Hydrogenation
Hydroteating

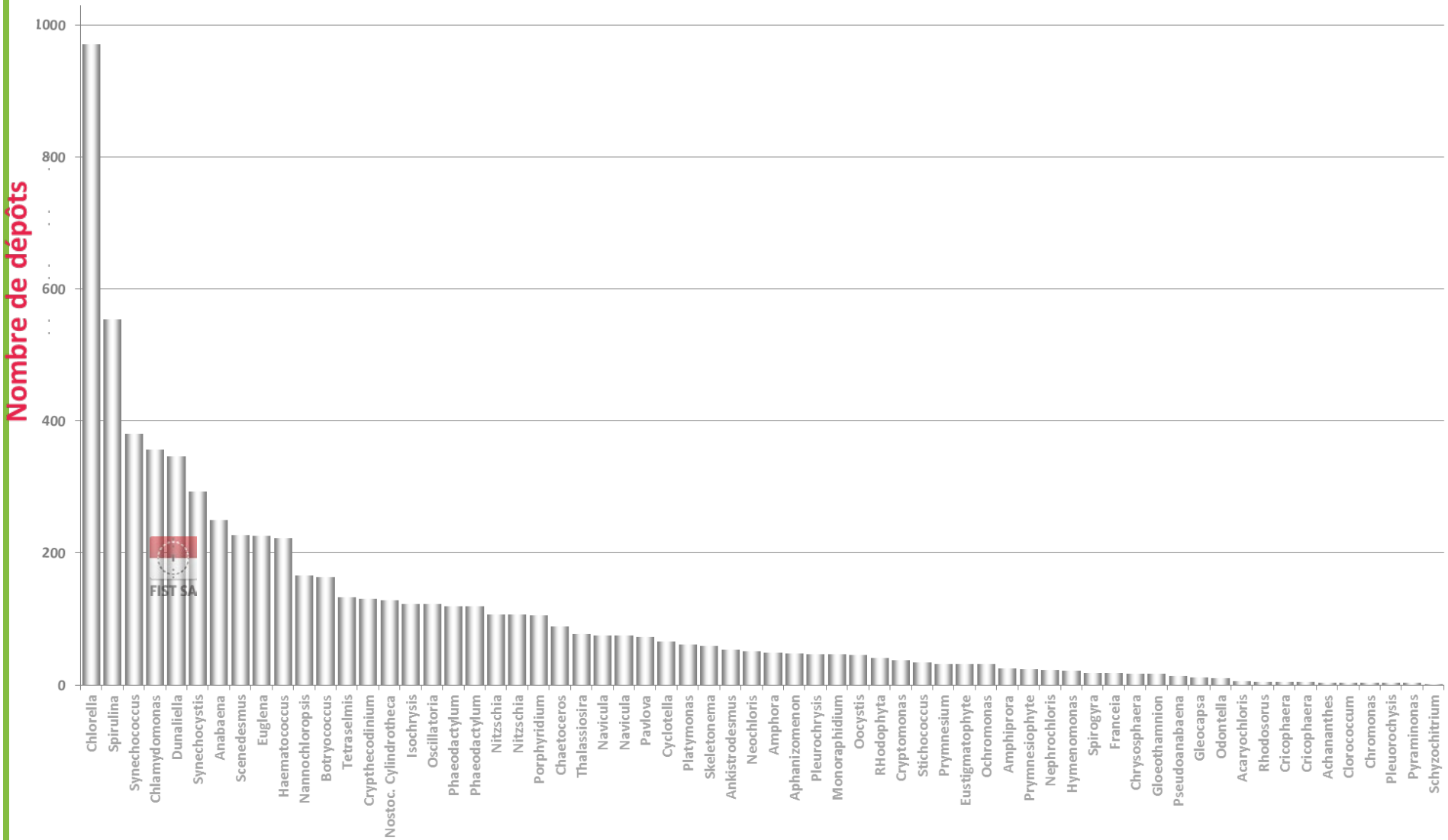
Applications
Energy
Pigments
Fertilizer
Lipid
FOOD
Fatty Acids
CO2 fixation
Waste Water Treatments
Chemicals
Pharma & Nutraceuticals

Segmentation par type de souches: évolution des dépôts

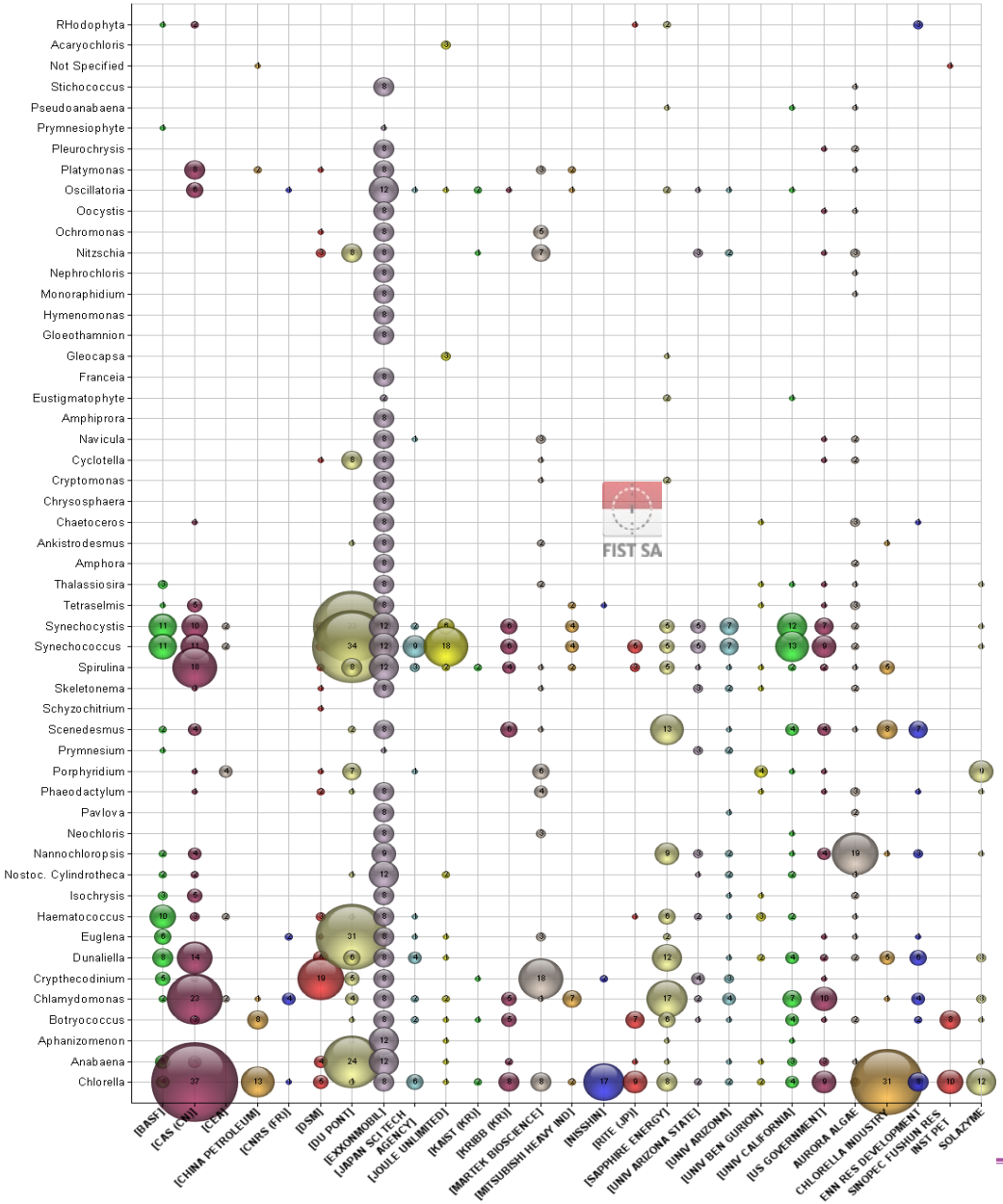


Des souches telles que les chlorella, les spirulinas, les scenedesmus ou l'anabaena font l'objet de dépôts réguliers de brevets depuis les années 60. A contrario, les dépôts pour des souches telles que les Pyraminonas, les Pseudoanabaena, les Pleurochysis, les Gloeothamnion, les Gleocapsa, les Cricophaera, les Clorococcum, les Chromonas, les Amphiproras et les Achananthes sont plus récents (dépôts à partir de 2007).

Segmentation par type de souches: nombre de dépôts

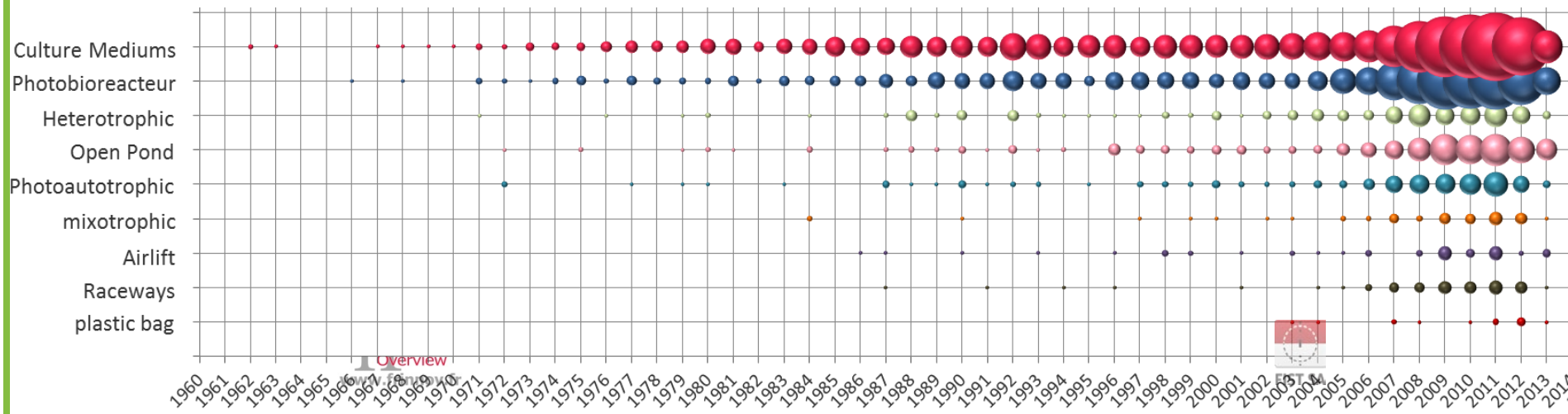


Segmentation par type de souches: positionnement des déposants



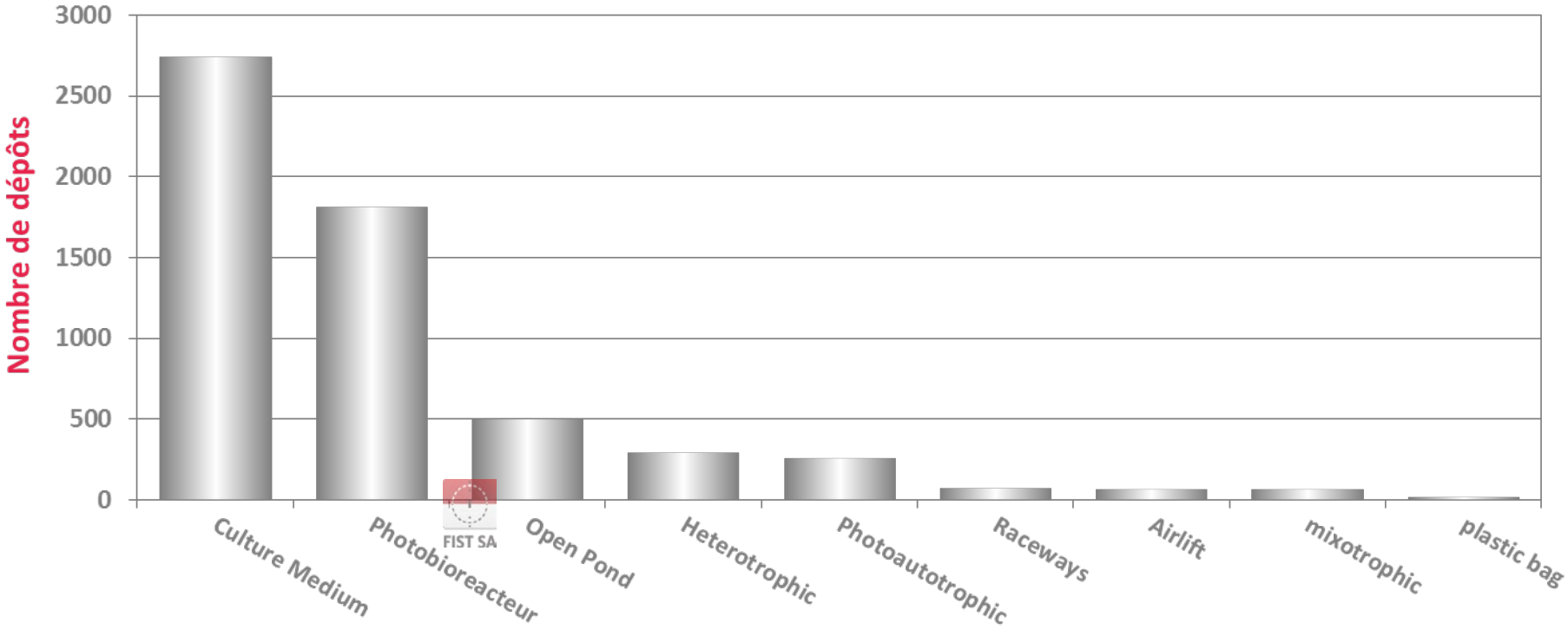
La figure ci-contre illustre le positionnement des déposants sur les différents types de souches revendiquées dans le portefeuille. Les déposants représentés ici revendiquent différents types de souches. Des acteurs comme Exxonmobil sont plus généralistes, ils couvrent une large variété de souches. D'autres sont plus spécialisés: Du Pont (Anabaena, Euglena Synechococcus et Synechocytis), DSM (Crypthecodinum), Sapphire (Chlamydomonas, Dunaliella et Scenedesmus), Aurora (Nannochloropsis)…

Productions & Cultures

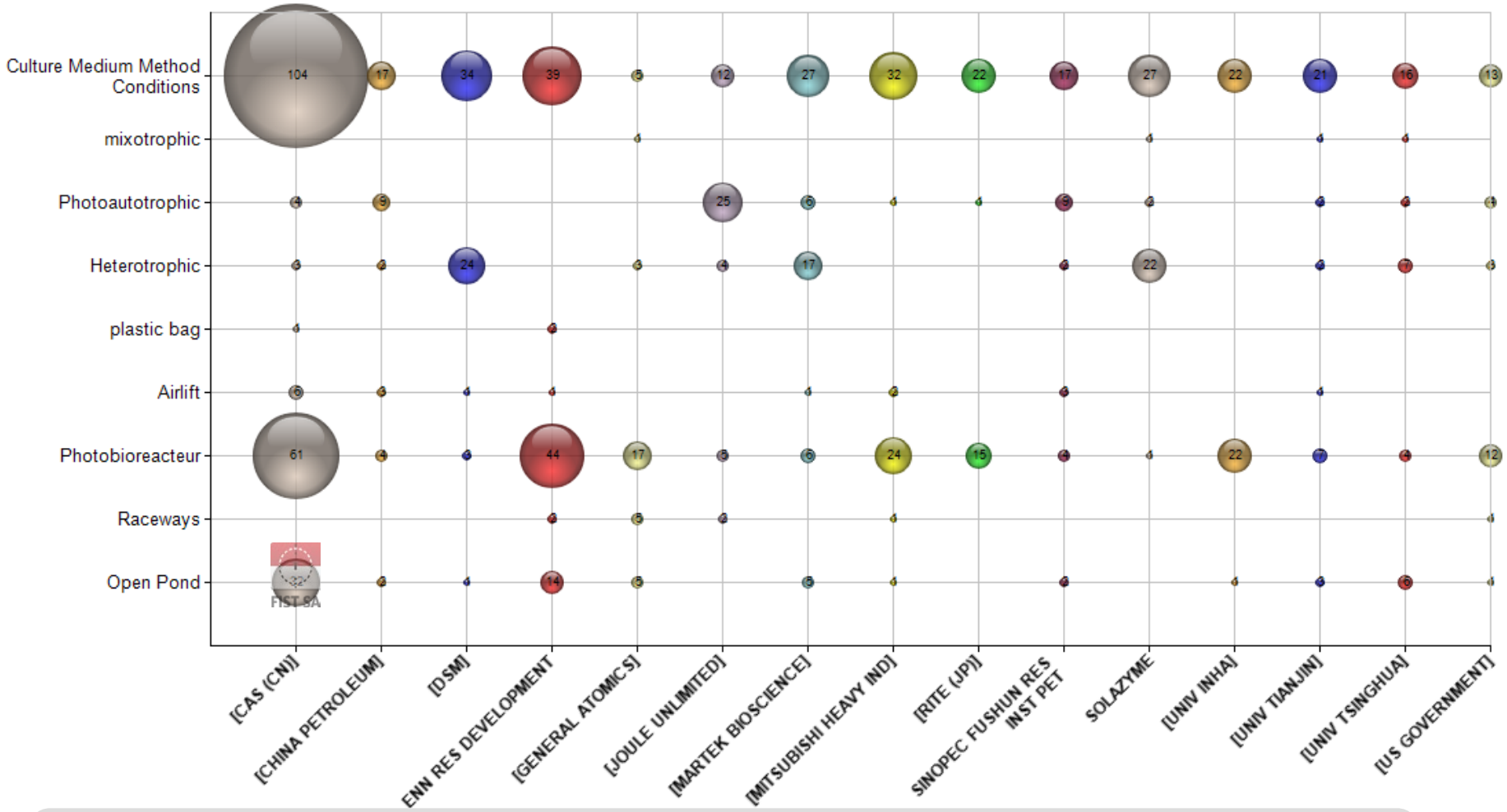


Certaines thématiques comme les milieux de culture et les réacteurs font l'objet de travaux depuis longtemps; néanmoins on observe une augmentation depuis 2005 sur l'ensemble des sujets

Productions & Cultures

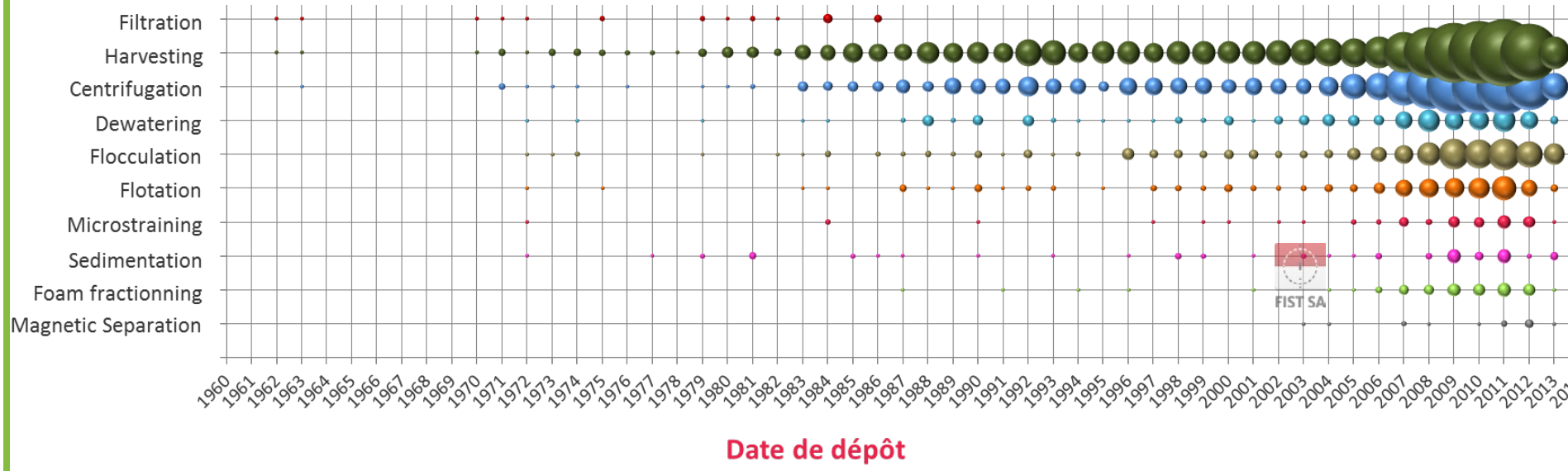


Productions & Cultures

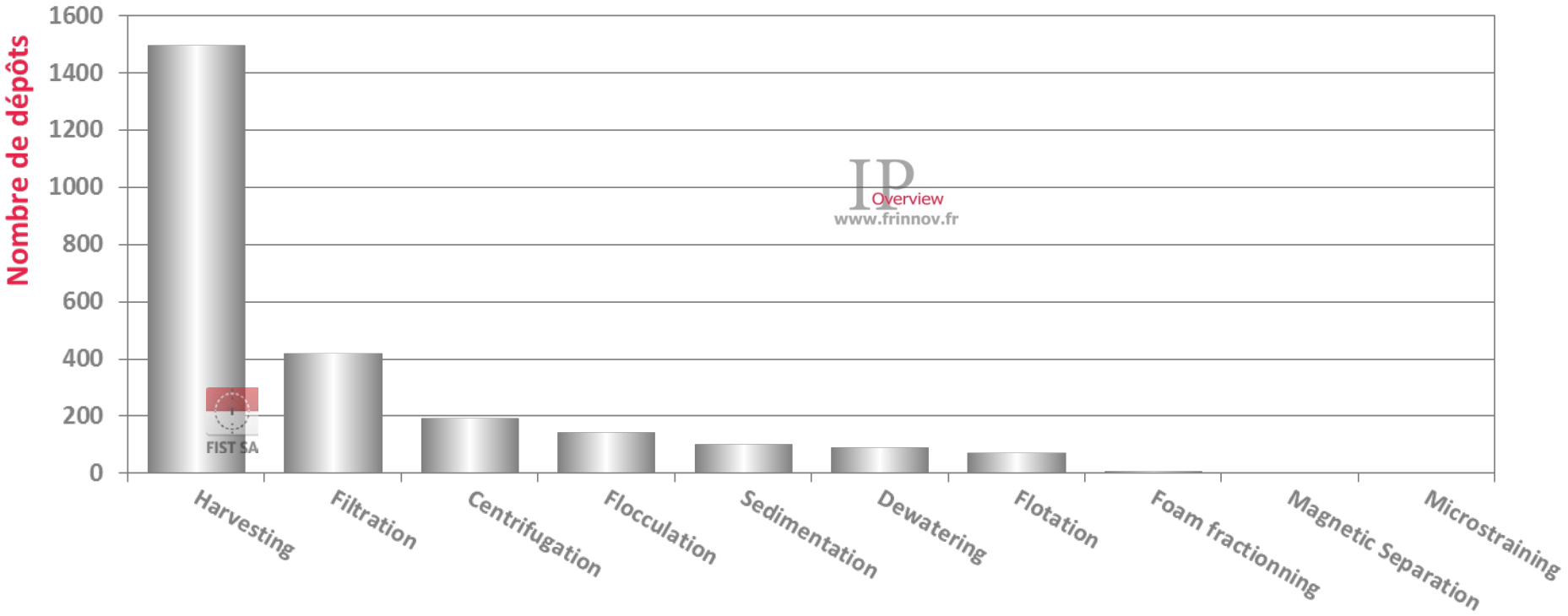


Les acteurs les plus actifs dans le domaine des PBR sont CAS, ENN et Univ. NHA en Chine, Mitsubishi Heavy Ind. et RITE au Japon, et General Atomics et le gouvernement aux USA.

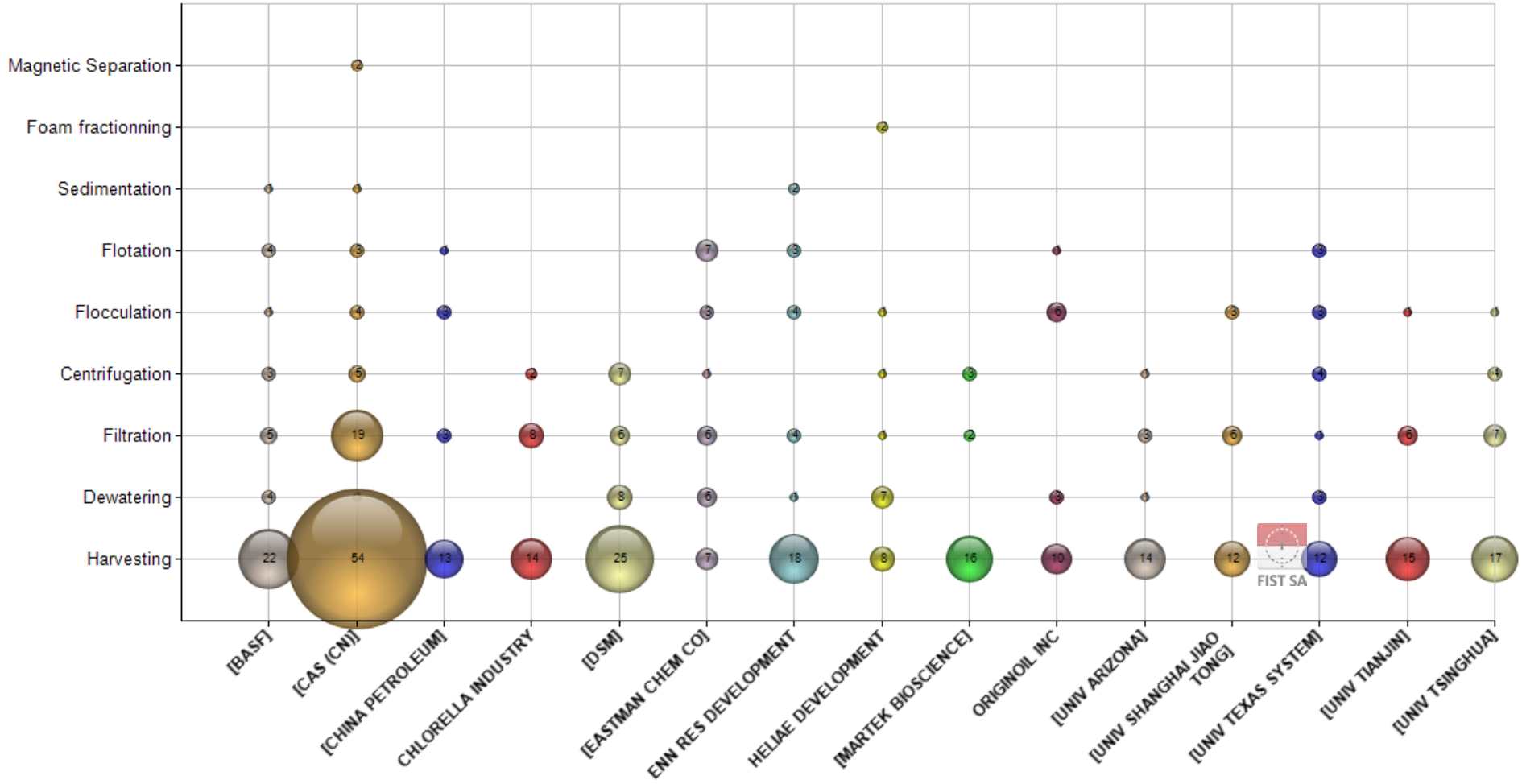
Harvesting & Dewatering



Harvesting & Dewatering

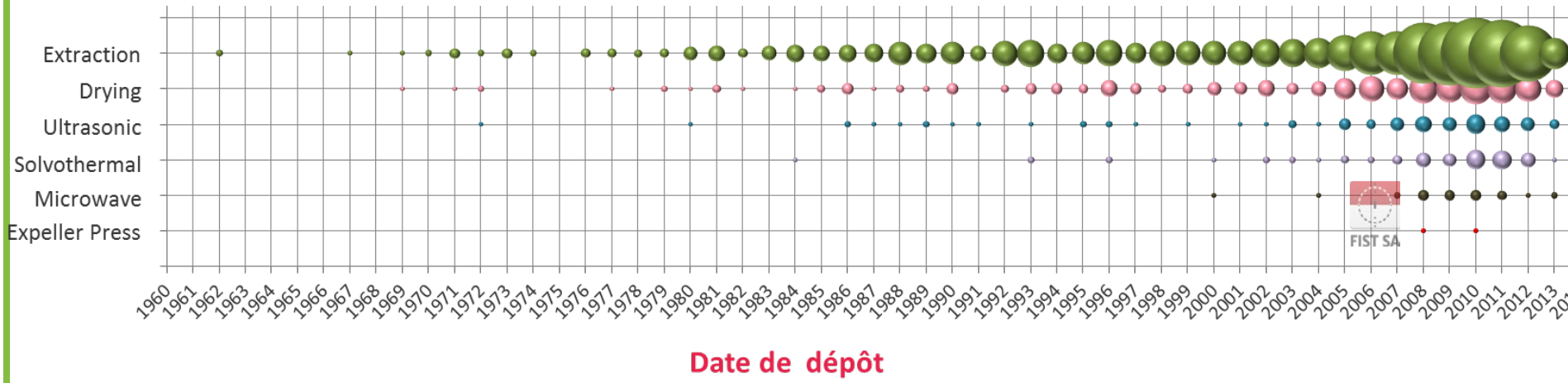


Harvesting & Dewatering



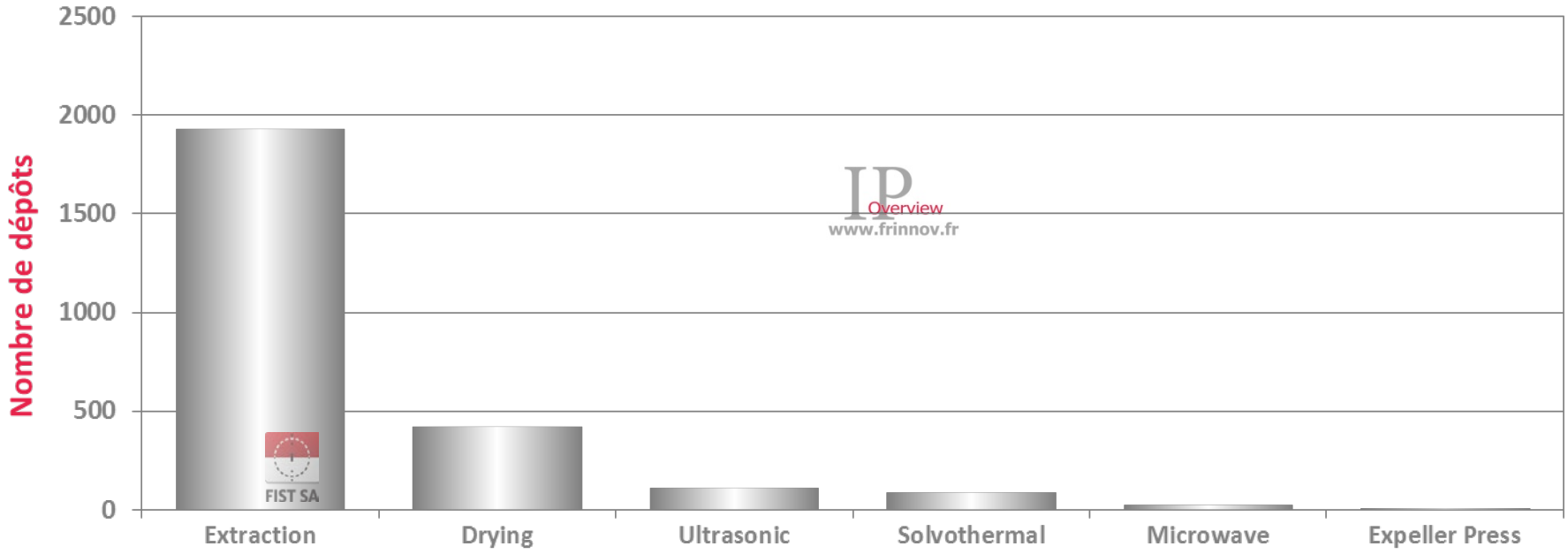
Il n'y a pas vraiment de thématique plus représentée que les autres

Extractions

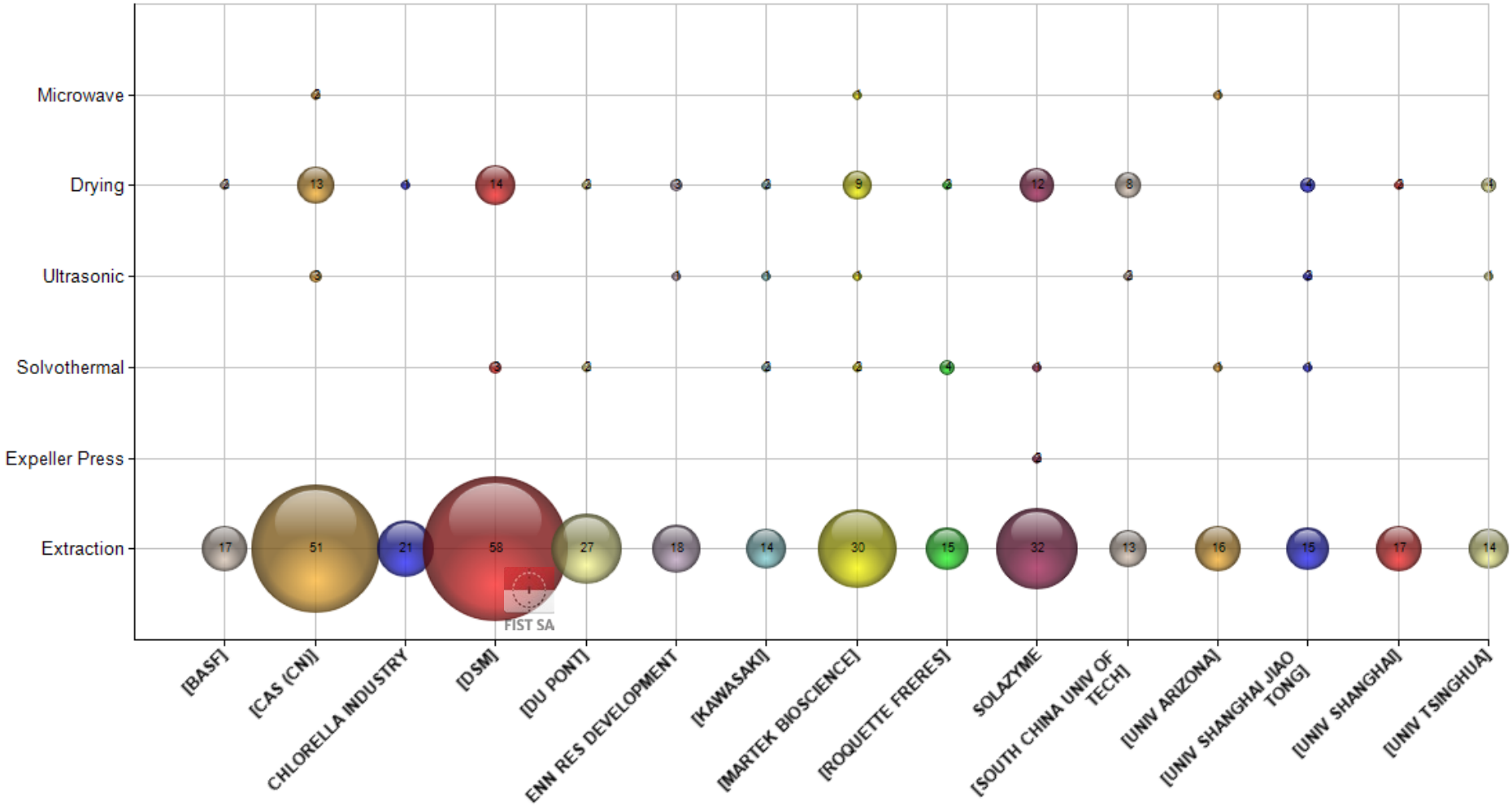


Le séchage est le domaine le plus représenté suivi par les ultrasons. L'extraction solvothermale plus récente est minoritaire et les micro ondes très peu représentées.

Extractions

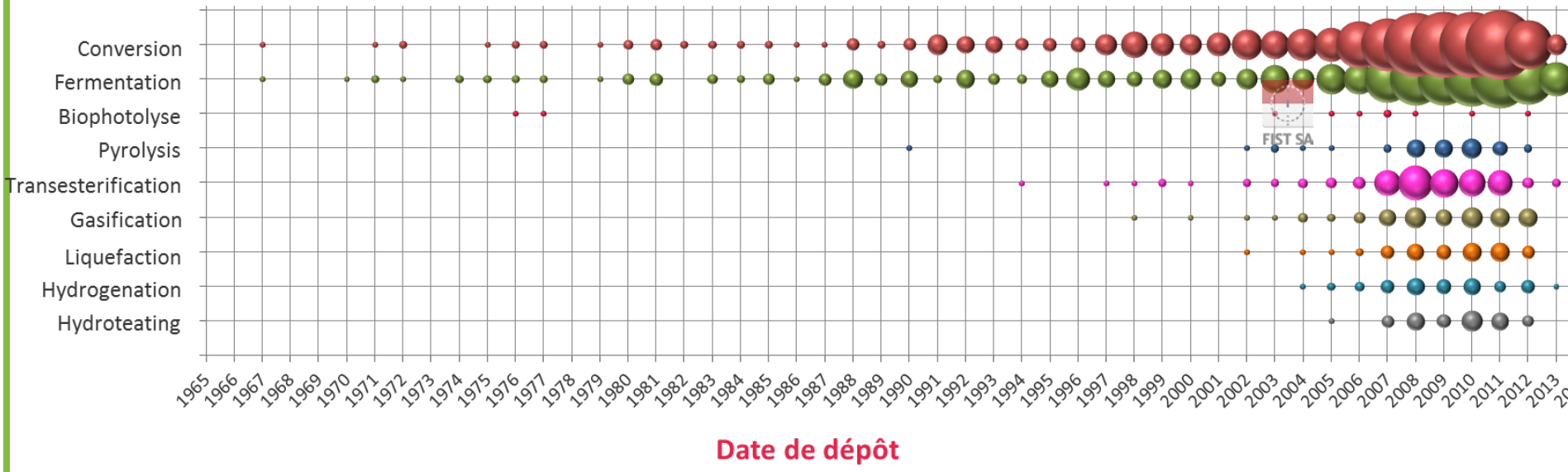


Extractions



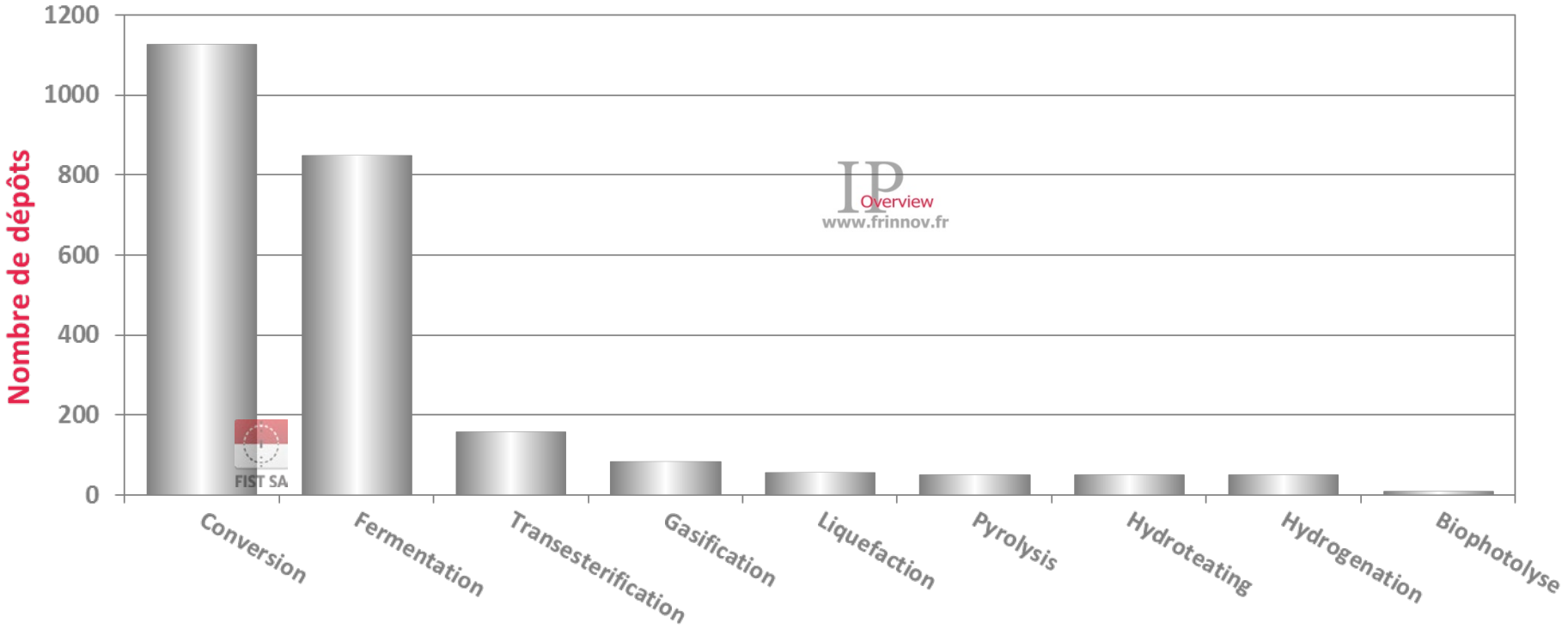
DSM (et Martek) , le CAS, Solazyme et l'université technologique de Chine sont les plus actifs en séchage

Conversion

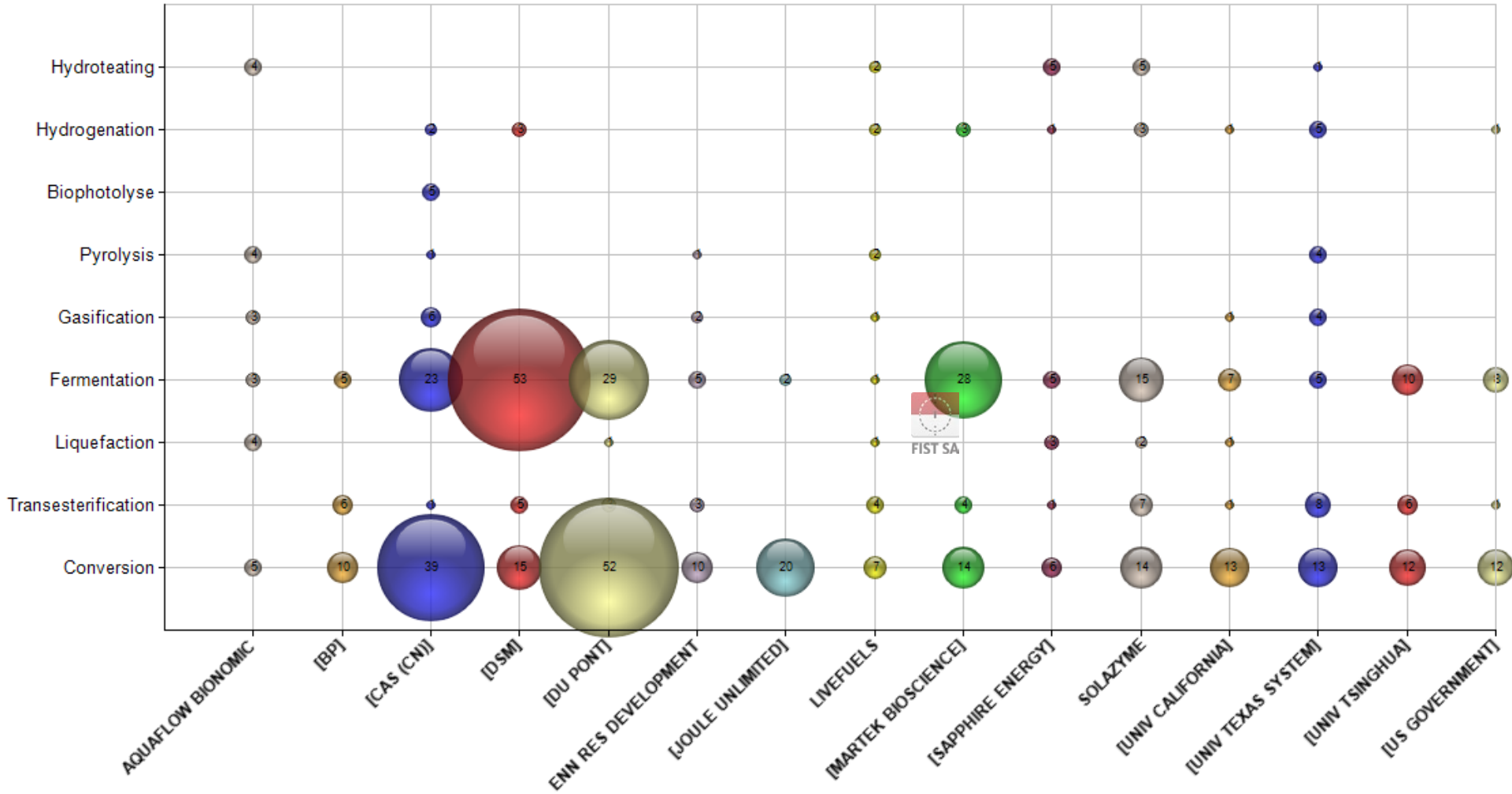


La méthode de conversion la plus utilisée reste la fermentation, et ce depuis les années 1960, la transesterification et la gaséification sont apparues ensuite. L'hydrotraitement est la dernière technique apparue et a dépassé la biophotolyse en nombre de brevets bien que cette dernière soit plus ancienne.

Conversion

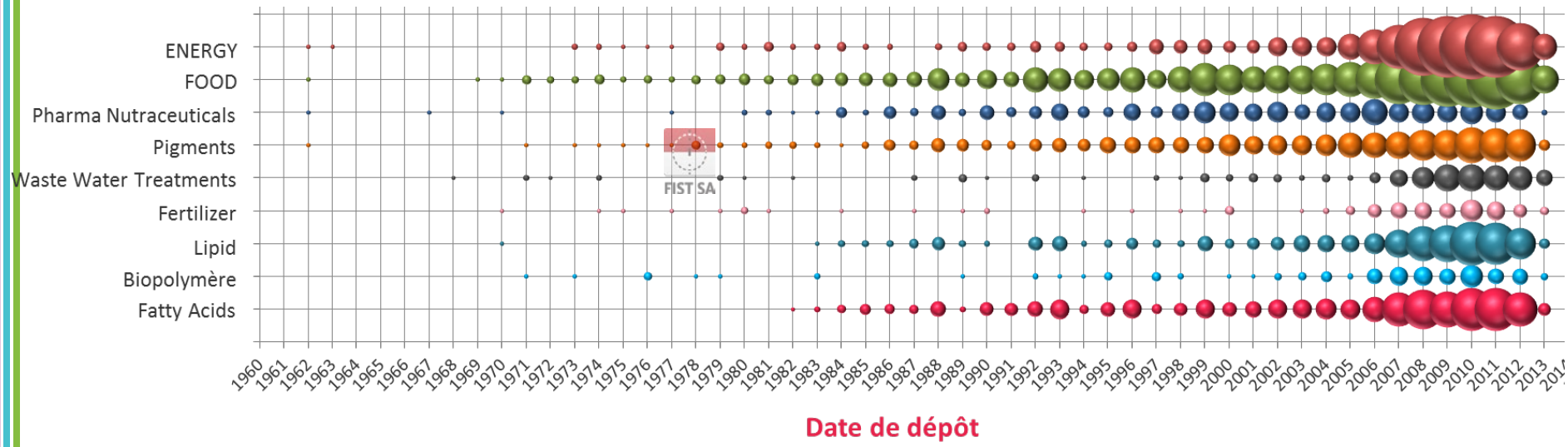

Nombre de dépôts
1200
1000
800
600
400
200
0
Conversion
Fermentation
Transesterification
Gasification
Liquefaction
Pyrolysis
Hydroteating
Hydrogenation
Biophotolyse
IP Overview
www.frinnov.fr
FIST SA

Conversion



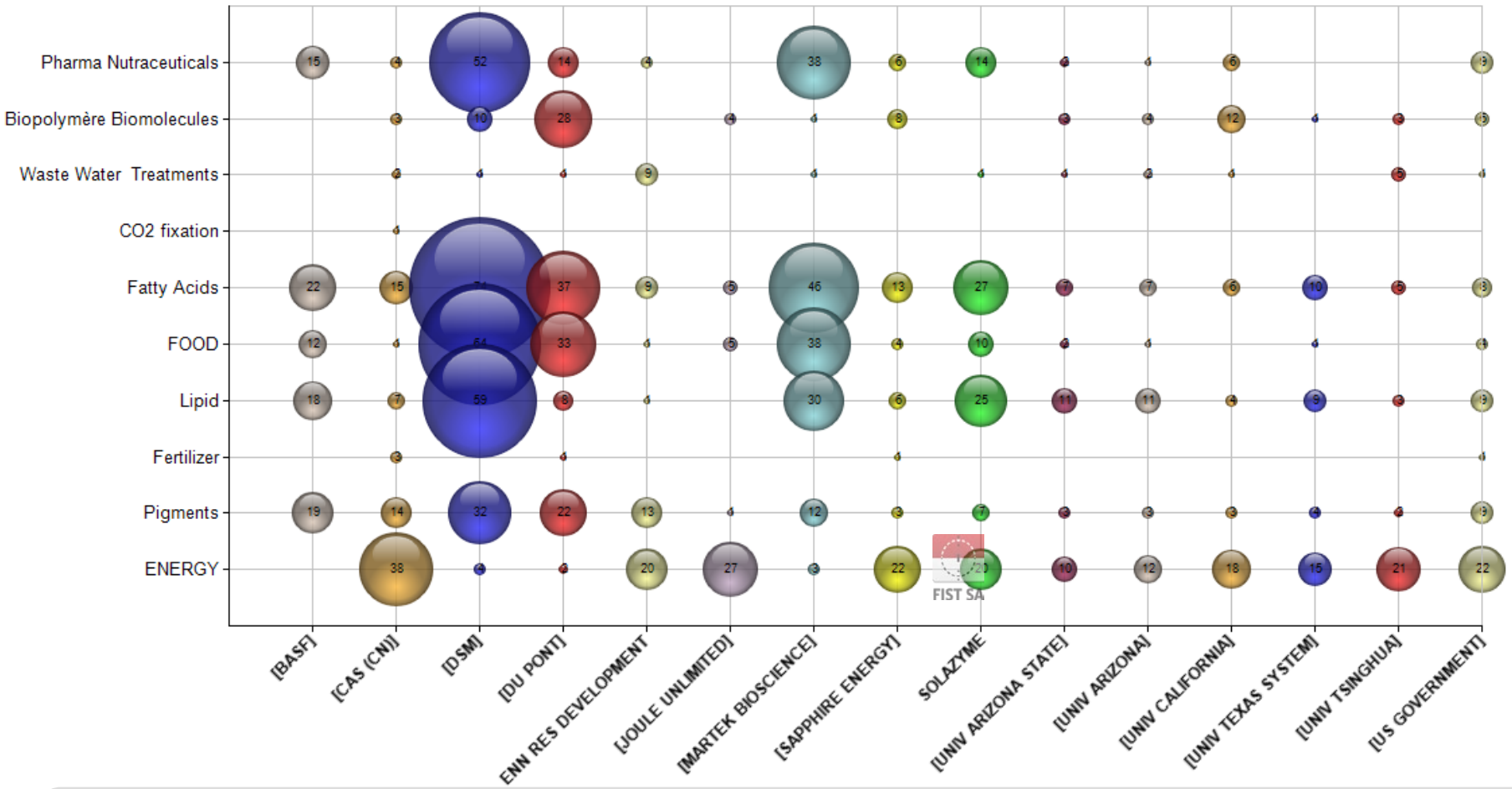
En fermentation DSM et Martek représentent la majorté des dépots. Dupont, le CAS et Solazyme suivent loin derrière. Certains acteurs tels que Aquaflow, Live fuel, ENN et l'iniversité du Texas explorent toutes les techniques .

Applications



Les engrais et les biopolymères constituent des applications récentes au regard de l'alimentation, l'énergie, la pharmacie et les pigments. L'alimentation demeure l'application majoritaire au fil du temps.

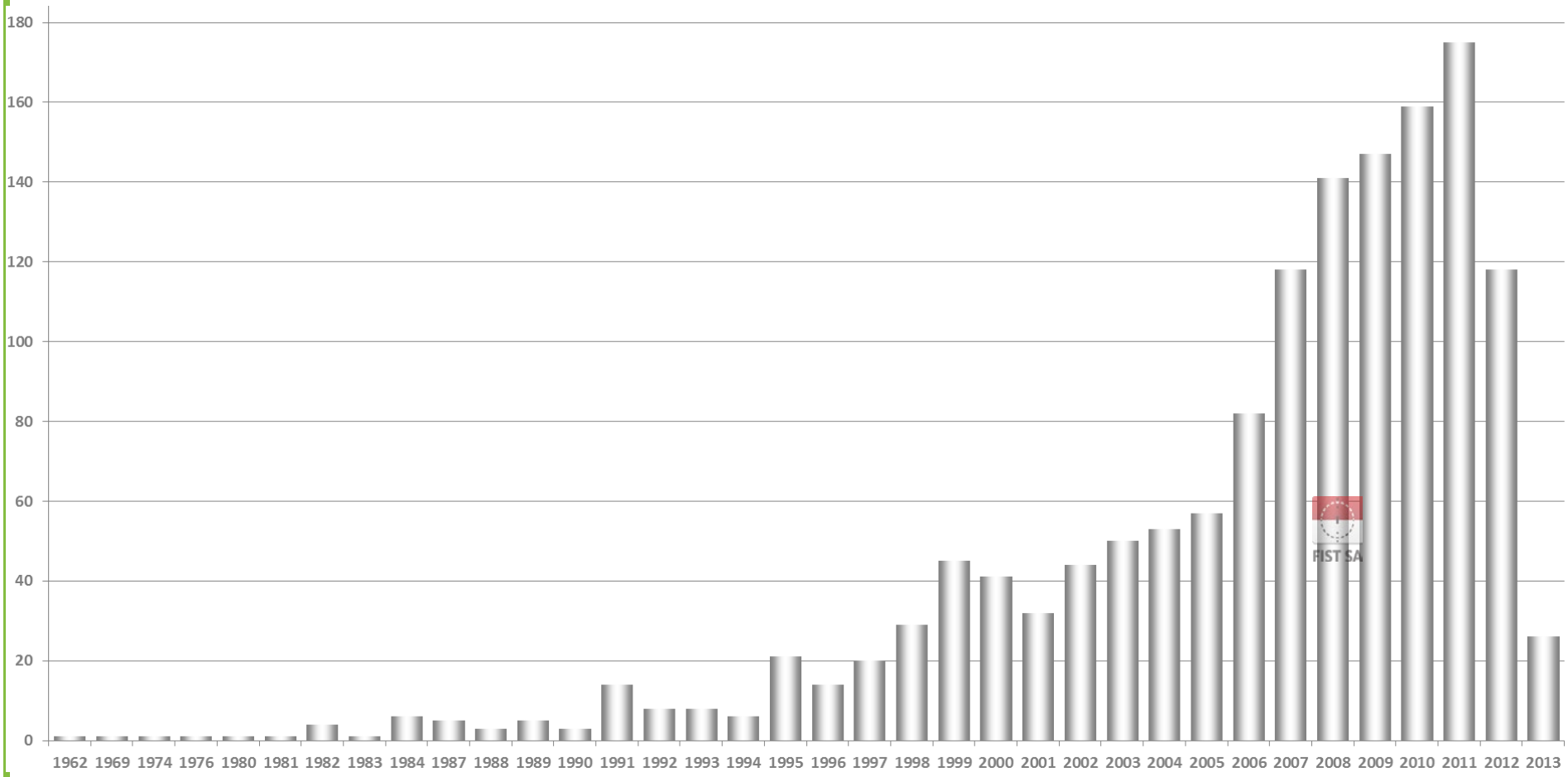
Applications



Les acteurs dans l'énergie sont le CAS, Dupont, Solazyme, le gouvernement américain, Joule Unlimited, ENN Dev., Sapphire energy.
Dans les acides gras on trouve encore DSM et Martek puis dupont, Solazyme et BASF. Viennent ensuite Saphire Energy, ENN, le CAS et des universités

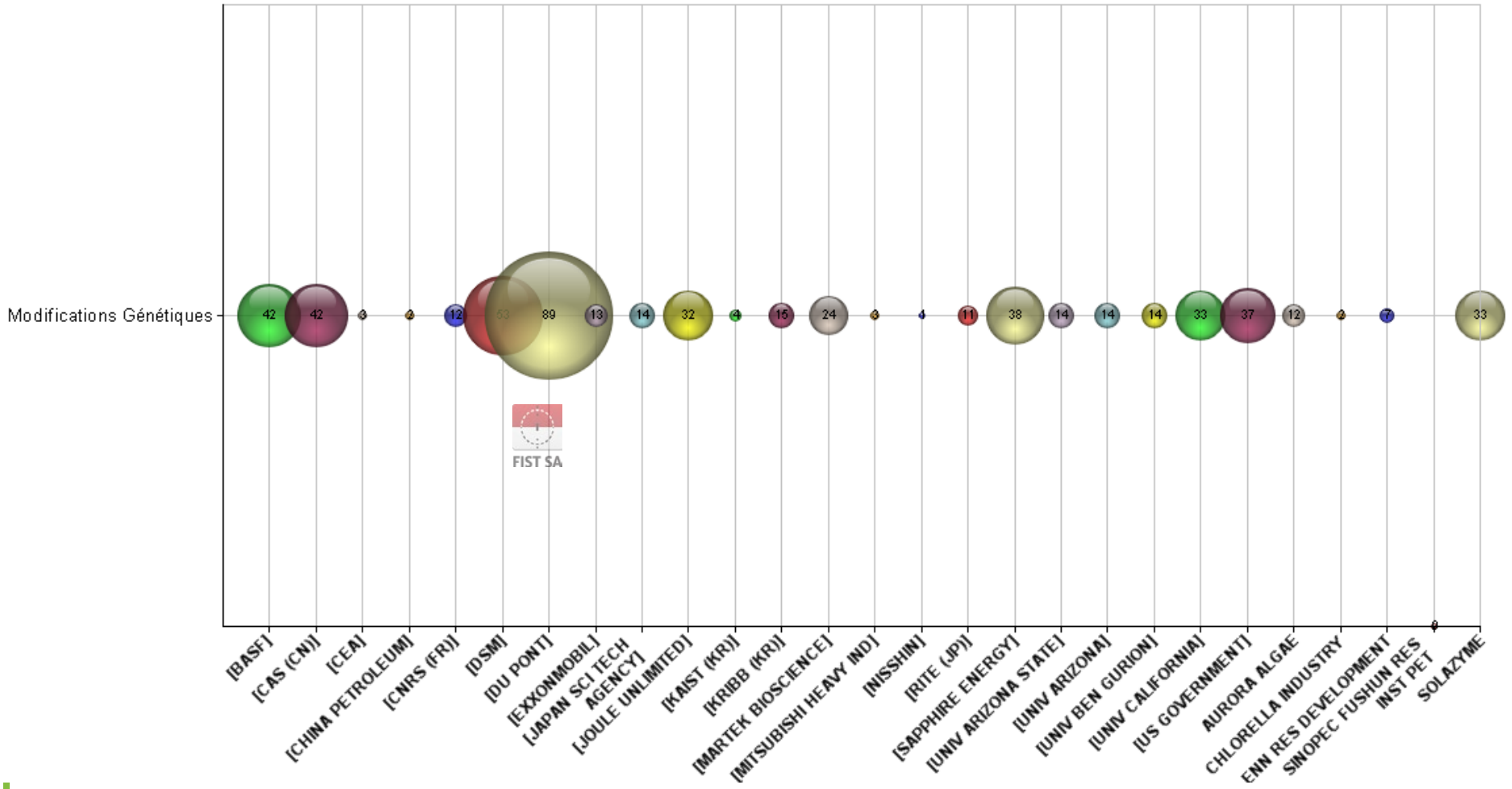
Ingénierie génétique: dépôt dans le temps

Overview



La courbe d'évolution de ce segment suit la même dynamique que la courbe d'évolution globale.

Ingénierie génétique: Positionnement des principaux déposants



Le plus gros déposant dans ce secteur est Dupont suivi, avec moitié moins de brevets, par DSM/Martek, BASF, le CAS, le gouvernement américain et Saphire energy. Un troisième groupe est constitué par Solazyme, Joule Unlimited et dans une moindre mesure les universités d'Arizona. On observe une augmentation depuis 2005 sur l'ensemble des sujets.

Conclusions:

Segmentation et positionnement

- **Souches:**

Certaines souches sont connues depuis très longtemps et sont donc les plus représentées dans la base (chlorella, spirulinas, anabaena…). D'autres ne sont connues que depuis très récemment et ne font l'objet de dépôts de brevets que depuis 2007 (pyraminonas, pseudoanabaena,…).

Certains acteurs, comme Exxonmobil, revendiquent une large variété de souches. D'autres sont plus spécialisés: Du Pont, DSM, Sapphire, Aurora…

- **Modification et ingénierie génétique des souches:**

Ce segment est dominé par les grands groupes tels que Dupont, DSM et BASF. A côté de ces grands groupes, nous avons aussi des académiques comme CAS (CN), CNRS, université de Californie et le gouvernement américain, et des start-up telles que Sapphire energy, Joule unlimited et Solazyme.

- **Productions et cultures:**

Les brevets protègent principalement des milieux de culture et des photobioréacteurs. Les principaux déposants sur le segment photobioréacteur sont: CAS (CN), Enn R&D, Mitsubishi, Université Inha, General Atomics et le gouvernement américain. Concernant les milieux de culture; c'est CAS (CN) qui est le déposant.

- **Application:**

Le segment énergie est dominé par les start-up et les académiques américains. A côté de ces américains, on trouve les chinois CAS (CN) et le groupe ENN R&D, et l'université de Tsinghua.

Les autres segments comme pigments, food et pharma sont dominés par BASF, DSM, Du Pont et Martek bioscience.

Liste des brevets les plus cités (1/5)

NUMERO DE PUBLICATION2	TITRE DU BREVET	DEPOSANT	DEPOSANTS CITANTS et dont le brevet est inclus dans la base
EP1928994 87 citations (et 3 autocitations) *Plus en vigueur sauf au Mexique* *Dépôt prioritaire: 2006*	METHOD , APPARATUS AND SYSTEM FOR BIODIESEL PRODUCTION FROM ALGAE	SOLIX BIOFUELS	Zero Discharge (1), Wise Landfill Recycling Mining (1), Wacker Chemie Gmbh (3), Univ New Mexico (1), Univ Colorado State - Solix Biofuels - Solix Biosystems (1), Univ Colorado State - Solix Biofuels (1), Univ Clemson (1), Univ California - Us Government (1), Univ Akron (1), Tantillus Synergy (1), Streamline Automation (2), Solazyme (4), Scipio Biofuels (1), Schott (1), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (2), Sapphire Energy - Scripps Res Inst - Wellcome Trust (Gb) (1), Sapphire Energy (1), Rent A Scientist (1), Raj Subramaniam (1), Phycosystems (1), Photofuel (1), Petrotech Ffn (1), Old Dominion Univ (1), Mit (Us) (1), Mip Technologies Ab (1), Mafa Ambiente (1), Livefuels (1), Lan Wong (1), Korea Ocean R&D Institute (1), Kai Bioenergy (1), Joule Unlimited (3), Independence Bio Products (1), Heliae Development (1), H R D - His Are Dee - Hrd (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (1), Gne Global Natural Energy (1), Genifuel (2), General Atomics (5), Fuji Fuels - Nikolaos Mitropoulos (1), Friesland Campina (1), Evodos Algae Technologies (1), Enlightened Designs (1), Eni Spa (It) (1), Element Cleantech (1), Earthrenew (1), Eads (1), Danuba Marketing Consulting (1), Community Synergies (1), **Cnrs (Fr) - Univ Nantes (1),** Ciris Energy (1), Chevron (3), Cavitation Technologies (1), Brinemag (1), Biofuel Systems (1), Bioecon International Holding (1), Bio Fuel Systems (2), Bayer Ag (1), Arkema (1), Aquatic Energy - Eneji Aquatech (1), Alternativas Bioenergeticas S De R L (1), Algenol Biofuels (1), Alge Oil - Algepower (1), Algal Scientific (1), Algae Systems (1)
US2005260553 78 citations (et 3 autocitations) *Plus en vigueur* *Dépôt prioritaire: 2002*	PHOTOBIOREACTOR AND PROCESS FOR BIOMASS PRODUCTION AND MITIGATION OF POLLUTANTS IN FLUE GASES	GREENFUEL TECH.	X Tu - Xtu (1), Winwick Business Solutions (1), Univ Witwatersrand (1), Univ Wayne State (Us) (1), Univ Illinois (1), Univ Duisburg Essen (1), Univ Colorado State - Solix Biofuels (2), Troy Attu Graphics O Mougins Bernardo A Jota (1), Trine Tasman - Trinitas (1), Tm Industrial Supply (1), Siemens (1), Sfn Biosystems (1), Sartorius Ag (De) (1), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (2), Sapphire Energy - Scripps Res Inst - Wellcome Trust (Gb) (1), Reddy Solutions (1), Pond Biofuels (1), Omega Innovations (1), Novus Energy (1), Mip Technologies Ab (1), Meidensha Electric Mfg Ltd - Livestock Industry S Environme (1), Mbd Energy (1), Livefuels (1), Juranitch James Charles (1), Joule Unlimited (2), Independence Bio Products (1), Hyperthermics Holding (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (1), Greenfuel Technologies (2), Gogreen Capital - Independence Bio Products (1), Gesellschaft Zur Förderung Von Medizin (1), Genifuel (2), Forschungszentrum Juelich (De) (1), Ennesys (1), Enlightened Designs (1), Dsm - Martek Bioscience - Mateck Bioscience (1), Core Intellectual Properties Holdings (1), Chevron (2), Brightsource Development - Hercules (1), Bionavitas (2), Bio Fuel Systems - Biofuel Systems (1), Bio Fuel Systems (2), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (5), Aurora Algae (1), Arkema (1), Algeternal Technologies (1), Algenol Biofuels (2), Alge Oil - Algepower (1), Algal Scientific (1), Algae Systems (1), Alberta Agent - Kior (1), Ajinomoto (2), Advanced Algae (1), Acidophil - Zuvachem (1), Acciona Energia (1), A2Be Carbon Capture - Be Yee Ying Carbon Capture - I2Bf Management - Solix Biofuels - Sunsource Industry (1)
WO2008151149 66 citations (et 17 autocitations) *En vigueur* *Dépôt prioritaire: 2007*	PRODUCTION OF OIL IN MICROORGANISMS	SOLAZYME;	Solazyme (17), Joule Unlimited (8), Bp (7), Heliae Development (7), Ls9 (3), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (2), Streamline Automation (2), Synthetic Genomics Inc (2), Univ Arizona State - Univ Arizona (2), Roquette Freres (1), Sk Energy (1), Amyris Biotech (1), Aurora Algae (1), Univ Ohio State - Us Government - Pelikan Hardcopy Production (1), Univ Texas System - Scott White Healthcare (1), Evolugate (1), Exxonmobil (1), Univ Manitoba - Solazyme (1), J Craig Venter Inst (1), Battelle Ventures - Braemar Energy Ventures Ii - Innovation Valley - Protero - Proterro (1), Amyris Biotech - Total - Maxwell Pte (1), Acidophil - Zuvachem (1), General Atomics (1), Kaist (Kr) (1), Chlor Bioenergy (1), Electric Power Dev (1), Neste Oil (1), Algal Scientific (1), Kaneka Corp (1), Repsol (1), Evonik Industries (1), Aquaflow Bionomic (1), Heli Meet Development - Heliae Development (1), Univ Tsinghua (1), Dsm - Martek Bioscience (1), Sapphire Energy - Scripps Res Inst - Wellcome Trust (Gb) (1), Sapphire Energy (1), Renewuel (1), Phycal (1)

Liste des brevets les plus cités(2/5)

IP Overview

NUMERO DE PUBLICATION2	TITRE DU BREVET	DEPOSANT	DEPOSANTS CITANTS et dont le brevet est inclus dans la base
US2008160593 65 citations (et 2 autocitations) En vigueur (seulement aux US, pas d'extension) Dépôt prioritaire: 2007	TWO-STAGE PROCESS FOR PRODUCING OIL FROM MICROALGAE	GENIFUEL;	Univ Witwatersrand (1), Univ Tsinghua (1), Univ Tongji (Cn) (1), Univ Texas System - Terrabon (1), Univ Texas System - Sunrise Ridge Algae (1), Univ Texas System (2), Univ New Mexico (2), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Univ Washington State (1), Solazyme (6), Roquette Freres (1), Robotic Res (1), Rhodia (1), Repsol (1), Phycal (1), Old Dominion Univ (2), Neste Oil (1), Kitech (Kr) (1), Joule Unlimited (2), Inventure Renewables (1), Inventure Chemical - Inventure Renewables (1), Heliae Development (7), Heli Meet Development - Heliae Development (1), Genifuel (2), General Atomics (1), Fuji Fuels - Nikolaos Mitropoulos (1), Enn Res Development (1), Eni Spa (It) - Cabinet Aksiman (1), Eni Spa (It) (1), Emcore Corp - Wells Fargo - Palmer Labs (1), Electric Power Dev (1), Dsm - Ocean Nutrition Canada (1), Csir (In) (1), Community Synergies (1), Brijen Biotech (1), Bp (6), B T Biochemical Tissues (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (4), Ares S S Energy - Srs Eergy (1), Alternativas Bioenergeticas S De R L (2), Alfa Laval (1)
US2008160591 57 citations (et 1 autocitation) En vigueur Dépôt prioritaire: 2007	IMPROVED DIFFUSE LIGHT EXTENDED SURFACE AREA WATER-SUPPORTED PHOTOBIOREACTOR	UNIV COLORADO STATE; SOLIX BIOFUELS;	Zero Discharge (1), Us Government - Seti Inst (1), Univ New Mexico (1), Univ Colorado State - Solix Biofuels - Solix Biosystems (1), Univ California (1), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Transalgae (1), Thyssen Krupp - Polysius (1), Sumitomo Heavy Ind (1), Streamline Automation (2), Source Integration (1), Scipio Biofuels (1), Rhodia (2), Repsol (1), Reddy Solutions (1), Proviron Holding (1), Phytolutions (1), Phycosystems (1), Phycal (1), Photofuel (1), Pascalvac (1), Normacon (1), Newleaf Symbiotics (1), Marine Biological Laboratory - Woods Hole Oceanographic Inst (1), Linbec Ug Haftungsbeschraenkt (1), Kier (Kr) (1), Kaist (Kr) (1), Kai Bioenergy (1), Joule Unlimited (2), J Craig Venter Inst (1), Hitachi Ltd - Nippon Oil - Euglena Co Ltd (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (1), Gicon Grossmann Ingenieur Consult (1), Georg Fischer Deka (1), Fraunhofer (1), Ecofuel Laboratories S R O (1), Csic (Es) (1), Cnrs (Fr) - Univ Nantes (1), Chingoo Res Partnership (1), Bayer Ag (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (3), Ami Schlesinger - Doron Eisenstadt - Shai Einbinder - Tarnsalgae - Transalgae (1), Algeternal Technologies (1), Algal Scientific (1), Algaelink (2), Ajinomoto (1), Agc Glass (1)
EP0310522 52 citations (et 1 autocitation) Plus en vigueur Dépôt prioritaire: 1987	DEVICE FOR CONTROLLED INTENSIVE PRODUCTION OF MICROORGANISMS BY PHOTOSYNTHESIS	CEA;	Us Government - Seti Inst (1), Univ Waseda (Jp) (1), Univ Florence (1), Univ Colorado State - I2Bf Management - Solix Biofuels - Solix Biosystems - Soviet Union S Biofuels Helix (1), Univ Ben Gurion (2), Termoindustriale (1), Sumitomo Heavy Ind (1), Questor Group Ltd (1), Microphyt (3), Microalgae Corp (1), Martek Bioscience (1), Lv Administrative Services - Pa Llc - Petroalgae (1), Korea Ocean R&D Institute - Ocean Technology (1), Joule Unlimited (2), Ifremer (1), Heliosynthese - Heliosynthese S A (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (2), Ford - Algae Ltd (1), Dominique Delobel (1), Dfb Pharmaceuticals (1), Csic (Es) (1), Crucible (1), Clean Energy Esb (1), Cea - Ussi - Heliosynthese - Yutsushii Anjienieri (1), - Yu Esu Esu Ii Anjieniri Etoudo (1), Biotechna - Howard M Waxler (1), Bioprodukte Prof Steinberg Gmb - Preussag Metall (1), Bio Fuel Systems (2), Bilamal Produkte - Stadtwerke Stollberg (1), Aquasearch - Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (1), Applied Photosynthetics Limite (1), Algaeon (1), Algaelink (1), Algae Systems (1), Alga Development - Aspitalia (1), Agc Glass (1), Acta Alga (3)

FIST SA

Liste des brevets les plus cités (3/5)

NUMERO DE PUBLICATION2	TITRE DU BREVET	DEPOSANT	DEPOSANTS CITANTS
US2009011492 47 citations (et 2 autocitations)	PHOTOBIOREACTOR CELL CULTURE SYSTEMS , METHODS FOR PRECONDITIONING PHOTOSYNTHETIC ORGANISMS , AND CULTURES OF PHOTOSYNTHETIC ORGANISMS PRODUCED THEREBY	GREENFUEL TECHNOLOGIES; ALGAE SYSTEMS;	Wacker Chemie Gmbh (2), Us Government - Seti Inst (1), Univ Tongji (Cn) (1), Univ Ohio (1), Univ Colorado State - Solix Biofuels (1), Univ Colorado State - I2Bf Management - Solix Biofuels - Solix Biosystems - Soviet Union S Biofuels Helix (1), Transalgae (1), Texas Clean Fuels (1), Streamline Automation (2), Source Integration (1), Shin Ho Tet (1), Sfn Biosystems (1), Pond Biofuels (3), Photon8 (1), M2M Engineering - Neotica (1), Joule Unlimited (1), Hyundai - Kia Motors - Industry Univ Cooperation Agency Knowingly Big - Myongji Univ Industry Academia Cooperation Foundation (1), H2O Technologies L L C - Bioprocess Sweden Gustavsbe (1), H2O Technologies L L C - Bio Processh20 - Bioprocess Sweden Gustavsbe (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (2), Fermentalg (2), Exxonmobil (1), Evolugate (1), Enn Res Development (1), Enlightened Designs (1), Biofuel Systems (1), Bio Seam Eruti Di Tick - Seambio Fuel (1), Bio Fuel Systems - Biofuel Systems (1), Bio Fuel Systems (2), Battelle Ventures - Braemar Energy Ventures Ii - Innovation Valley - Protero - Proterro (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (3), Algeternal Technologies (1), Alberta Agent - Kior (1), Acciona Energia (1)
US4341038 42 citations	OIL PRODUCTS FROM ALGAE	UNIV HEBREW JERUSALEM;	Japan Sci Tech Agency (1), Heliae Development (5), Heli Meet Development - Heliae Development (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (2), Genifuel (2), General Atomics (2), Eni Spa (It) - Cabinet Aksiman (1), Dsm - Ocean Nutrition Canada (1), Dsm (2), Csiro - Betatene (1), Cea (1), Basf - Eastman Chem Co - Eastern Chemical (1), Basf - Eastman Chem Co (3), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (2), Aquaflow Bionomic (1), Algae Systems (1), Algae Farms (1), Univ Texas System (1), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Univ Arizona (1), Streamline Automation (2), Solazyme (5), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (2), Sapphire Energy - Scripps Res Inst - Wellcome Trust (Gb) (1), Phycal (1)
US4253271 41 citations	MASS ALGAL CULTURE SYSTEM	BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE;	Independence Bio Products (1), Hydromentia (2), Univ Ohio (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (2), Gogreen Capital - Independence Bio Products (1), General Atomics (4), Eastman Chem Co (1), Cnrs (Fr) - Univ Nantes (1), Chevron - Georgia Tech Res (1), Canadian Pacific Algae (1), Bioreal - Micro Gaia (1), Bio Seam Eruti Di Tick - Seambio Fuel (1), Basf - Eastman Chem Co - Eastern Chemical (1), Basf - Eastman Chem Co (3), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (1), Aquasearch - Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (1), Algae Tech - Algae Technology (1), Algae Systems (1), Algae Oil Gmbh - Alge Oil (1), Algae Farms (1), Agoil International (1), Acciona Energia (1), Academy Of Sciences Of Cz (1), Vaktek (1), Univ Arizona (1), Univ Akron (1), Pond Biofuels (1), Originoil Inc (1), Kawasaki (1)
EP1169428 38 citations (et 1 autocitation)	PHOTOBIOREACTOR WITH IMPROVED SUPPLY OF LIGHT BY SURFACE ENLARGEMENT , WAVELENGTH SHIFTER BARS OR LIGHT TRANSPORT	FRAUNHOFER;	Zero Discharge (1), Utar Education Foundation (1), Us Government - Seti Inst (1), Univ Sungkyunkwan (1), Univ Kiel (1), Univ Inha (1), Texas Clean Fuels (1), Ssc Strategic Science Consult (1), Siemens (1), Schott (1), Sbae (1), Reddy Solutions (1), Quinn (1), Phytolutions (1), Photofuel (1), Omega Innovations (1), Mip Technologies Ab (1), Mikrobiologisch Analytisches Labor (1), Linbec Ug Haftungsbeschraenkt (1), Lan Wong (1), Kribb (Kr) (1), Karlsruhe Institute Of Technology (1), Kaltenhäuser (1), Joule Unlimited (2), Greenfuel Technologies - Algae Systems (1), Gmbu Gesellschaft Zur Fœrderung Von (1), Georg Fischer Deka (1), Fraunhofer (1), Feyecon Dev Implementation - Feyecon - Geert Feye Woerlee (2), Chingoo Res Partnership (1), Bio Fuel Systems - Biofuel Systems (1), Algenol Biofuels (1)

Liste des brevets les plus cités (4/5)

NUMERO DE PUBLICATION2	TITRE DU BREVET	DEPOSANT	DEPOSANTS CITANTS
US5614378 37 citations	PHOTOBIOREACTORS AND CLOSED ECOLOGICAL LIFE SUPPORT SYSTEMS AND ARTIFIFICIAL LUNGS CONTAINING THE SAME	UNIV MICHIGAN;	Joule Unlimited (2), Innovative American Technology (1), Ifremer (1), Honda - Univ Inha - Inverter Industry Inst Partnership (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (2), Genifuel (2), Enlightened Designs (1), Emission Science - Phycosystems (1), Cybel Holding (1), Co2 Solutions (1), Clearvalue Technologies (1), Bioprocess Sweden Gustavsbe - Gamel Paul C O (1), Bionavitas (1), Aramco Services - Saudi Arabian Oil (1), Algae Systems (1), Algae Oil Gmbh (1), Abhishek Narain Sing (1), Wacker Chemie Gmbh (1), Us Government - Ut Battelle Llc (1), Univ Inha (3), Univ Colorado State - Solix Biofuels (1), Orginoil (1), O2 (1)
US2009029445 36 citations (et 2 autocitations)	ALGAE GROWTH SYSTEM FOR OIL PRODUCTION	ORIGINOIL INC;	Univ Inha (1), Univ Arizona State (1), Streamline Automation (2), Sartec Corp (1), Round River Technologies Canad - Staterra (1), Raytheon (1), Phycal (1), Originoil Inc (2), Heliae Development (7), Fermentalg (1), Eulgi Univ Industry Academy Foundation - Kairos Global (1), Ennesys (1), Enn Res Development (1), Emcore Corp - Wells Fargo - Palmer Labs (1), Element Cleantech (1), Dsm - Ocean Nutrition Canada (1), Community Synergies (1), Biovantage Resources (1), Bayer Ag (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (4)
US2008153080 35 citations (et 2 autocitations)	CLOSED PHOTOBIOREACTOR SYSTEM FOR CONTINUED DAILY IN SITU PRODUCTION , SEPARATION , COLLECTION , AND REMOVAL OF ETHANOL FROM GENETICALLY ENHANCED PHOTOSYNTHETIC ORGANISMS	ALGENOL BIOFUELS;	Univ Kiel (1), Univ Inha (1), Univ Berlin (1), Karlsruhe Institute Of Technology (1), Joule Unlimited (2), Inst Fuer Getreideverarbeitung - Tecnologias Avanzadas De Microalgas (1), Enlightened Designs (1), Cnrs (Fr) - Univ Nantes (1), Chevron - Georgia Tech Res (1), Cas (Cn) - Guangzhou Inst Conversion Chineseacademy (1), Brightsource Development - Hercules (1), Bayer Ag (1), Battelle Ventures - Braemar Energy Ventures Ii - Innovation Valley - Protero - Proterro (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (1), Aquafusion Technologies (1), Algenol Biofuels (2), Aeon Biogroup (1), Acta Alga (3), Acidophil - Zuvachem (1), Wacker Chemie Gmbh (1), Us Government - Seti Inst (1), Univ California (1), Tantillus Synergy (1), Streamline Automation (2), Source Integration (1), Schott (1), Mip Technologies Ab (1)
EP2152848 34 citations (et 1 autocitation)	PHOTOBIOREACTOR SYSTEMS POSITIONED ON BODIES OF WATER	GREENFUEL TECHNOLOGIES; ALGAE SYSTEMS;	Joule Unlimited (1), Greenfuel Technologies - Algae Systems (1), Ford - Algae Ltd (1), Eulgi Univ Industry Academy Foundation - Kairos Global (1), Emcore Corp - Wells Fargo - Palmer Labs (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (1), Aquatech Bioenergy (1), Algoil (1), Algenol Biofuels (2), Aa Micro - Microa (1), Us Government - Seti Inst (1), Univ Sungkyunkwan (1), Univ Montana State (1), Univ Madrid (1), Univ Inha - Inverter Industry Inst Partnership (1), Univ Inha (1), Univ Colorado State - Solix Biofuels - Solix Biosystems (2), Streamline Automation (2), Siemens (1), Proterro (1), Pressure Biosciences Inc (1), Nahshon Edelson (1), Microphyt (4), Mbd Energy (1)
US5130242 32 citations (et 37 autocitations)	PROCESS FOR THE HETEROTROPHIC PRODUCTION OF MICROBIAL PRODUCTS WITH HIGH CONCENTRATIONS OF OMEGA-3 HIGHLY UNSATURATED FATTY ACIDS	DSM;	Univ Wake Forest (1), Univ Hull (2), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Univ Washington State (1), Solazyme (6), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (1), Rho Renewables (1), Ocean Nutrition Canada (1), Nutrinova - Sanofi Aventis - Aveniis Res Technologies (1), Omegatech (1), Kawasaki (1), Io Mega Holding (1), Heliae Development (7), Elasten Pharmavertriebs - Heitland Petre International (1), Dsm (37), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (2), Alltech - Bank Of America (1), Algal Scientific (1), Abl Biotechnologies (1)

Liste des brevets les plus cités (5/5)

NUMERO DE PUBLICATION2	TITRE DU BREVET	DEPOSANT	DEPOSANTS CITANTS
EP1252324 32 citations (et 9 autocitations)	SOLVENTLESS EXTRACTION PROCESS	DSM; MARTEK BIOSCIENCE; OMEGATECH;	Heliae Development (7), General Atomics (1), Evodos Algae Technologies (1), Dsm - Ocean Nutrition Canada (1), Dsm - Martek Bioscience - Omegatech (1), Dsm - Martek Bioscience (3), Dsm - Martek Bioscience - Maher Technology Biosciences Boulder (1), Dsm - Ironwood Pharmaceuticals Inc - Microbia - Micro Vias (1), Dsm (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (2), Alfa Laval (1), Univ Texas System (1), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Solazyme (8), Shell (2), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (1), Roquette Freres (1), Photo Lens - Photonz (1), Martek Bioscience (1), Ls9 (3)
WO2007098150 32 citations (et 1 autocitation)	PHOTOBIOREACTOR AND USES THEREFOR	UNIV ARIZONA STATE	Us Government - Seti Inst (1), Univ New Mexico (1), Univ Arizona State - Univ Arizona - Lv Administrative Services (1), Trine Tasman - Trinitas (1), Quinn (1), Phytolutions (1), Ning Chong (1), Kaltenhäuser (1), Joule Unlimited (3), General Atomics (1), Fotosintetica Microbiologica (1), Endesa Generacion (1), Clean Energy Esb (1), Chlor Bioenergy (3), Biovantage Resources (1), Bayer Ag (1), Algenol Biofuels (1), Algae Oil Gmbh - Alge Oil (1), Advanced Algae (1), Acidophil - Zuvachem (1), Aa Micro - Microa (1)
US7883882 26 citations (et 8 autocitations)	PRODUCTION OF TAILORED OILS IN HETEROTROPHIC MICROORGANISMS	SOLAZYME;	Univ Texas System (1), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Univ Arizona State (1), Streamline Automation (2), Solazyme (8), Sapphire Energy - Wellcome Trust (Gb) (1), Phycal (1), Joule Unlimited (5), J Craig Venter Inst (1), Heliae Development (6), Heli Meet Development - Heliae Development (1), General Atomics (1), Exxonmobil (1), Evonik Industries (1), Battelle Ventures - Braemar Energy Ventures Ii - Innovation Valley - Protero - Proterro (1), Aurora Algae - Silicon Valley Bank (2)
FIST SA EP0515460 25 citations (et 30 autocitations)	DOCOSAHEXAENOIC ACID , METHODS FOR ITS PRODUCTION AND COMPOUNDS CONTAINING THE SAME	DSM; MARTEK BIOSCIENCE	Univ Hull (2), Univ Arizona State - Univ Arizona (1), Solazyme (6), Rho Renewables (1), Posco (Kr) - Univ Inha - Ecological Systems - Ecophyco Tech (1), Nutrinova - Wildebeest Bird Food Nova Special Tees Greedy Ingredients (1), Nutrinova - Sanofi Aventis - Aveniis Res Technologies (1), Nisshin (2), Martek Bioscience - Mateck Bioscience (1), Martek Bioscience (6), Marenutrica (1), Kawasaki (3), Io Mega Holding (1), Du Pont (1), Dsm - Sme Day Ten Fen Notes Page Ase Tsu Tsube Slow Shut Flop (1), Dsm - Ocean Nutrition Canada (1), Dsm - Martek Bioscience - Omegatech (2), Dsm - Martek Bioscience - Mateck Bioscience (3), Dsm - Martek Bioscience (3), Dsm (13), Cea - Ussi - Thallia Pharma - Thallia Pharma S A - Yushii Soc (1), Bio Fuel Systems (1), Ajinomoto (1)
WO2009111513 22 citations (et 17 autocitations)	ENGINEERED CO2 FIXING MICROORGANISMS PRODUCING CARBON-BASED PRODUCTS OF INTEREST	JOULE UNLIMITED;	Joule Unlimited (17), Hillwinds Energy Development (1), Exxonmobil (1), Evonik Industries (1), Easel Biotechnologies (1), City Univ Of Ny (Cuny) (1), Braskem S A (2), Battelle Ventures - Braemar Energy Ventures Ii - Innovation Valley - Protero - Proterro (1), Algenol Biofuels (1), Acidophil - Zuvachem (1), Us Government - Ginkgo Bioworks (1), Univ Montana State (1), Univ California (3), Targeted Growth - Matrix Genetics (1), Solazyme (1), Neste Oil (1), Ls9 (2)
US5374657 20 citations (et 21 autocitations)	MICROBIAL OIL MIXTURES AND USES THEREOF	MARTEK BIOSCIENCE;	Heliae Development (8), Dsm - Sme Day Ten Fen Notes Page Ase Tsu Tsube Slow Shut Flop (1), Dsm - Martek Bioscience - Omegatech - Martex Biosciences (1), Dsm - Martek Bioscience (1), Dsm - Martek Bioscience - Maher Technology Biosciences Boulder (1), Dsm - Martek Bioscience (1), Dsm - Ironwood Pharmaceuticals Inc - Microbia - Micro Vias (1), Dsm (15), Abl Biotechnologies (1), Univ Hull (2), Univ Arizona State - Univ Arizona (2), Nutrinova - Wildebeest Bird Food Nova Special Tees Greedy Ingredients (1), Nestle (1), Martek Bioscience - Mateck Bioscience (1), Martek Bioscience (2), Kawasaki (1)

Liste des familles les plus étendues (1/3)

IP Overview

DEPOSANT	NUMERO DE PUBLICATION	ANNEE DE PRIORITE	TAILLE DE LA FAMILLE
SUNHO BIODIESEL CORP,	EP1637610	2004	22
DSM, MARTEK BIOSCIENCE, OMEGATECH,	EP1251744	2000	18
DSM, MARTEK BIOSCIENCE, OMEGATECH,	EP1252324	2000	17
UNIV MISSISSIPPI,	EP1301191	2000	14
FRAUNHOFER, SUBITEC,	EP1169428	1999	14
PROXY RECORDS, XYLECO,	EP2389444	2009	14
ECO SOLUTION	EP2326708	2008	14
SOLAZYME,	EP2152849	2007	13
DSM, MARTEK BIOSCIENCE,	EP1824809	2004	13
BASF,	EP1585813	2003	13
NESTLE,	EP1396533	2002	13
BAYER AG, RHODIA, RHONE ROULENC AGRO,	EP1029060	1997	13
WWCC Ltd	EP2478092	2009	13
BIOMARIN PHARMA INC,	EP2175875	2007	12
FUJI FUELS,	EP2160089	2007	12
SAPPHIRE ENERGY, SCRIPPS RES INST, WELLCOME TRUST (GB),	EP2162537	2007	12
IOGENYX,	EP2126069	2007	12
MOUGINS BERNARDO A JOTA (inventeur indépendant)	EP2159195	2007	12
GLOBAL RESEARCH TECHNOLOGIES, KILIMANJARO ENERGY,	EP2077911	2006	12
UNIV ARIZONA STATE	EP2066780	2006	12

FIST SA

Liste des familles les plus étendues (2/3)

DEPOSANT	NUMERO DE PUBLICATION	ANNEE DE PRIORITE	TAILLE DE LA FAMILLE
DSM, MARTEK BIOSCIENCE, MATECK BIOSCIENCE, SEMBIOSYS GENETICS,	EP2001277	2006	12
IND ENUBUI ESUBIEII, SBAE,	EP2001806	2006	12
DSM, MARTEK BIOSCIENCE, MATECK BIOSCIENCE,	EP1903883	2005	12
DSM, IRONWOOD PHARMACEUTICALS INC, MICROBIA,	EP1866428	2005	12
SHELL,	EP1720798	2004	12
UNIV BRISTOL,	EP1576166	2002	12
DSM,	EP1513922	2002	12
DSM, ROCHE,	EP1158051	2000	12
DSM, ROCHE,	EP1111067	1999	12
OLD DOMINION UNIV,	EP2585561	2010	12
MICROPHYT,	EP2411500	2009	12
SOLAZYME,	EP2370555	2008	12
XYLECO,	EP2276795	2004	12
SAPPHIRE ENERGY, SCRIPPS RES INST, WELLCOME TRUST (GB),	EP2162537	2007	12
IOGENYX,	EP2126069	2007	12
TROY ATTU GRAPHICS O MOUGINS BERNARDO A JOTA,	EP2159195	2007	12
OLD DOMINION UNIV,	EP2585561	2010	12
MICRO FIT, MICROPHYT,	EP2411500	2009	12
SOLAZYME,	EP2370555	2008	12
XYLECO,	EP2276795	2004	12
SOLAZYME,	EP2265724	2008	12

FIST SA

Liste des familles les plus étendues (3/3)

DEPOSANT	NUMERO DE PUBLICATION	ANNEE DE PRIORITE	TAILLE DE LA FAMILLE
BIZEN CHEMICAL, SUNTORY	EP0775449	1995	11
UNIV HELSINKI, AALTO UNIV,	EP2183375	2007	11
SAPPHIRE ENERGY, WELLCOME TRUST (GB),	EP2195426	2007	11
DOMINIQUE DELOBEL,	EP2171033	2007	11
BIOFUEL SYSTEMS,	EP2103682	2006	11
UNIV ARIZONA STATE,	EP2087096	2006	11
DESERT LAKE TECHNOLOGIES,	EP1895973	2005	11
DSM, MARTEK BIOSCIENCE	EP1893731	2005	11
SHELL,	EP1720635	2004	11
BASF,	EP1723220	2004	11
BASF,	EP1654344	2003	11
DSM, MARTEK BIOSCIENCE,	EP1623008	2003	11
NORFERM DA	EP1497409	2002	11
UNIV BRISTOL,	EP1373519	2001	11
HELIAE DEVELOPMENT,	EP2556162	2010	11
ACTA ALGA,	EP2521767	2010	11
MERIAL SAS,	EP2519258	2009	11
MICROA,	EP2475761	2009	11
ECHEVARRIA PARRES ANTONIO JOSE DE JESUS DE SAN JUA	EP2302019	2008	11

Conclusions: brevets clés du domaine

Dans cette partie, on a listé les brevets clés au regard des citations et des extensions.

- **Citation:**

Les brevets les plus cités sont essentiellement américains et industriels, détenus par Solix, Greenfuel/Algae system, Solazyme.
Dans cette liste de 21 acteurs on retrouve en 6ème position un brevet du CEA, en 8ème l'université de Jérusalem, en 10ème un brevet du Fraunhoffer.
Le premier industriel européen est DSM/Martek avec 3 brevets parmi les 21 les plus cités.
On peut aussi remarquer que parmi ces brevets il n'y a ni japonais ni chinois.

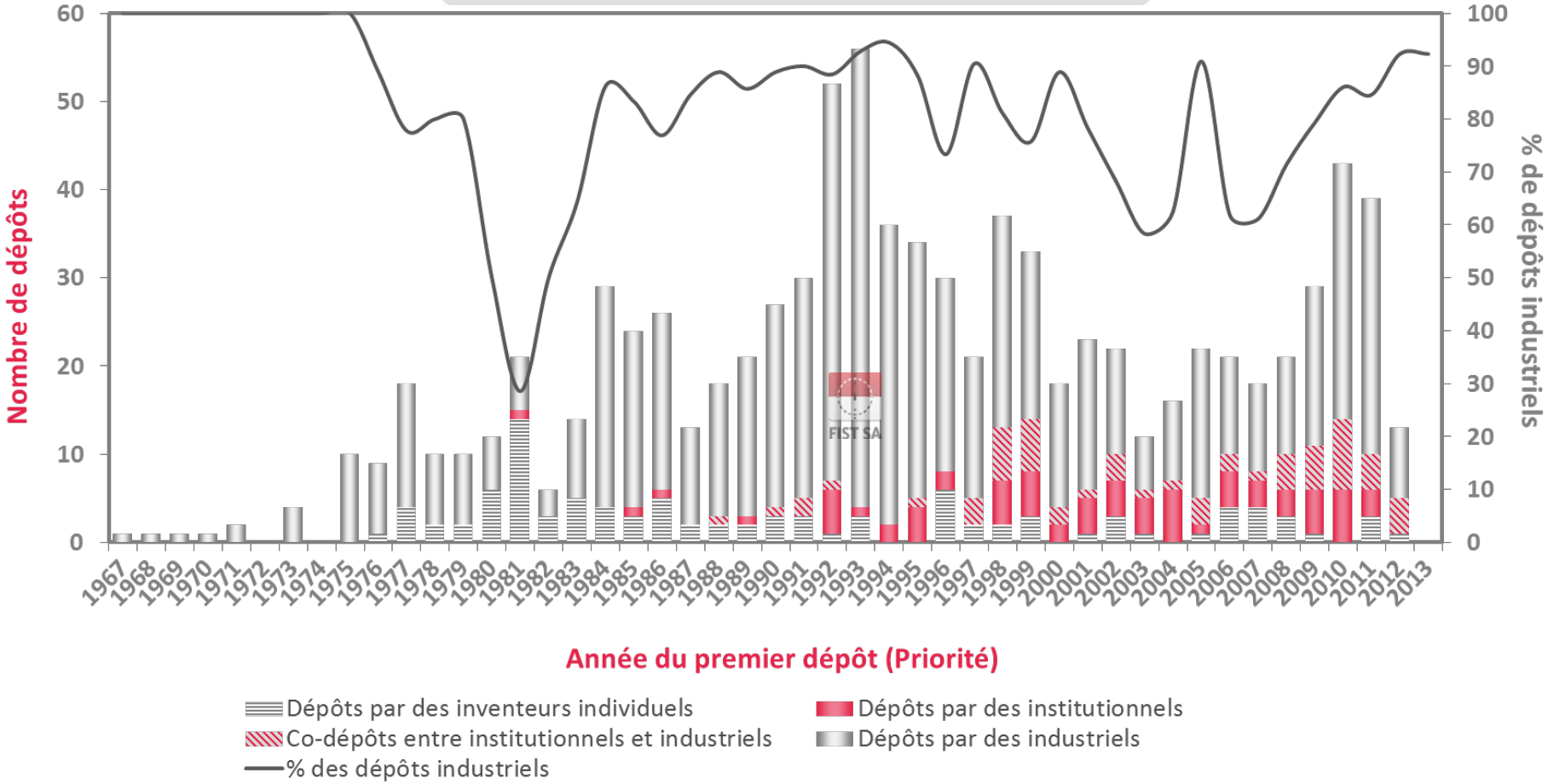
- **Extension:**

Cette liste concerne les brevets les plus étendus déposés après 1993. On trouve principalement des européens et des américains. D'un point de vu typologie, ce sont essentiellement des grands groupes industriels. Par exemple, DSM a un portefeuille très étendu. En effet, 10% de leurs brevets sont étendus dans au moins dix zones géographiques.

FOCUS JAPON

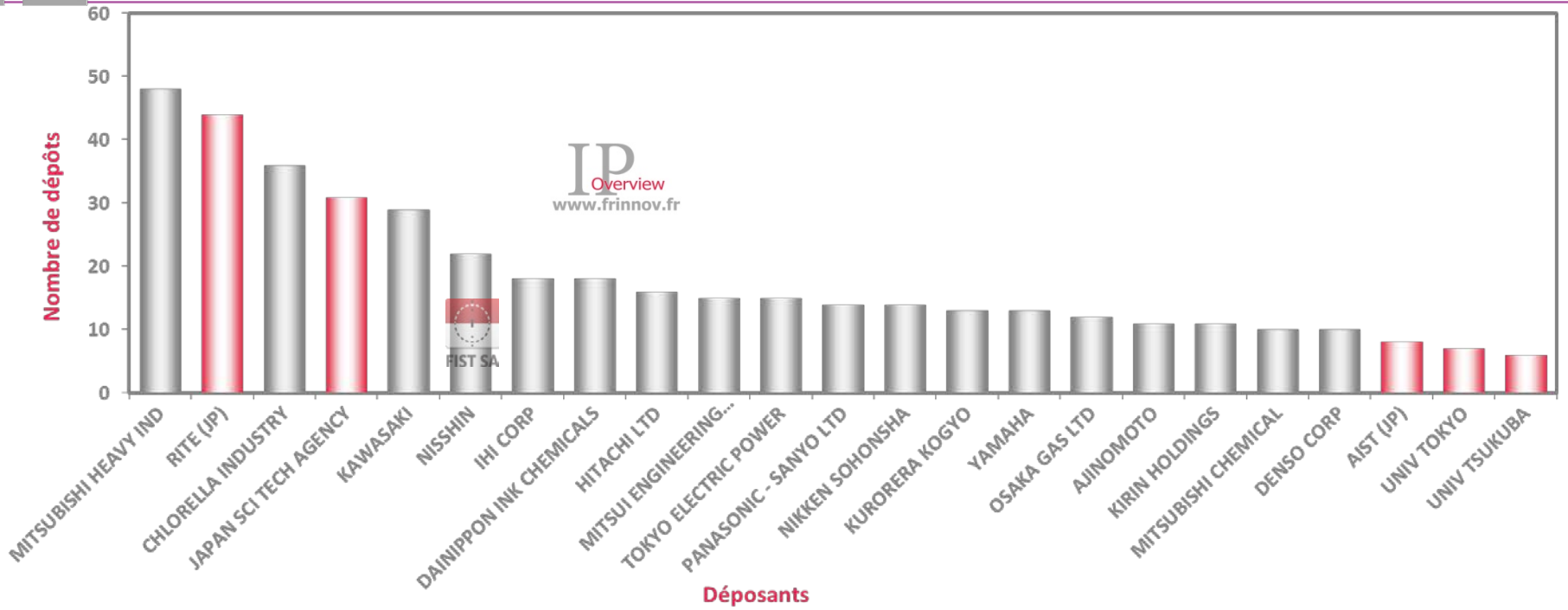
Evolution des dépôts dans le temps: selon les types de déposants

904 brevets prioritaires déposés au Japon



Près de 75% des dépôts japonais sont effectués par des industriels. On note néanmoins une augmentation des dépôts académiques et co-dépôts entre académiques et industriels à partir de la fin des années 90. En effet, entre 1998 et 2011, les co-dépôts entre académiques et industriels représentent 13% des dépôts japonais et les dépôts académiques 16%.

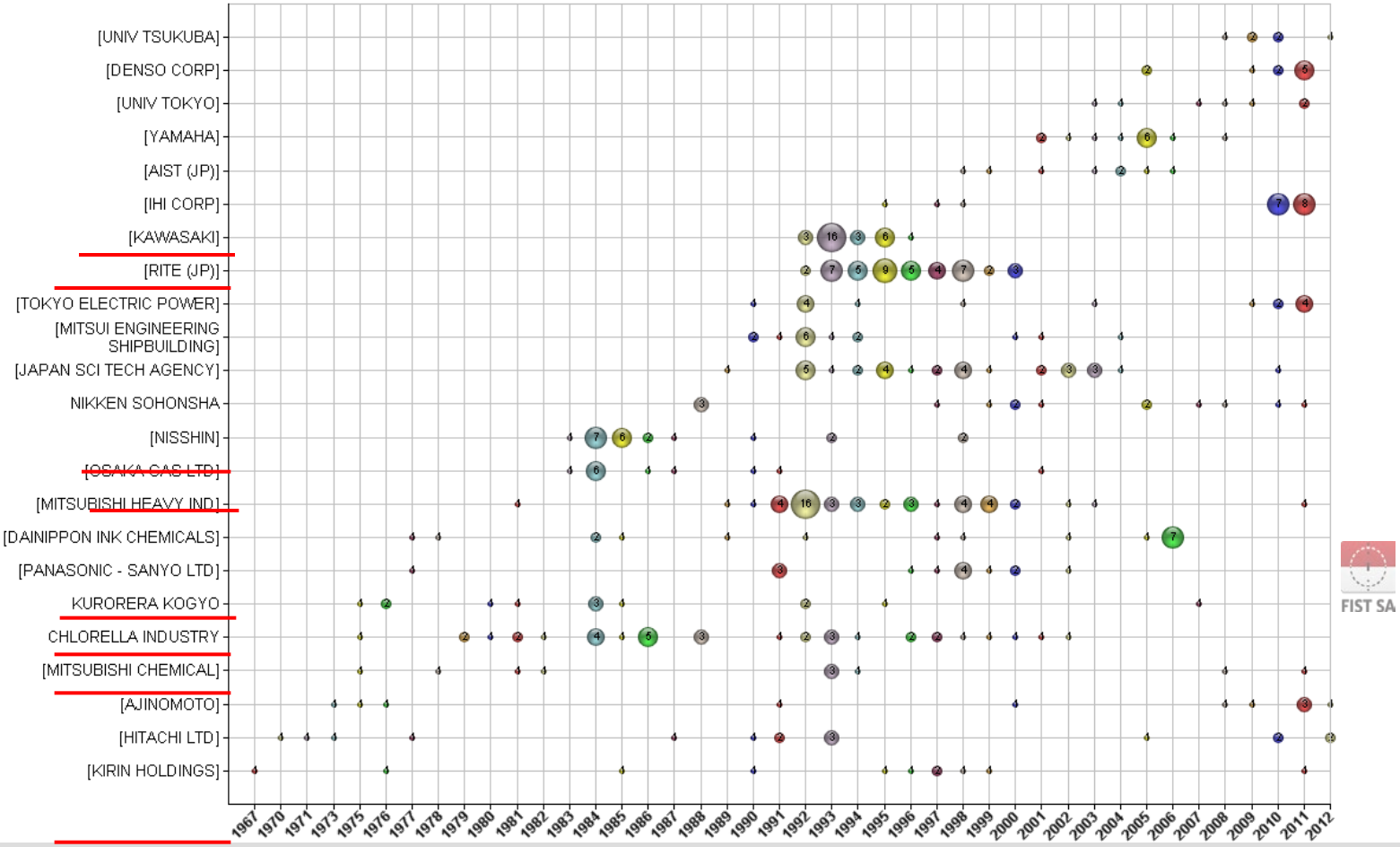
Déposants principaux



Les principaux déposants académiques sont le RITE (Research Institute of Innovative Technology for the Earth) et le Japan science and technology agency. Ils sont deuxième et quatrième déposant japonais. Outre les déposants académiques, nous avons aussi des conglomérats tels que Mitsubishi Heavy Industry, Mitsubishi Chemical, Mitsui Engineering shipbuilding, Yamaha, Denso, Hitachi et Panasonic – Sanyo. Nous notons la présence de spécialistes en algues tels Chlorella industry, Nikken Sohonsha et Kurorera Kogyo, des agrochimistes tels qu'Ajinomoto, Nisshin oil group, le gazier Osaka Gas et le producteur d'encres Dainippon Ink Chem. Ihl corp, Tokyo electric power sont des grands groupes opérant dans l'industrie lourde. Kawasaki steel, ancienne filiale de Kawasaki, a fusionné avec NKK pour donner JFE Steel. Kurorera Kogyo et Chlorella Industry semblent être la même entreprise (rachat ou fusion).

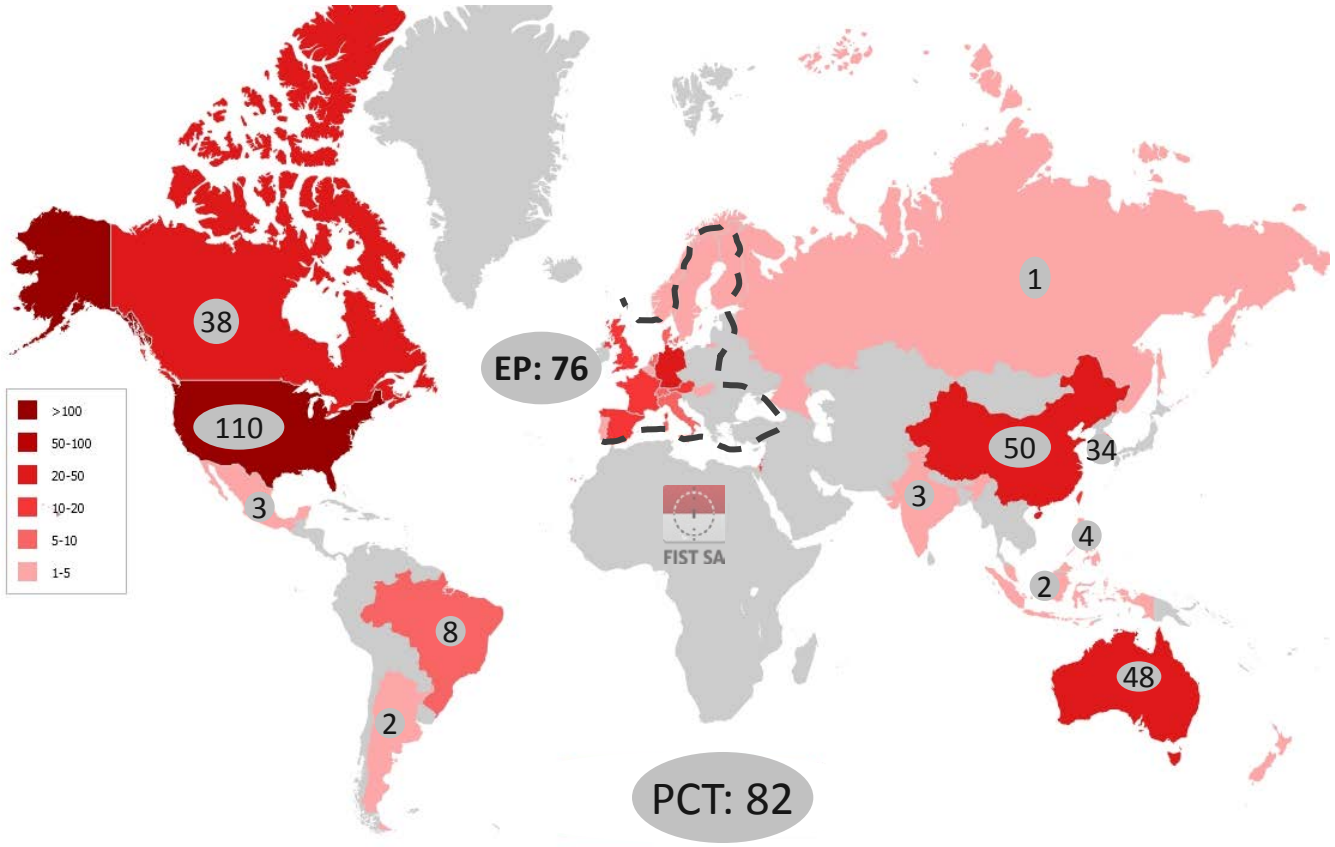
Déposants principaux: évolution des dépôts

Overview



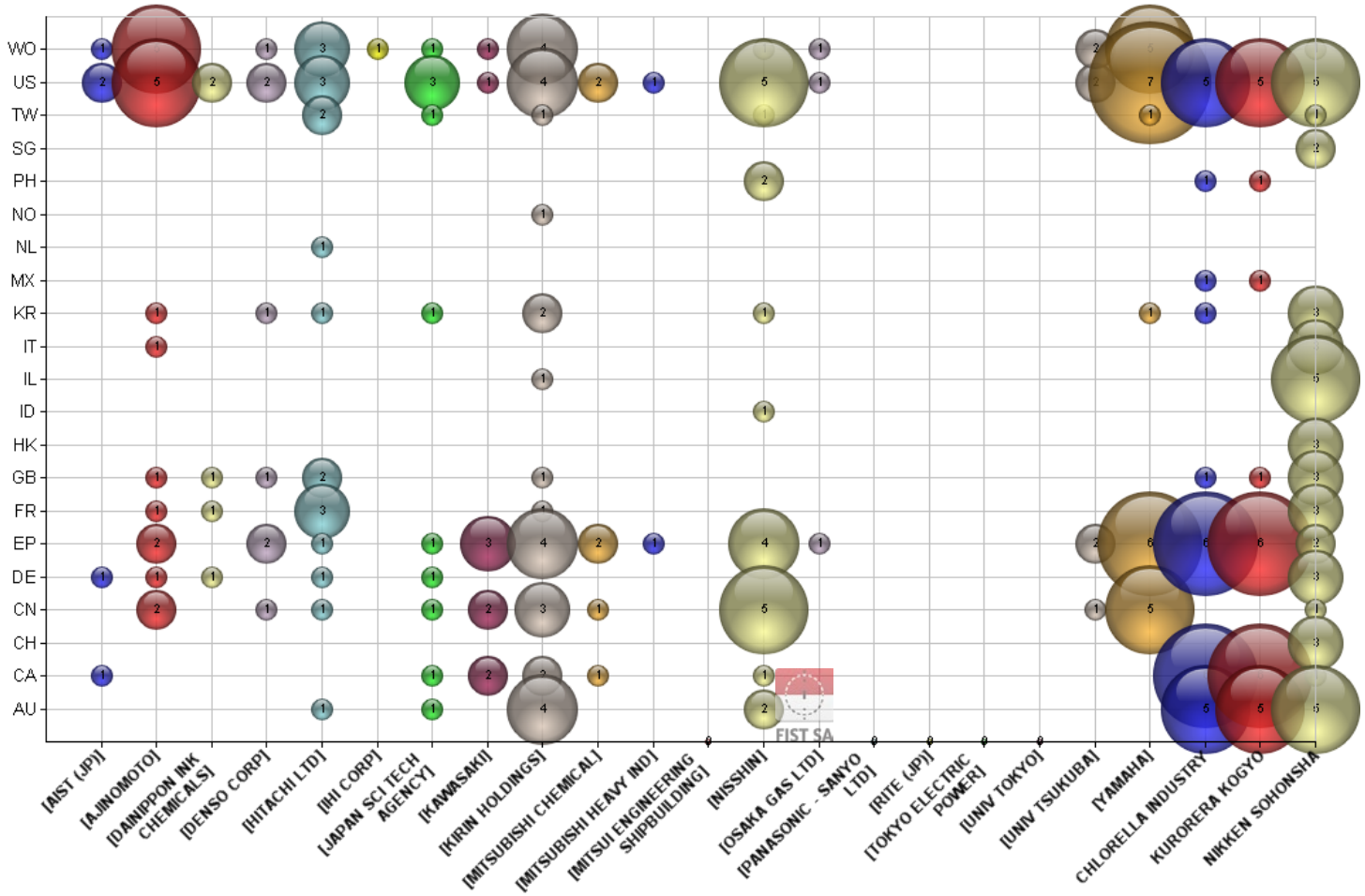
Les acteurs japonais déposent depuis les années 60 dans ce domaine. Les pionniers sont des grands groupes tels que Mitsubishi ou des spécialistes en algues ou agroalimentaire tels que Chlorella industrie ou Ajinomoto. L'université de Tsukuba, Denso Corp, l'université de Tokyo et Yamaha font figure de nouveaux entrants. Certains acteurs, tels que IHI Corp, Kawasaki, le RITE (JP) ainsi que Nisshin oil, n'ont pas déposé de brevets dans ce domaine ces 10 dernières années.

Extensions



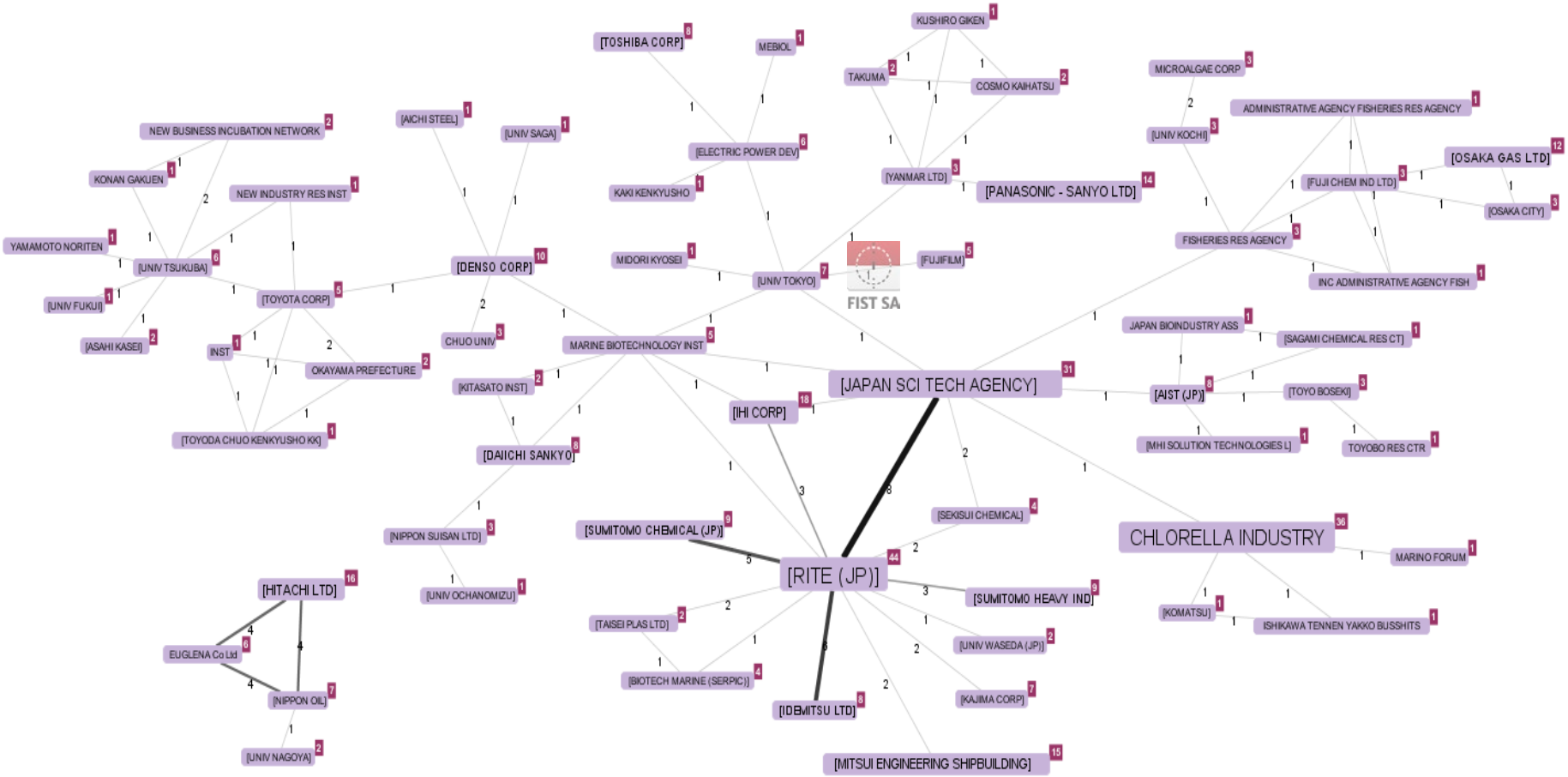
Globalement, seuls 18% (166/904) des brevets font l'objet d'extensions. Les pays les plus visés sont les USA, l'Europe, la Chine et l'Australie. Près de la moitié des brevets étendus, le sont via la procédure PCT.

Analyses des extensions des déposants sélectionnés



Mitsui engineering, Panasonic-Sanyo, RITE (JP), Tokyo Electric Power et l'université de Tokyo n'étendent pas leurs brevets. A contrario, Nikken Sohonsha, spécialiste en microalgues, étend systématiquement dans au moins 10 pays. Nisshin, spécialiste en oléagineux, étend également assez largement ses brevets.

Analyses des co-dépôts depuis 2000



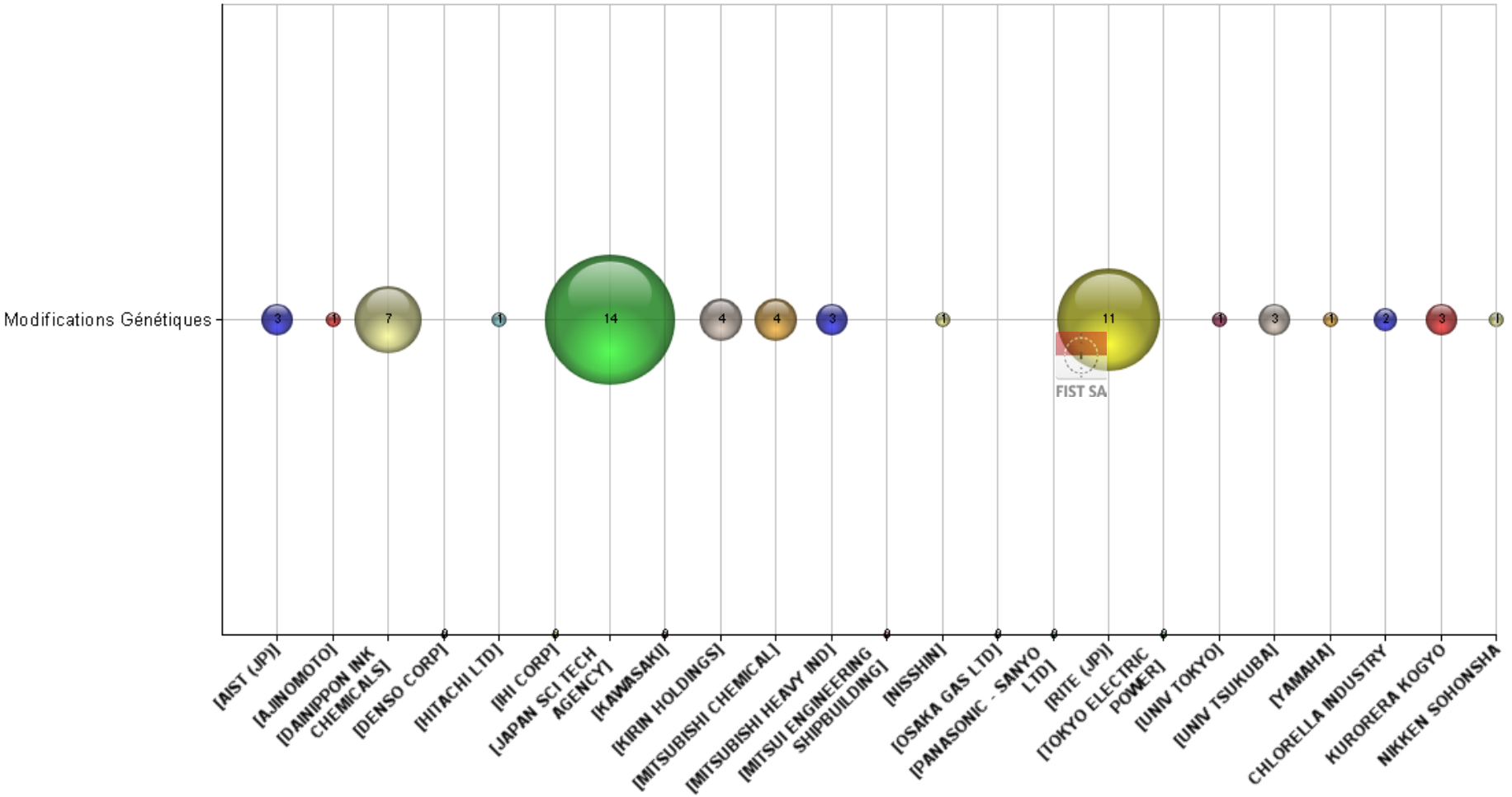
Analyses des co-dépôts depuis 2000



Analyses des co-dépôts depuis 2000

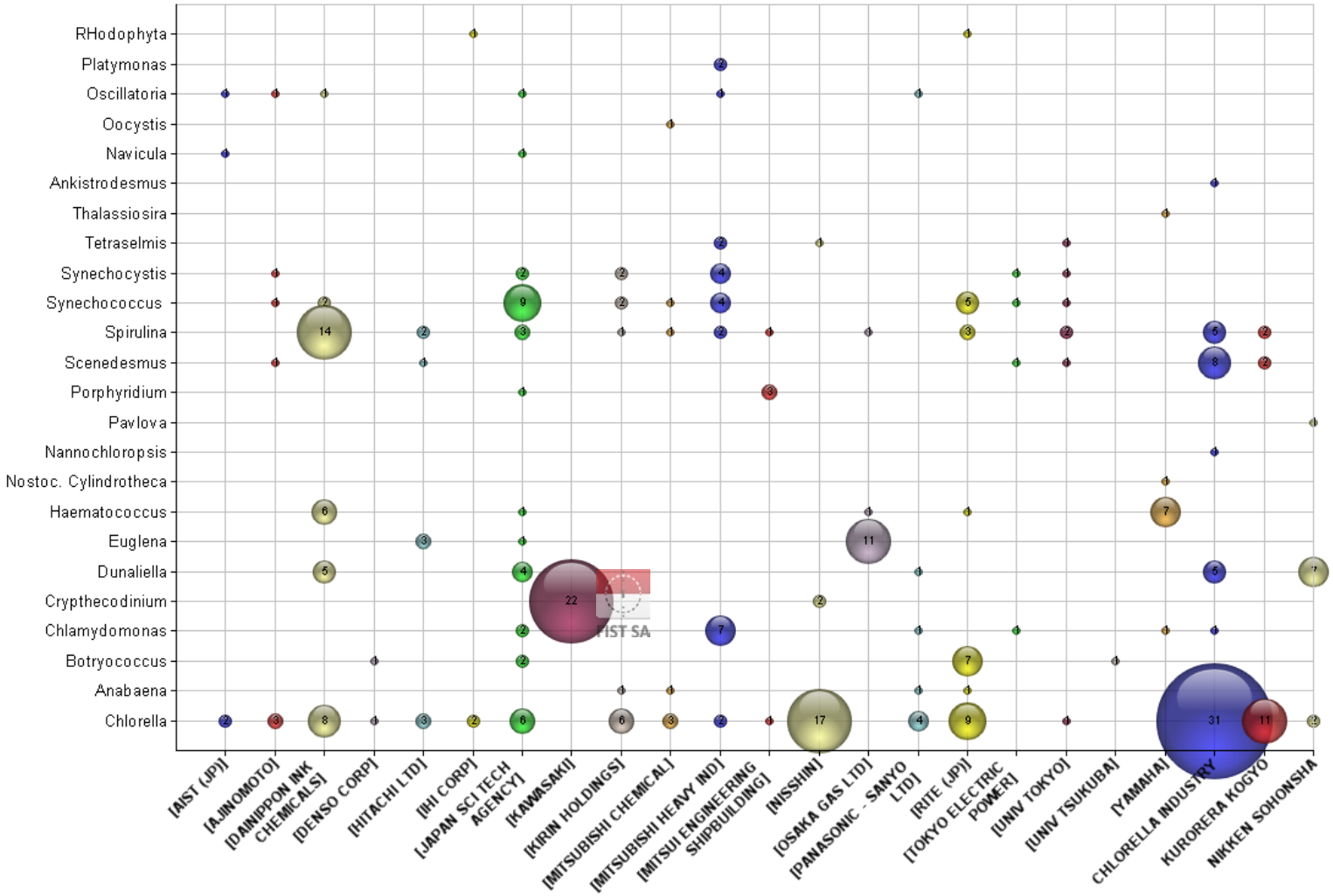
Cette figure modélise les interactions entre les différents acteurs japonais. Ces interactions peuvent être des collaborations qui débouchent sur des co-dépôts de brevet ou des cessions de brevets. La première chose que l'on remarque sur cette figure est la densité et la diversité des acteurs qui composent ce réseau. Il est bâti autour d'académiques comme le Japan Science & Tech Agency, le RITE (JP), l'Institut de biotechnologie marine, l'AIST, l'université de Tokyo et l'université de Tsukuba. Outre les acteurs académiques, nous avons aussi des acteurs industriels qui diffèrent par leurs secteurs d'activité ou leur typologie. Nous avons ainsi de grands groupes tels Denso Corp (équipementiers automobiles), Toyota corp (industrie automobile), Electric Power Developpement (fournisseur d'électricité) ou Fuji (photographies et impression). Nous notons aussi la présence de spécialistes en algues ou microalgues tels que Chlorella Industry, Nikken Sohonsha, Microalgae corp.

Positionnement des déposants japonnais: ingénierie génétique



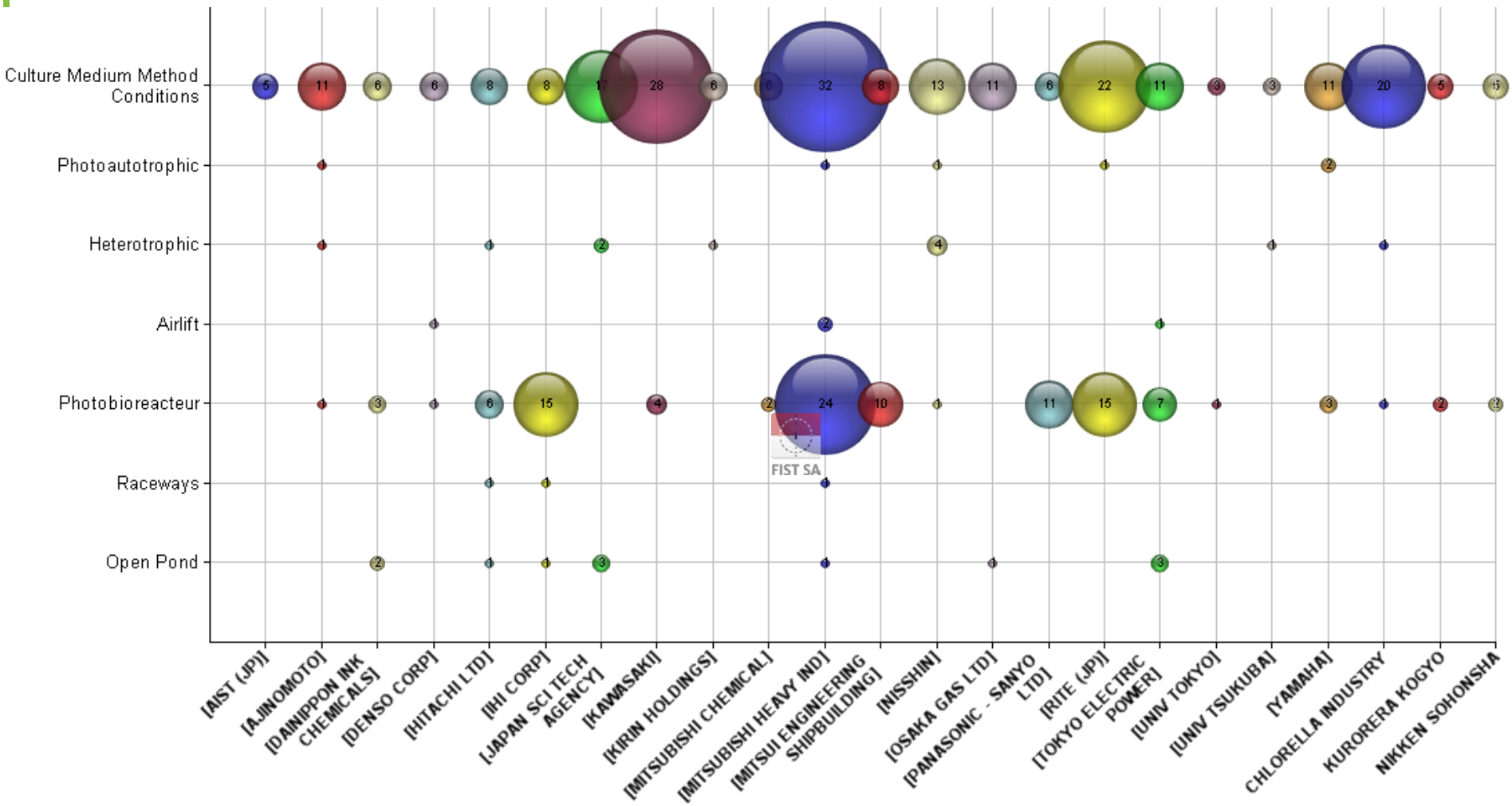
Les académiques RITE (JP) et Japan Science & Technology Agency ainsi que le spécialiste des encres Dainippon Ink sont les principaux déposants sur ce segment.

Positionnement des déposants japonnais: Type de souches



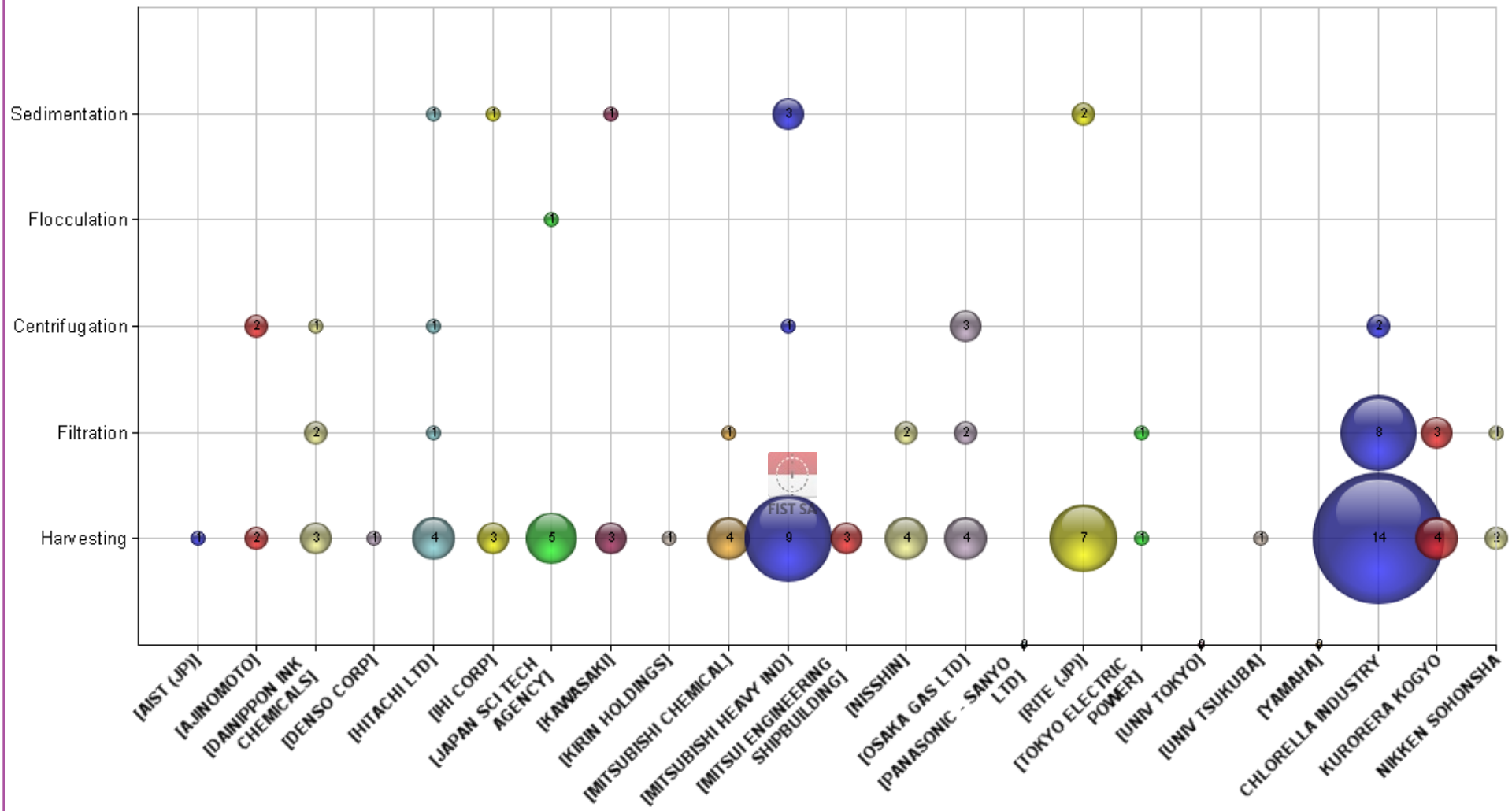
Des acteurs comme IHI corp, Kawasaki Steel, Nisshin Oil, Univ Tsukuba, Kurorera Kogyo et Chlorella industry protègent principalement un seul type de souche. A contrario, des acteurs comme Japan Scien & Tech Agency, Dainippon, Mitsubishi Heavy Industry et l'université de Tokyo couvrent une large variété de souches.

Positionnement des déposants japonnais: Productions et cultures

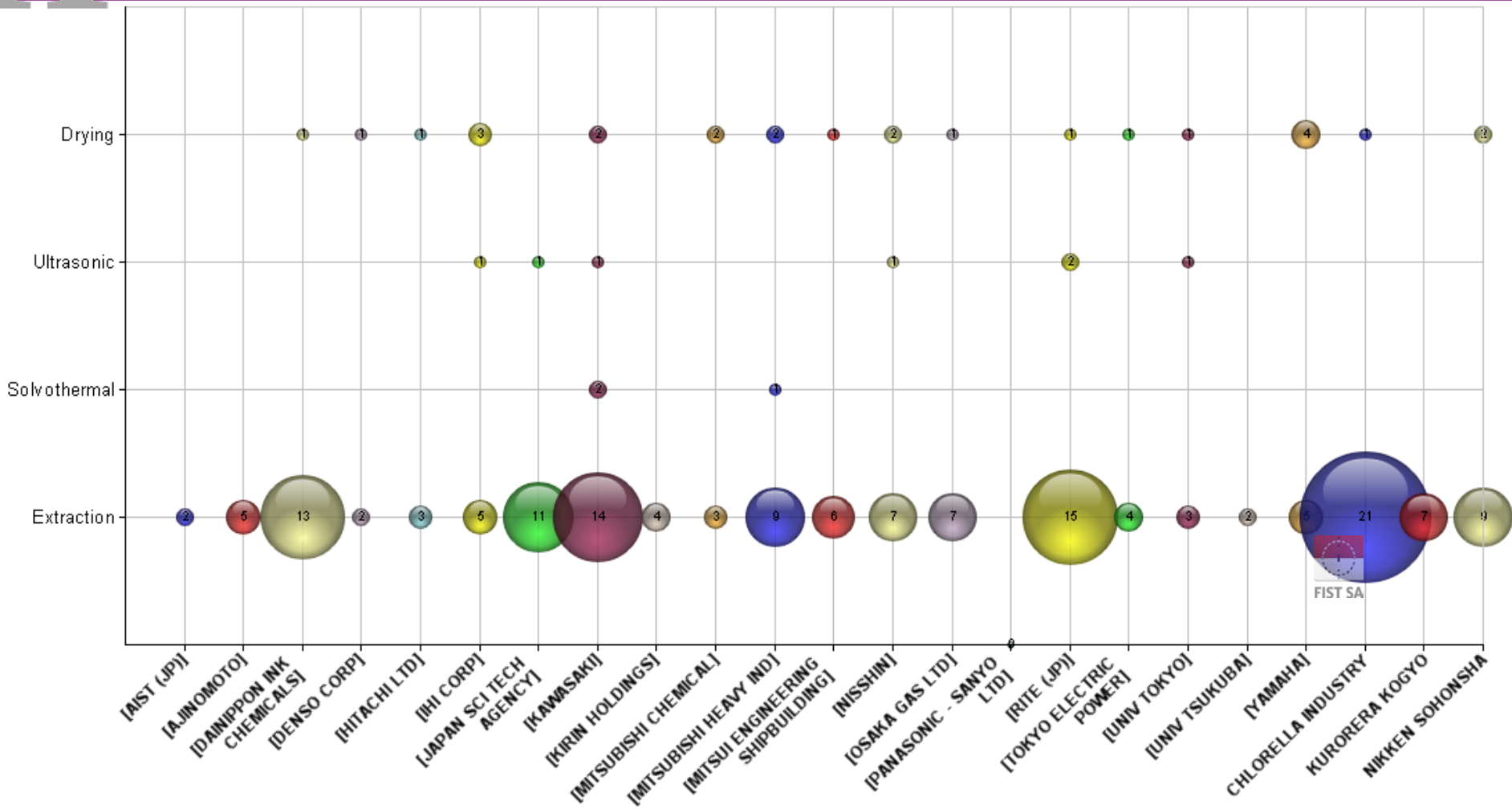


Les process, conditions et méthodes de cultures sont largement revendiqués par ces acteurs. Mitsubishi Heavy industry, Panasonic-Sanyo, RITE (JP), Mitsui Engineering, Tokyo Electric Power, IHI Corp sont positionnés sur les photobioréacteurs.

Positionnement des déposants japonnais: Harvesting & Dewatering

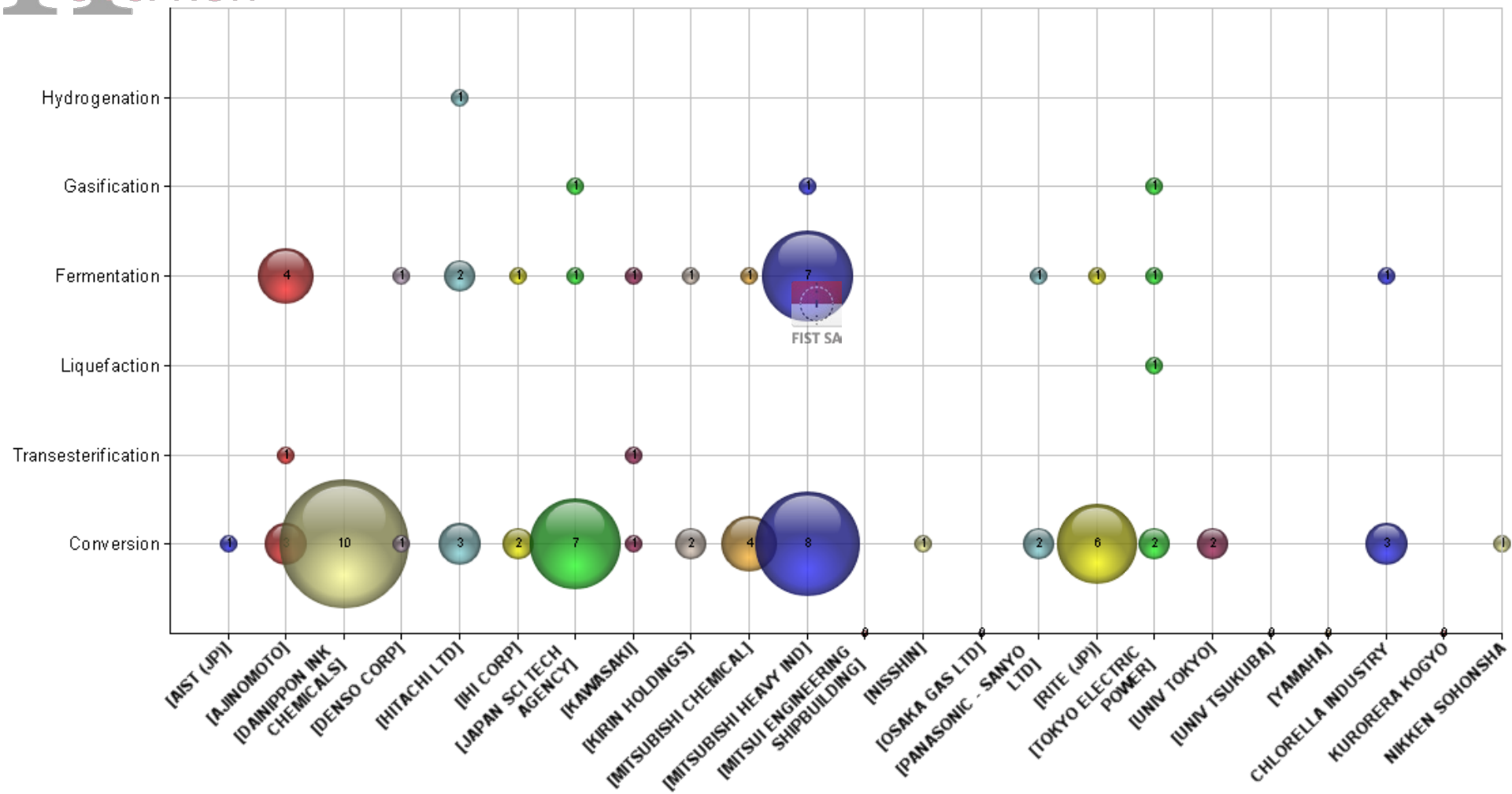


Positionnement des déposants japonnais: Extractions



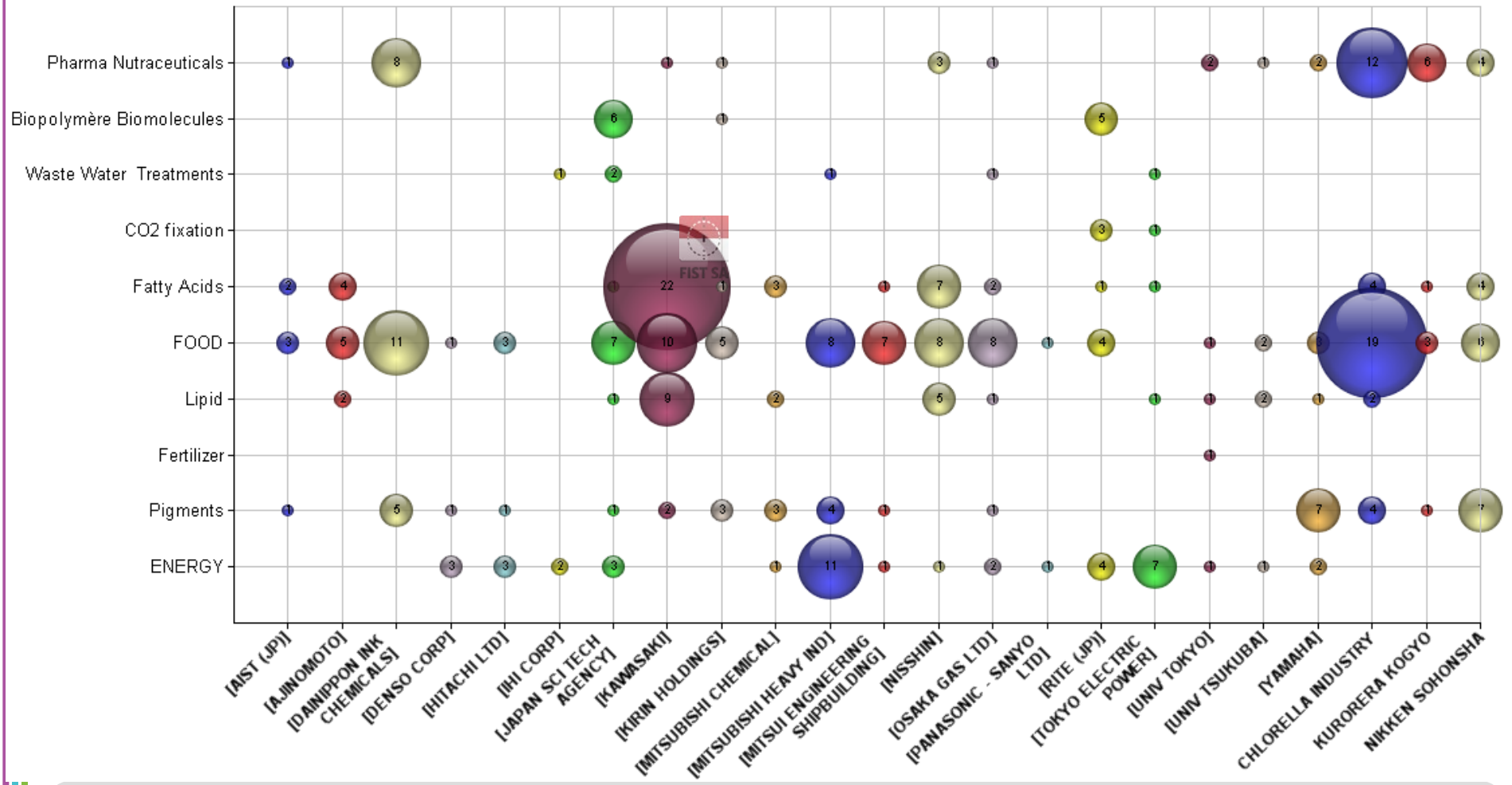
Les process de séchage sont les plus revendiqués.

Positionnement des déposants japonnais: Conversion



Les process de fermentation semblent être les plus revendiqués par les brevets japonais.

Positionnement des déposants japonnais: Applications



Les applications les plus revendiquées par les acteurs japonais sont des applications alimentaires (food et fatty acids). Les applications énergétiques sont bien représentées notamment dans le portefeuille de Mitsubishi heavy industry.

Conclusion: Focus Japon

- **Extensions**

Les brevets japonais ne sont pas souvent étendus (~20%). En effet, certains acteurs n'étendent pas du tout leurs brevets. Quelques-un, comme Nikken Sohonsha, couvrent de larges zones géographiques.

- **Acteurs**

Au Japon, ce sont les industriels qui déposent le plus de brevets dans ce domaine. Ces dernières années, on note l'apparition de quelques dépôts académiques, seuls ou en association avec des industriels. On remarque aussi que l'évolution des dépôts est assez cyclique avec des périodes de forte activité (entre 1990 et 1996, et à partir de 2009).

Les déposants majeurs sont principalement industriels. Cependant, on note la présence de déposants académiques dans le top 5.

Du point de vue typologique, on a des conglomérats comme Mitsubishi Mitsui et Itashi. On trouve aussi des spécialistes algues comme Chlorella Industry.

- **Positionnement des déposants japonais**

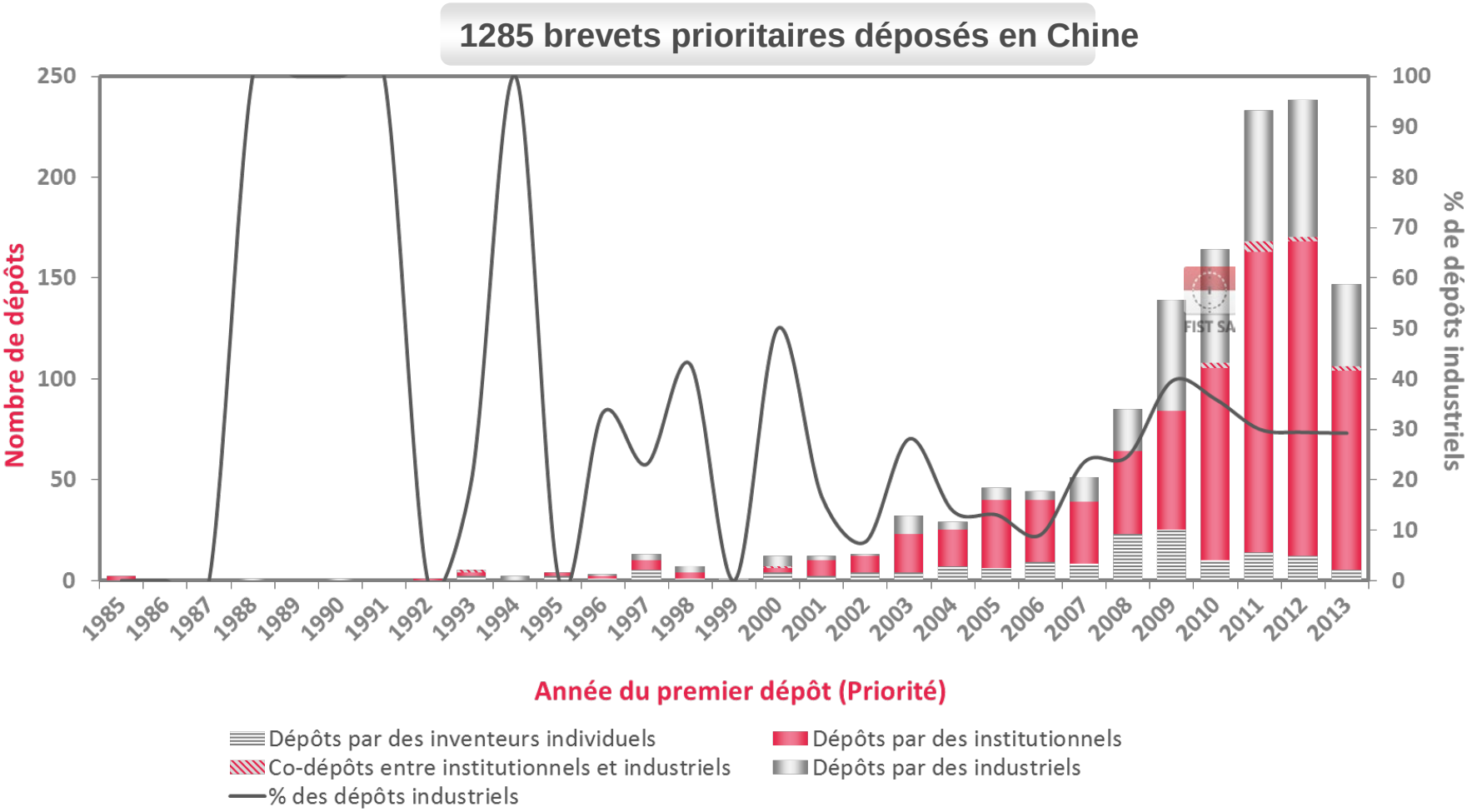
Ils sont principalement positionnés sur les milieux de culture et les photobioréacteurs. L'application food est la principale application revendiquée.

- **Réseaux et collaborations**

Les réseaux sont constitués autour de conglomérats et d'académiques. A côté de ces deux types d'acteurs, on note aussi la présence de spécialistes d'algues.

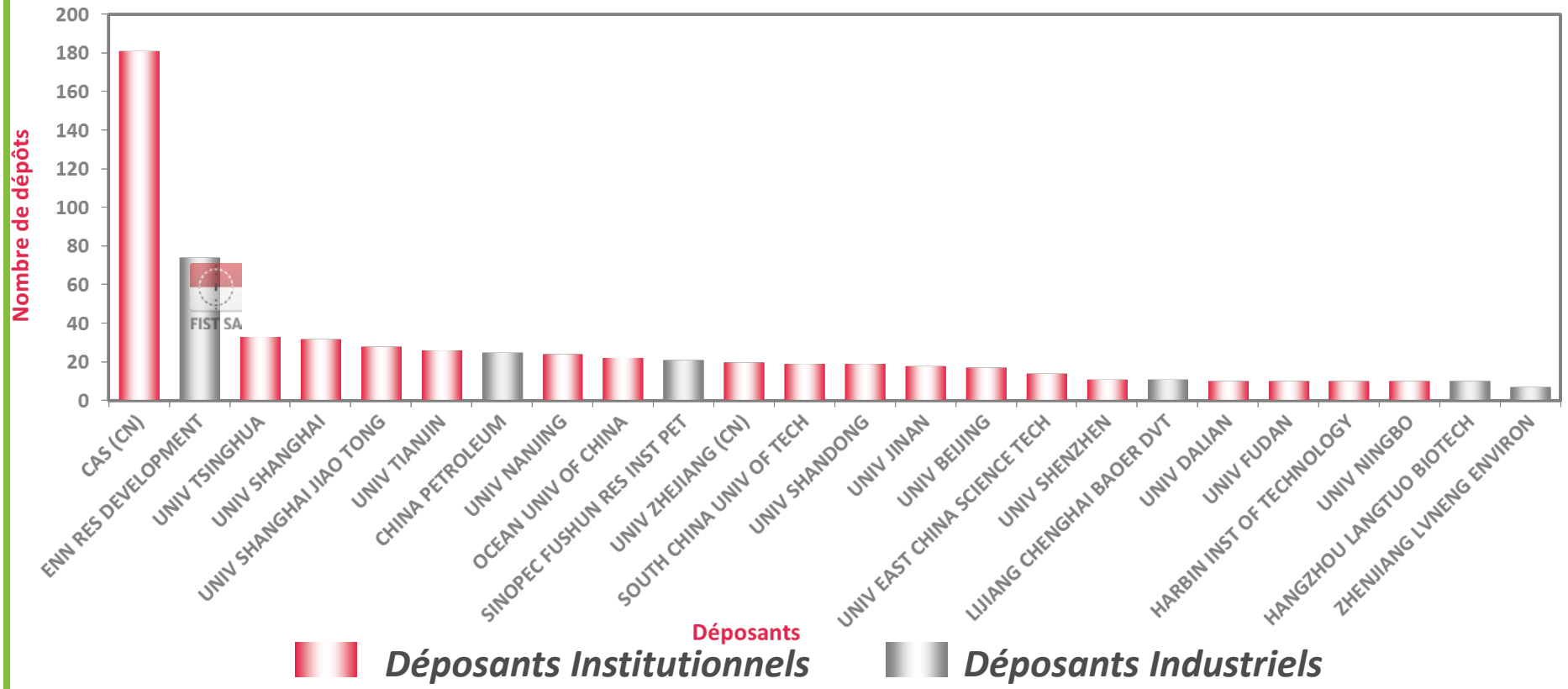
FOCUS CHINE

Evolution des dépôts dans le temps: selon les types de déposants



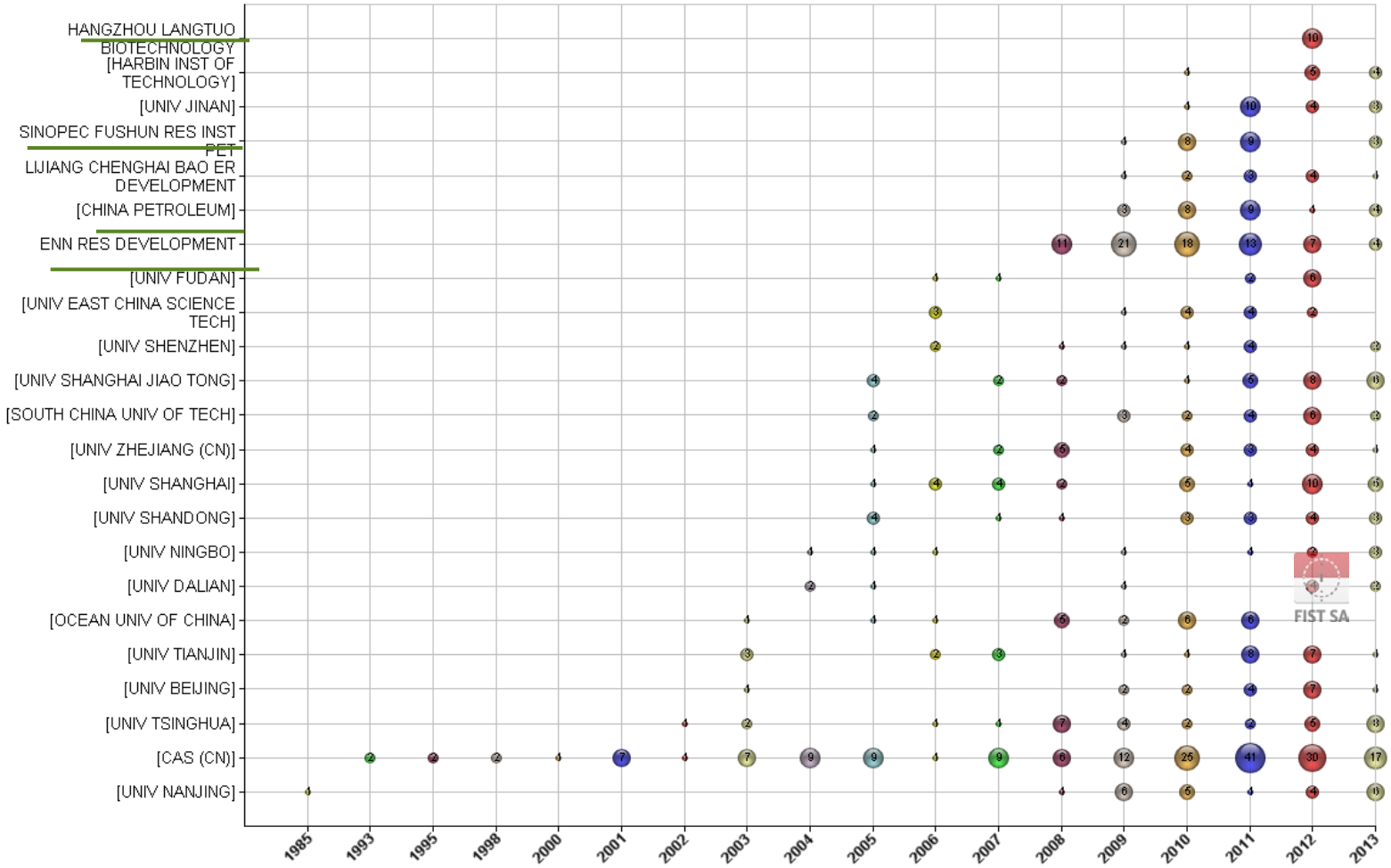
Les dépôts chinois débutent véritablement à partir des années 2000 avec une explosion des dépôts à partir de 2008. Près de 60% des dépôts sont effectués par des institutionnels. Les co-dépôts entre académiques et industriels restent faibles, ils ne représentent que 2% des dépôts chinois.

Déposants principaux



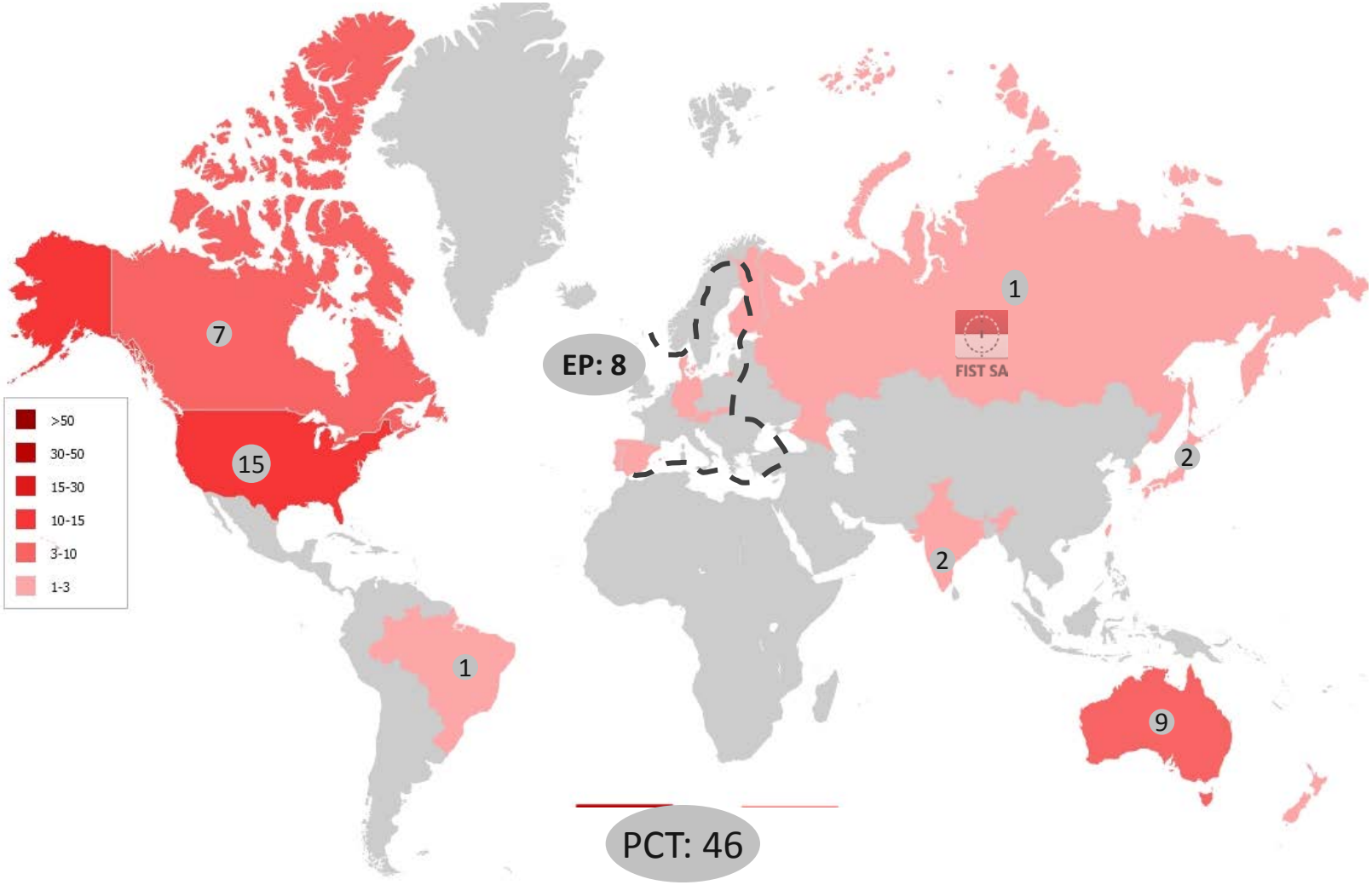
Les déposants majeurs sont essentiellement académiques. Le CAS est de loin le premier déposant avec 180 dépôts devant l'industriel ENN Research & Development qui totalise 75 dépôts. ENN Research & Development est une filiale du groupe ENN, une entreprise chinoise spécialiste en distribution et production d'énergies. Outre ENN, les deux autres industriels présents dans le top 10 sont CHINA PETROLEUM et sa filiale SINOPEC FUSHUN RESEARCH INSTITUTE OF PETROLEUM & PETROCHEMICALS. CHINA PETROLEUM est un groupe pétrochimique chinois, classé au 5ème rang des plus grandes entreprises mondiales en termes de chiffres d'affaires.

Déposants principaux: évolution des dépôts



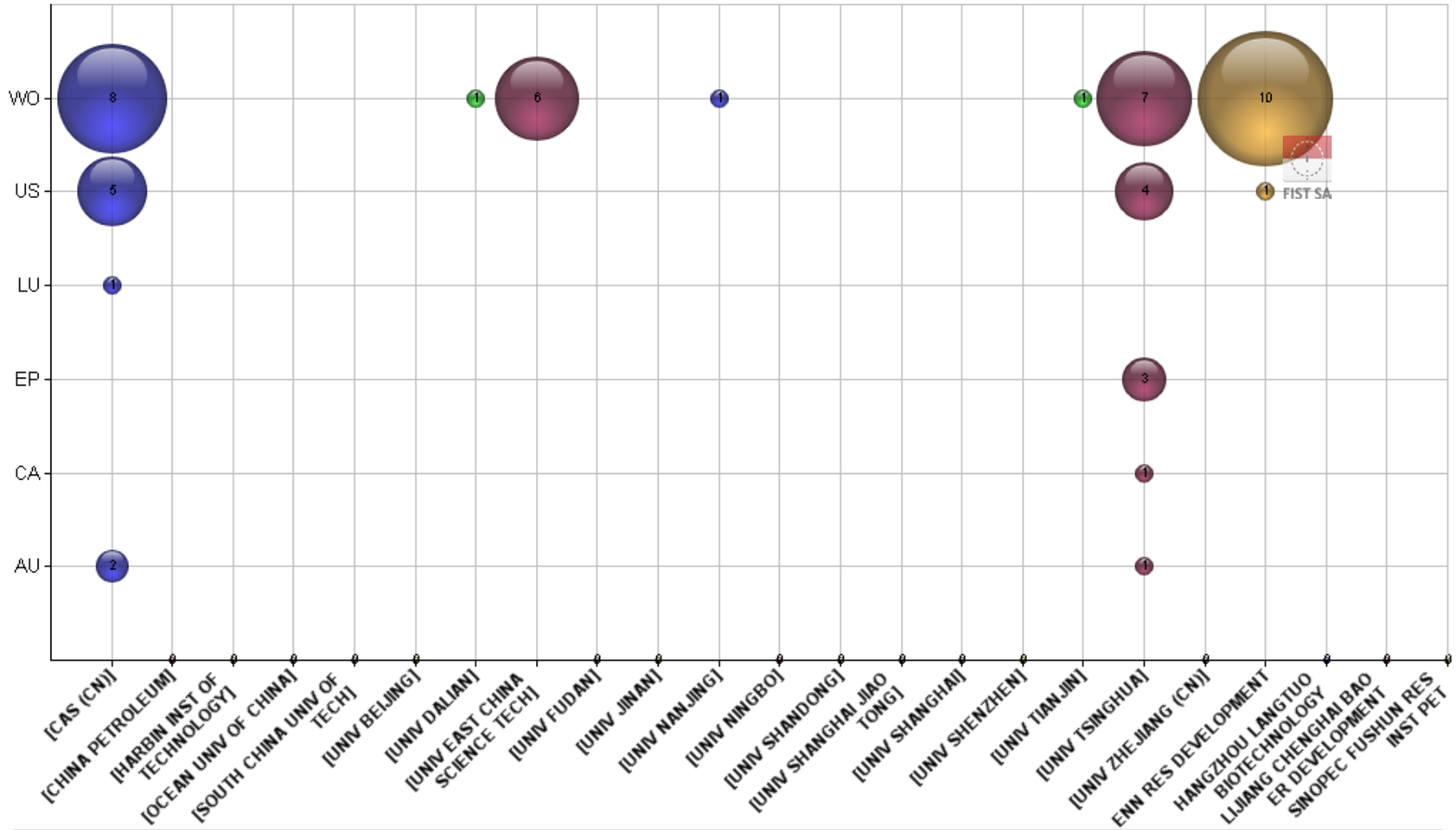
Le CAS China et l'Université de Nanjing sont les seules entités à avoir déposé des brevets avant 2003. Les autres déposants représentés dans cette figure ont tous des portefeuilles âgés de moins de 10 ans. Les déposants industriels (ENN R&D, China Petroleum, SINOPEC Fushun R&D et Hangzhou Langtuo Biotechnology CO LTD) font figure de nouveaux entrants avec des portefeuilles de moins de 5 ans d'âge.

Extensions



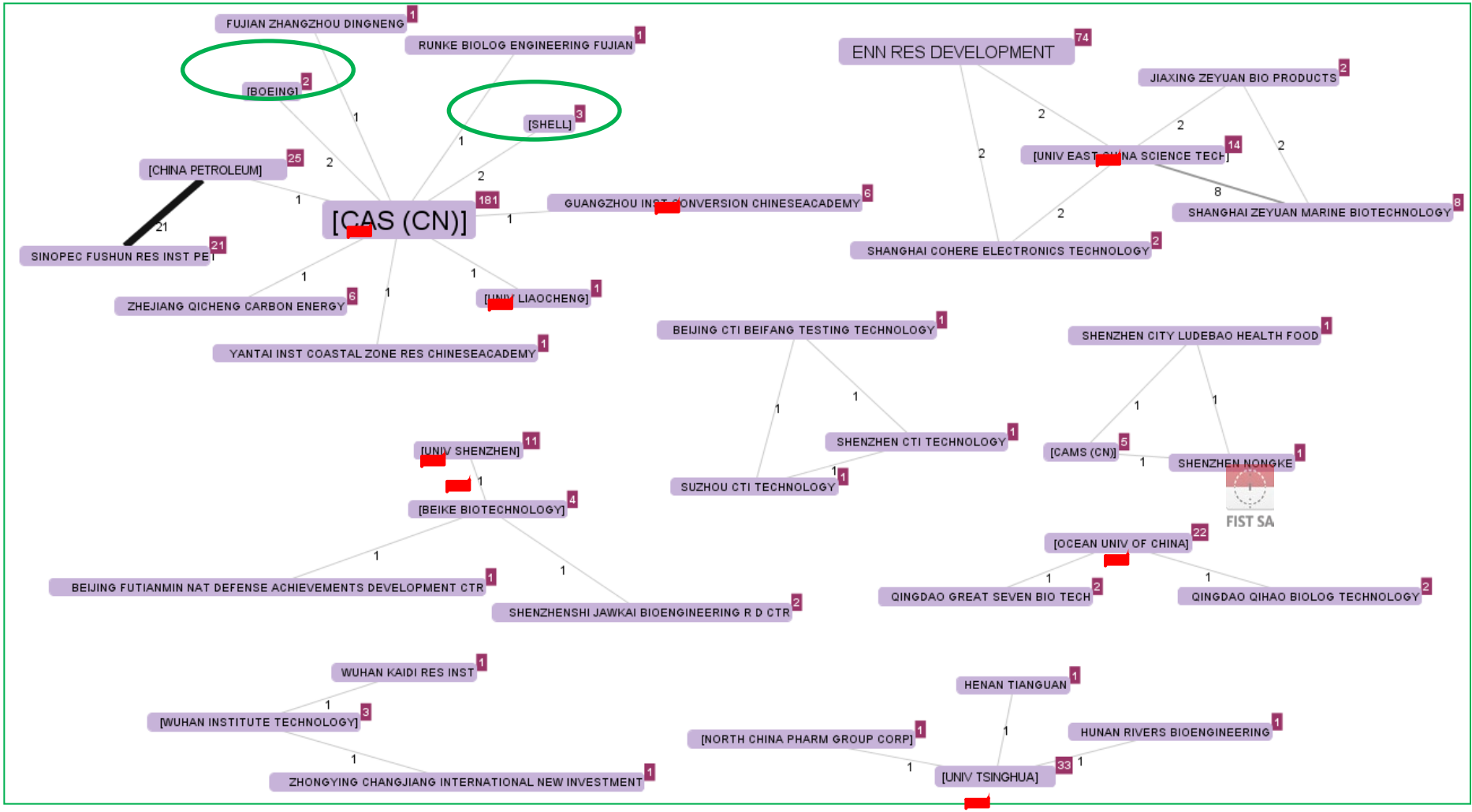
Seuls 4% des brevet chinois sont étendus (52/1285). Près des 90% (46/52) des brevets étendus le sont via la procédure PCT. Les principales zones d'extension sont les USA, l'Europe, l'Australie et Canada.

Analyses des extensions des déposants sélectionnés



Globalement même si les portefeuilles chinois sont jeunes, ils ne sont pas étendus.
ENN R&D est les seul industriel qui étend ses brevets. En effet 13% des brevets de son portefeuille sont étendus. L'université de Tsinghua est le déposant qui étend le plus ses brevets, et couvre aussi plus de zones géographiques.

Analyses des co-dépôts depuis 2000



Analyses des co-dépôts depuis 2000



Analyses des co-dépôts depuis 2000

Le plus grand réseau est constitué autour du CAS China. Il comprend notamment BOEING, SHELL et China Petroleum mais pas ENN qui représente pourtant le plus gros déposant industriel chinois.

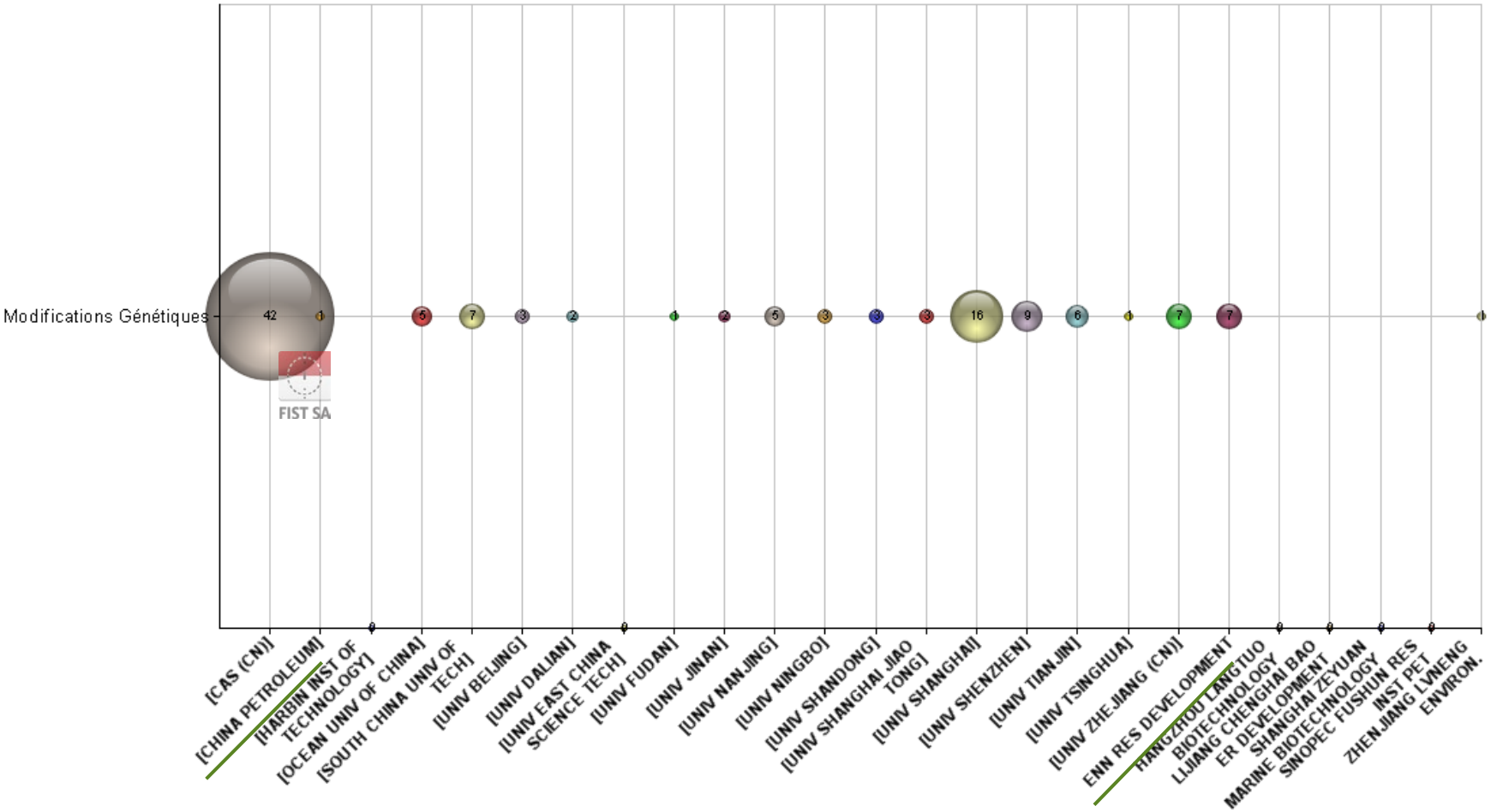
En 2009, Boeing et CAS China ont signé des accords de collaboration de recherche sur diverses thématiques notamment sur les bio-énergies ou les matériaux avancés. A travers les entités Boeing Research and Technology et Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology (QIBEBT), ces deux acteurs collaborent sur le développement de biocarburants d'origines algales pour l'aviation. Le but principal de cette collaboration est de couvrir l'ensemble de la chaine de valeur du marché de l'aéronautique. C'est pourquoi, outre ces deux acteurs, d'autres compagnies opèrent aux différents stades de la chaine de valeur: Pétrochina (fournisseur de la biomasse) et Air China (end-user) pour la Chine; AECOM technology corp., UOP et United Technologies (Processing et Scale-up) pour les USA.

Depuis 2008, SHELL a lancé un programme de collaboration avec différents académiques à travers le monde. Le but de ce programme est le développement de biocarburants. Le CAS est représenté par deux de ces entités à savoir l'Institut de microbiology (IMCAS) de Beijing et le Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology (QIBEBT). Outre le CAS, Shell collabore aussi avec le MIT (Massachusetts, USA), l'université de Campinas au Brésil, l'université de Manchester (Biocatalysis, Biotransformations and Biocatalytic Manufacture, CoEBio3,GB) et l'université d'Exeter (School of bioscience, GB).

D'autres collaborations académiques-industrielles sont encore illustrées sur cette figure:

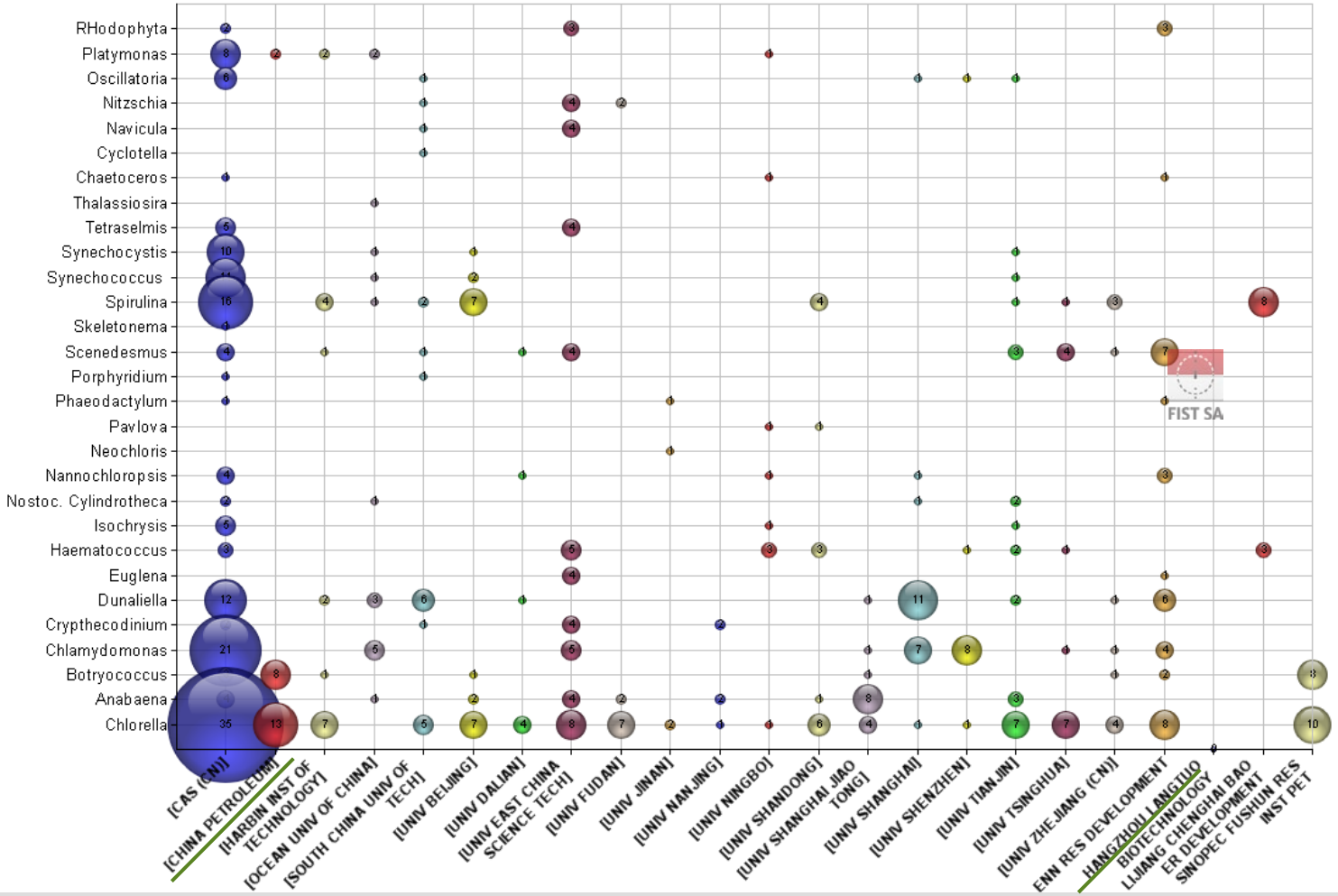
ENN R&D et l'université East China Science & Tech, Beike Biotechnology et l'université Shenzen, le North China Pharm group corp et l'université de Tsinghua etc…

Positionnement des déposants chinois: ingénierie génétique



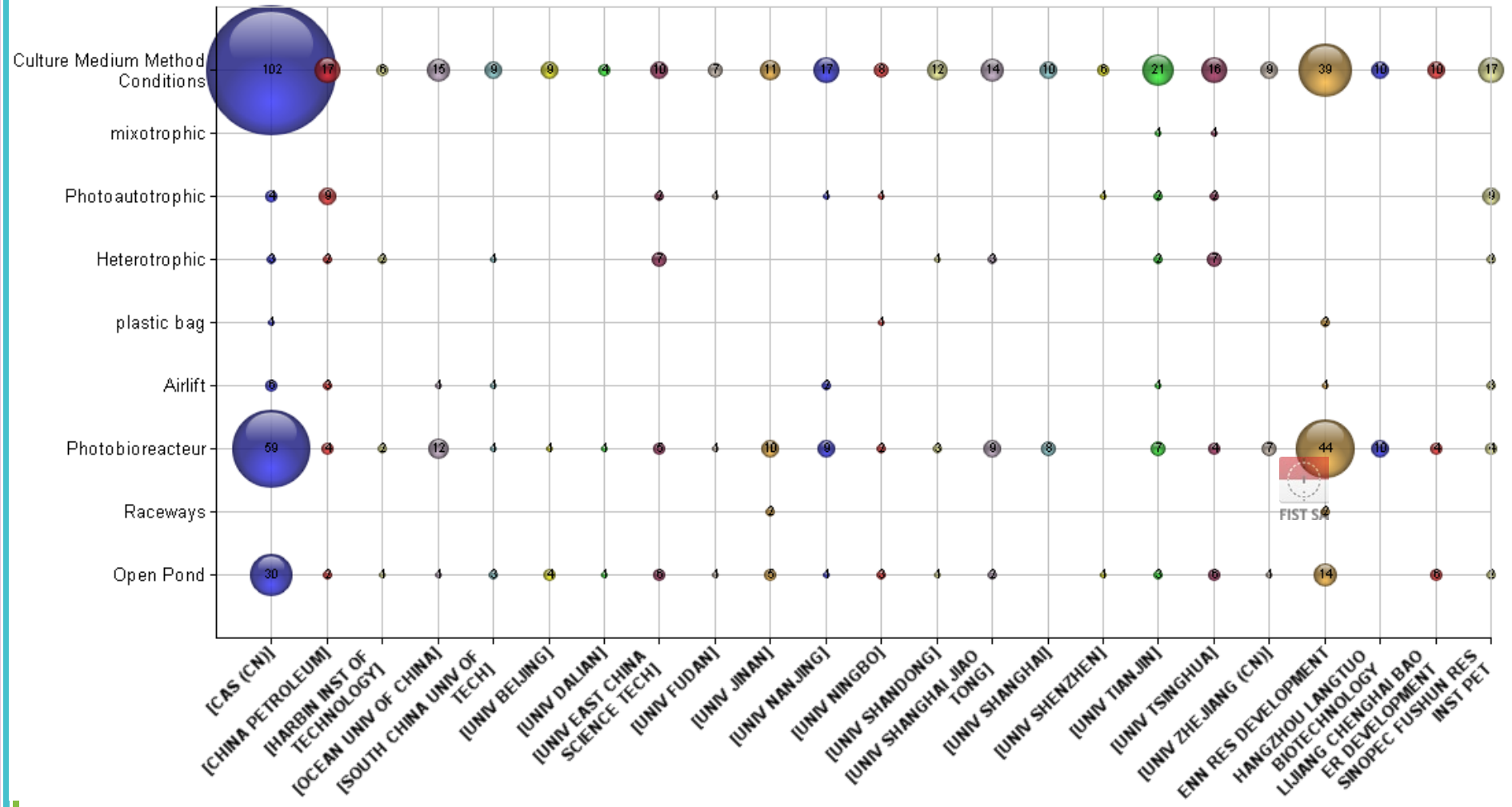
Le CAS est le principal déposant sur ce segment; l'université de Shanghaï est aussi très présente sur le segment, contrairement à l'université de Nanjing. Parmi les déposants ici représentés, seuls deux industriels déposent sur ce segment: China Petroleum et ENN R&D.

Positionnement des déposants chinois: Type de souches



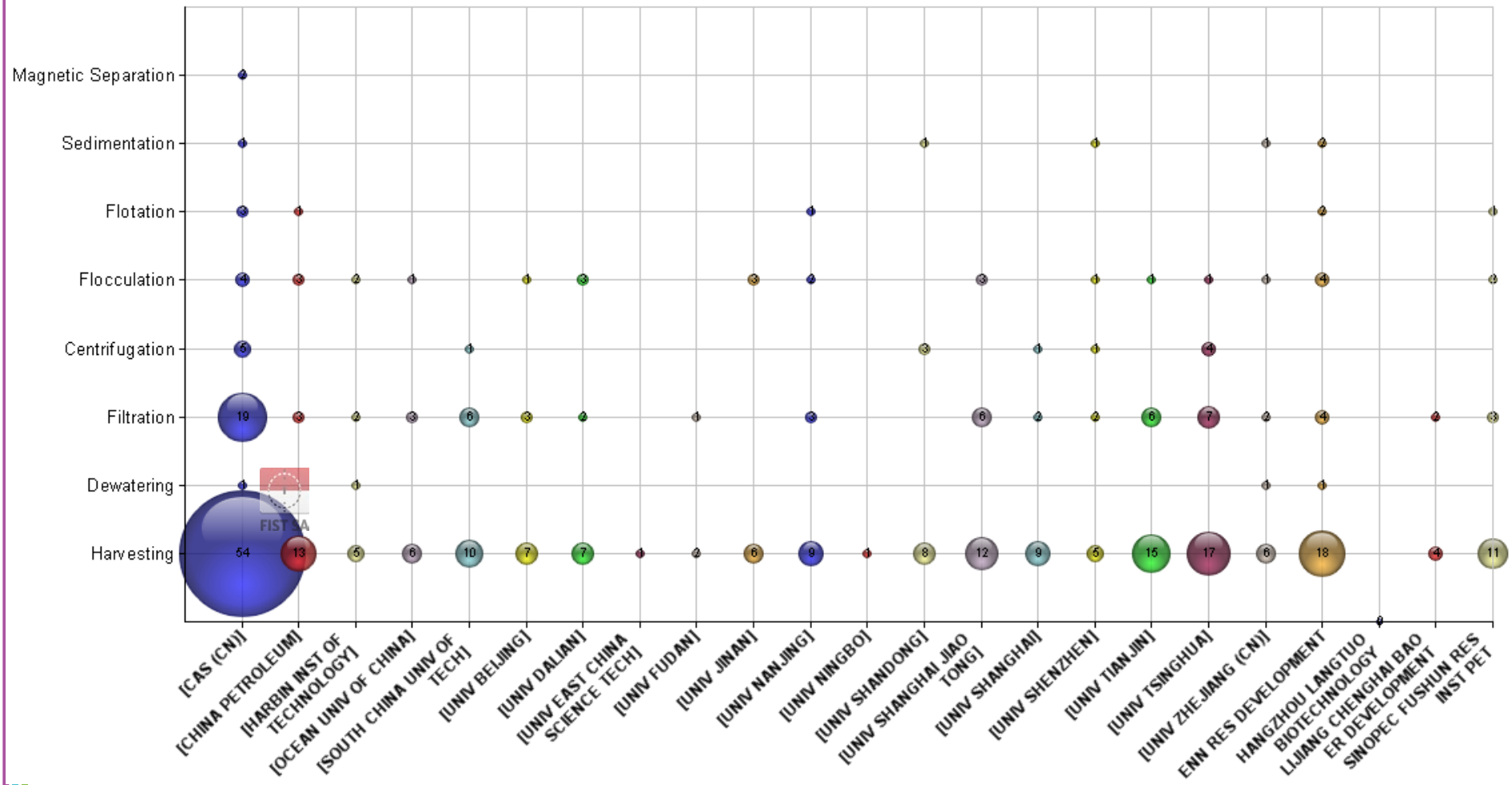
Ce graphe montre qu'en général, les acteurs chinois revendiquent divers types de souches. Par exemple le CAS couvre un large spectre de souches dont les principales sont: Chlorella, Chlamydomonas, Spirulina. Le China Petroleum se focalise sur trois type de souches à savoir Chlorella, Botryococcus et le platymonas; tandis que ENN R&D protège divers types de souches dont Chlorella, Danaliella, Scenedesmus ou Rhodophyta.

Positionnement des déposants chinois: Productions et cultures



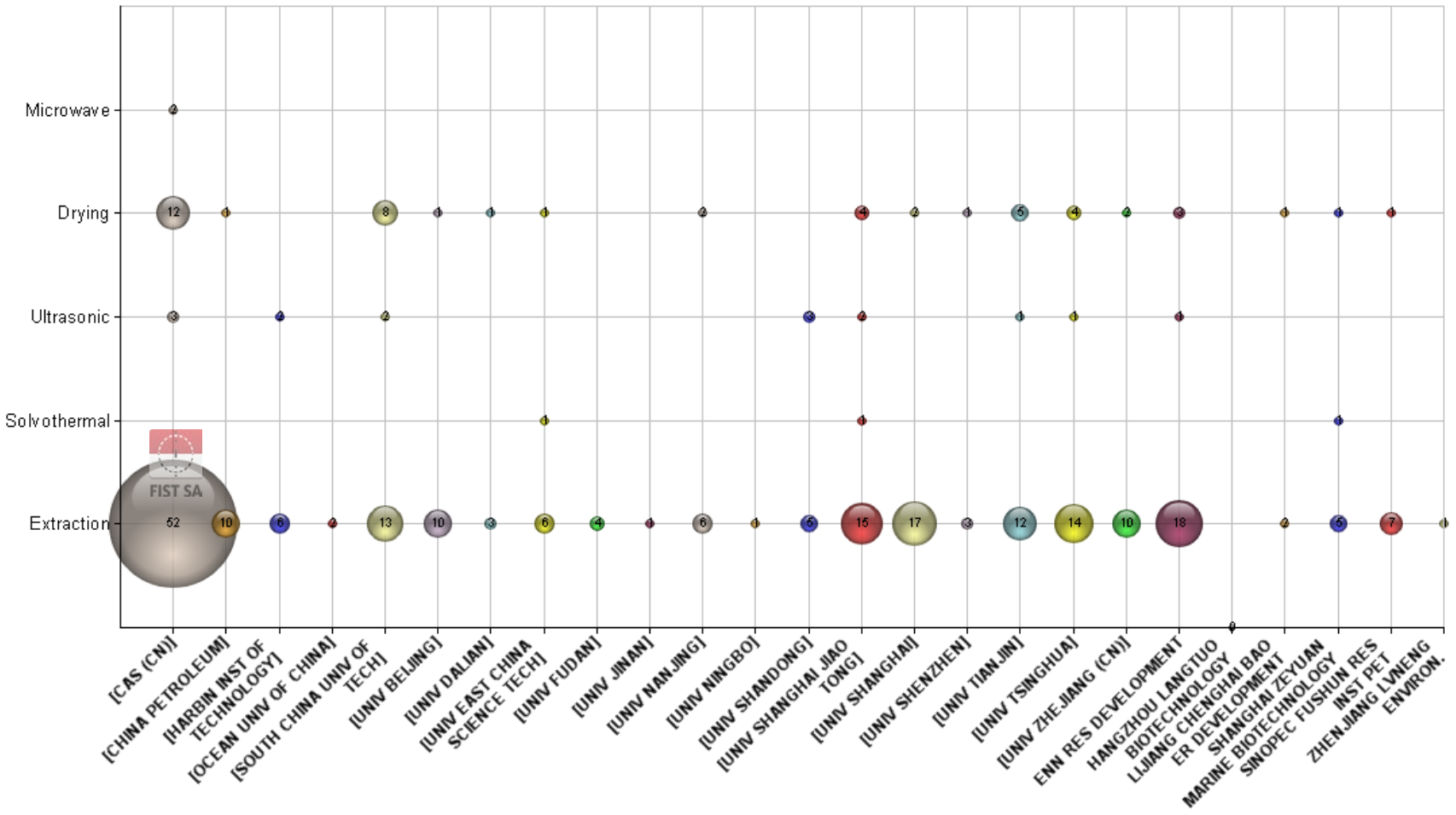
ENN R&D et le CAS sont les principaux déposants dans les sous-segments Open-Pond, Photobioréacteur et milieux de cultures.

Positionnement des déposants chinois: Harvesting & Dewatering



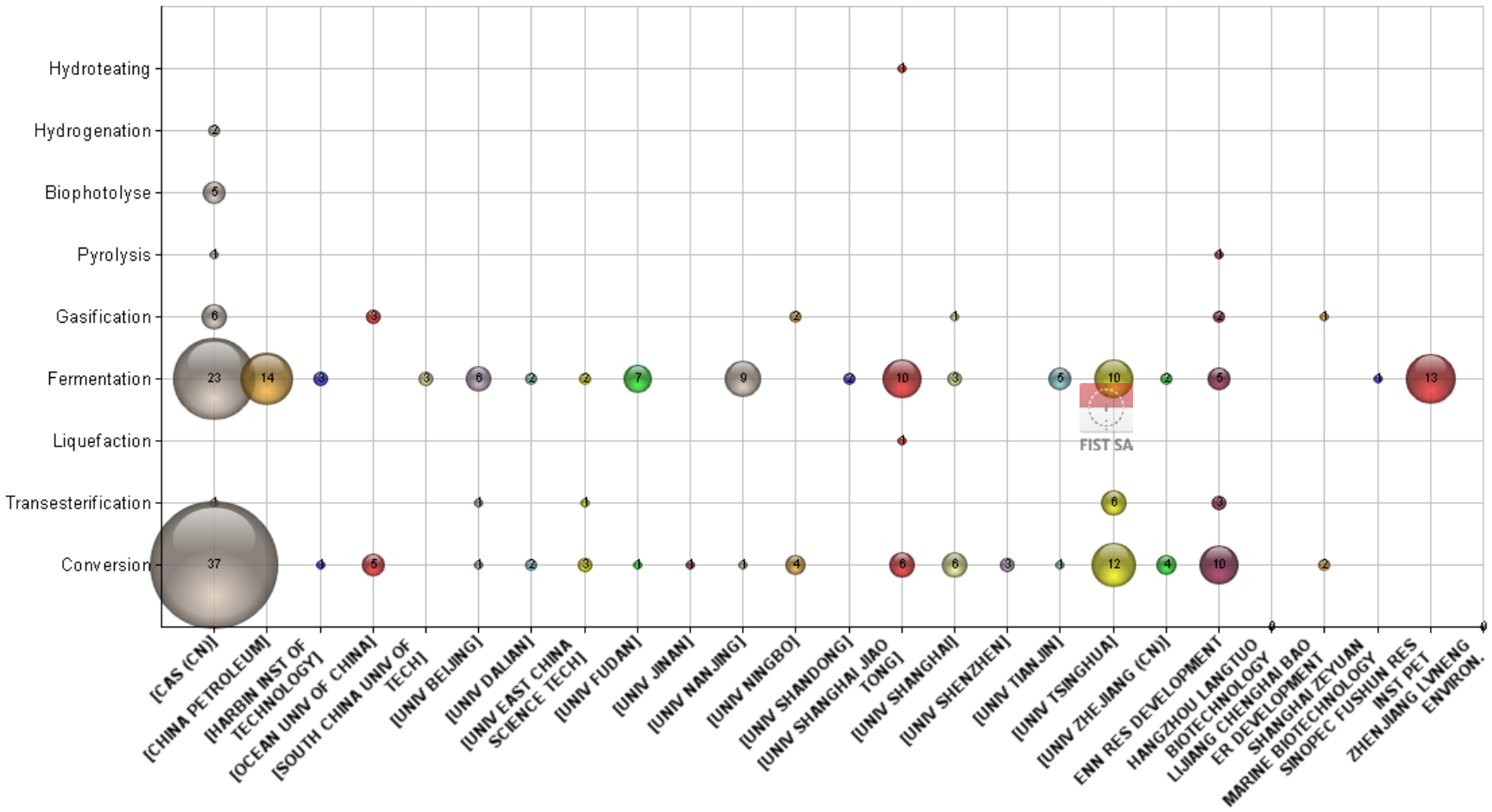
Le CAS détient le seul brevet qui revendique une séparation magnétique comme technique de récolte. Le CAS couvre d'ailleurs toutes les techniques de récoltes. Côté industriels, ENN et China Petroleum revendiquent diverses méthodes.

Positionnement des déposants chinois: Extractions



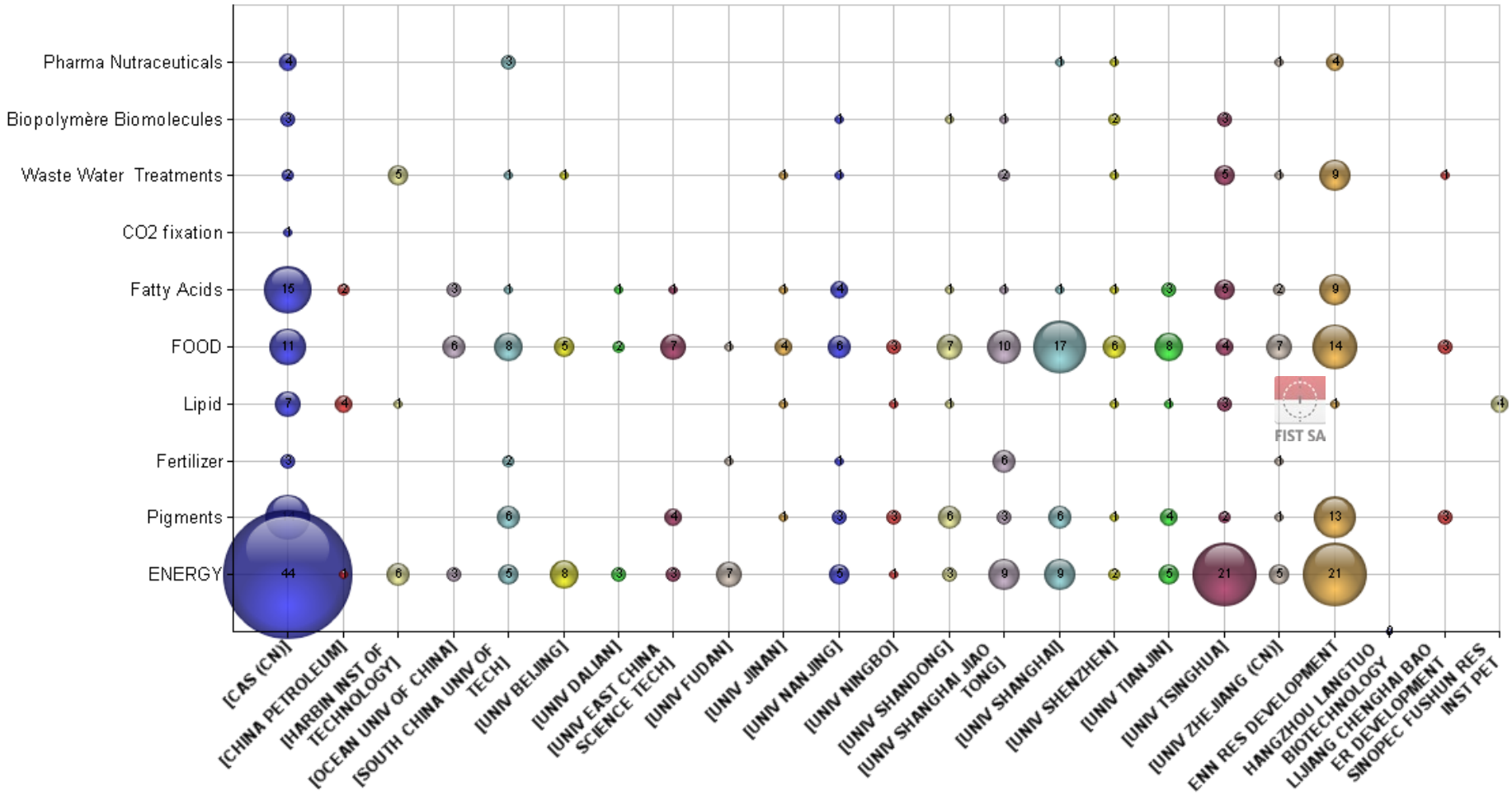
Le CAS détient le seul brevet qui revendique des “micro-ondes” comme technique d’extraction.

Positionnement des déposants chinois: Conversion



Les déposants chinois revendiquent essentiellement des process de fermentation comme technique de conversion. Encore une fois le CAS et ENN possèdent les portefeuilles les plus diversifiés.

Positionnement des déposants chinois: Applications



Les applications « Food » et « Energy » sont les applications les plus revendiquées. Le CAS couvre toutes applications ici représentées.
ENN R&D couvre un large spectre d'applications. Il apparait comme deuxième déposant avec l'université de Tsinghua, derrière le CAS.

Conclusion: Focus Chine

- **Extensions**

Les brevets chinois sont rarement étendus (~4%). Le CAS (CN), l'université Tsinghua et Enn R&D sont les seuls acteurs qui étendent leurs brevets.

- **Acteurs**

Les acteurs chinois ont des portefeuilles de brevets très jeunes; en effet, on note une explosion des dépôts en 2007. Les déposants sont principalement académiques et on note très peu de collaboration entre académiques et industriels.

Les principaux déposants industriels sont Enn R&D et China Petroleum.

- **Positionnement des déposants chinois**

Concernant les modifications génétiques, le CAS (CN) est le principal déposant sur ce segment.

Les acteurs chinois revendiquent en général plusieurs types de souches.

Le CAS (CN) et Enn R&D sont positionnés surtout sur les photobioréacteurs et les milieux de culture.

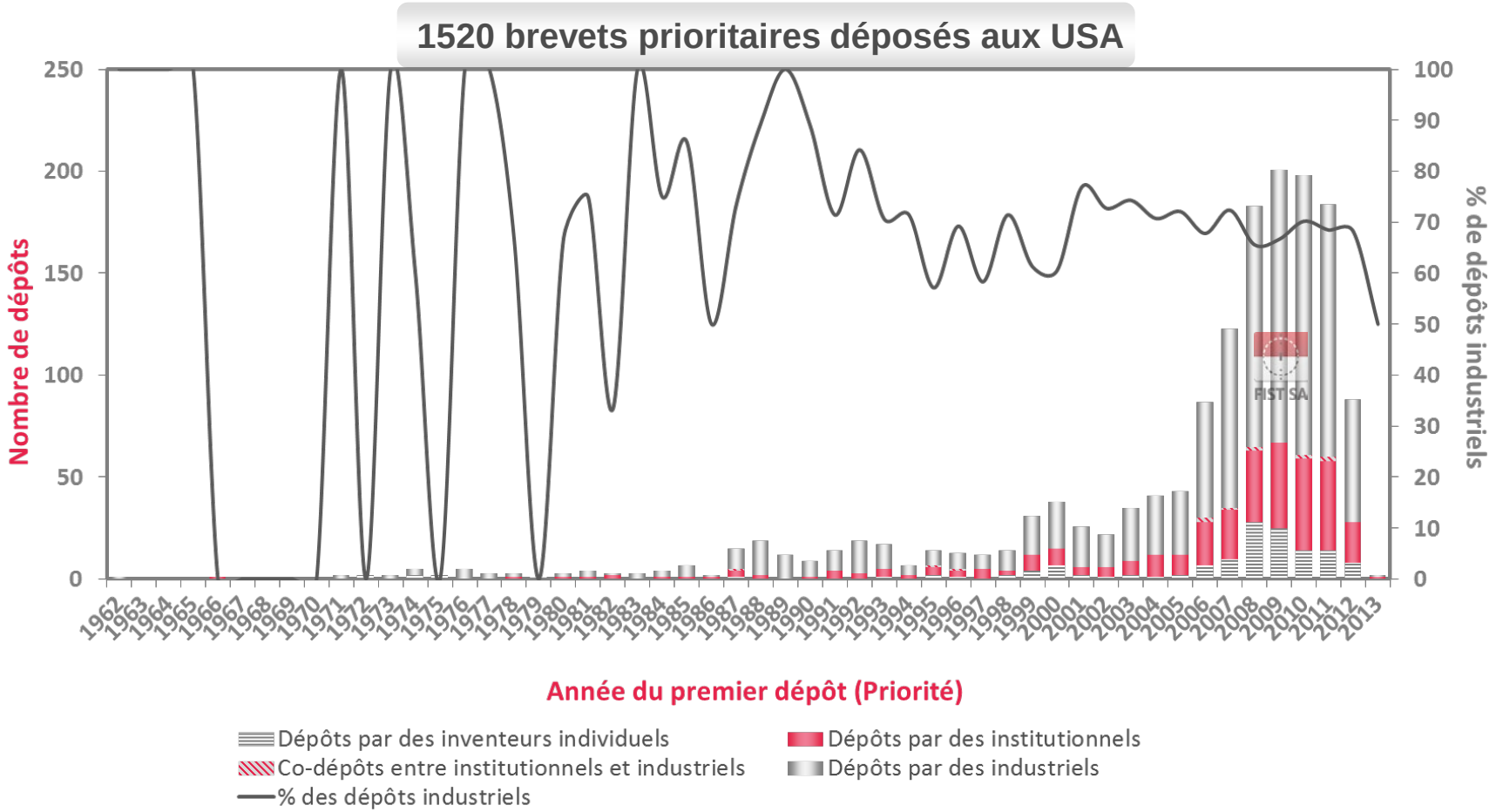
Globalement, c'est l'application Energie qui est la plus revendiquée. Ce segment est largement dominé par CAS (CN). L'université de Tsinghua et Enn R&D sont eux aussi bien positionnés sur ce segment.

- **Réseaux et collaborations**

Les réseaux chinois sont constitués autour de CAS (CN), Enn R&D et China Petroleum. Ces réseaux comprennent notamment le pétrochimiste Shell et Boeing.

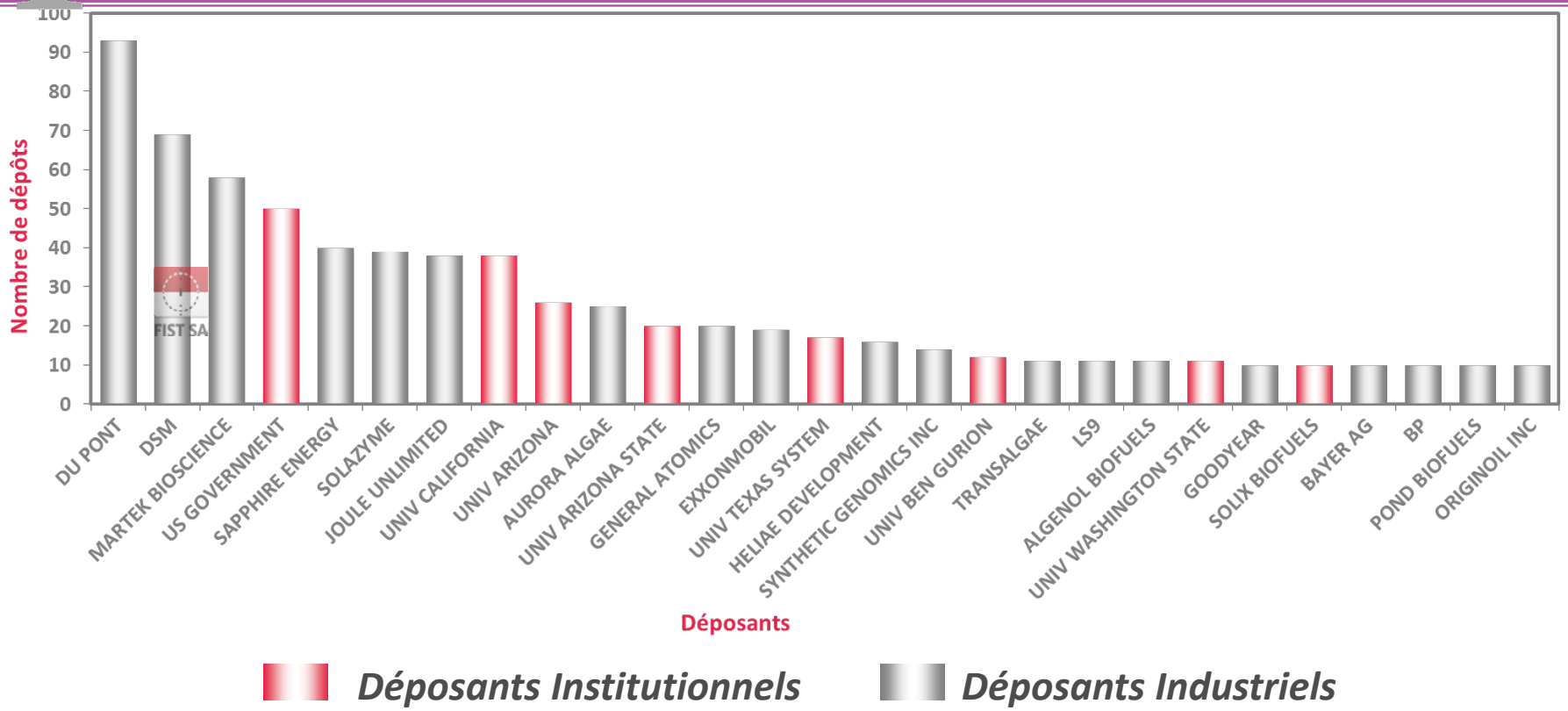
FOCUS USA

Evolution des dépôts dans le temps: selon les types de déposants



Jusqu'à la fin des année 90, les USA enregistraient moins de 10 brevets/an en moyenne. De 2000 à 2005, ce taux monte jusqu'à 34 dépôts/an. Entre 2006 et 2011, on assiste à une explosion des dépôts qui passent de 34 à 162 dépôts/an en moyenne, soit une croissance de 375%.
Coté acteurs, près de 70% des dépôts sont industriels. On note aussi une faible proportion de co-dépôts entre académiques et industriels. En effet, ce type de dépôts représente moins de 1% de la base.

Déposants principaux



Déposants Institutionnels *Déposants Industriels*

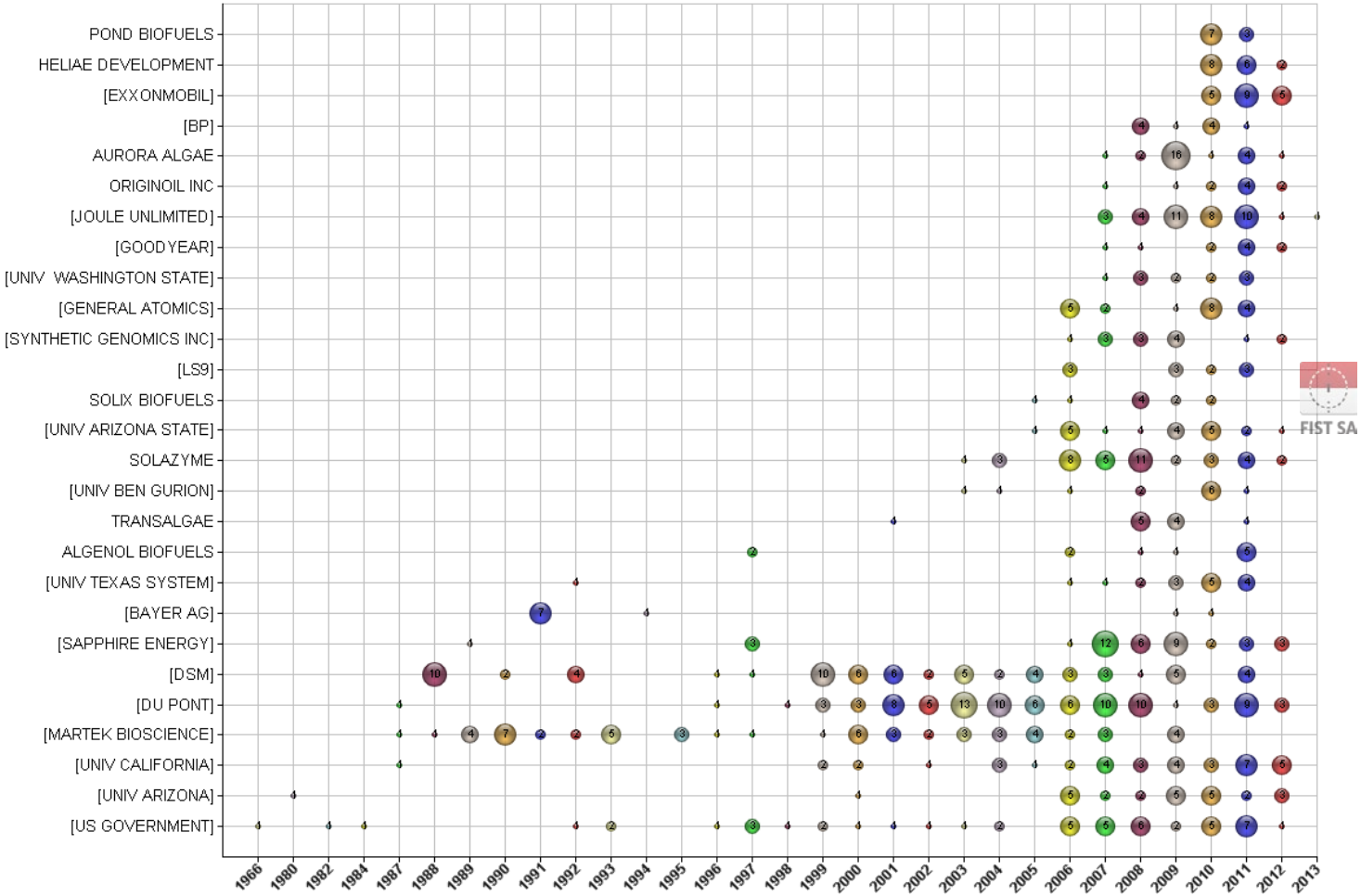
Ce classement est dominé par les industriels. En effet, Dupont, DSM et sa filiale Martek, sont les principaux déposants. Le gouvernement américain est le premier déposant institutionnel.

Différents types d'industriels sont présents dans ce classement:

- **Des grands groupes: comme les agrochimistes DSM, Dupont et Bayer, les pétrochimistes BP et ExxonMobil et le spécialiste en pneumatique GoodYear.**
- **Des start-up ou TPE biotech, spécialistes en énergie renouvelables, telles que Sapphire Energy, Solazyme, Joule Unlimited, Heliae, Synthetic Genomic, LS9, Algenol, Pond Biofuel, Solix Biofuel et Originoil; des spécialistes en algues tels que Aurora algae et Transalgae.**

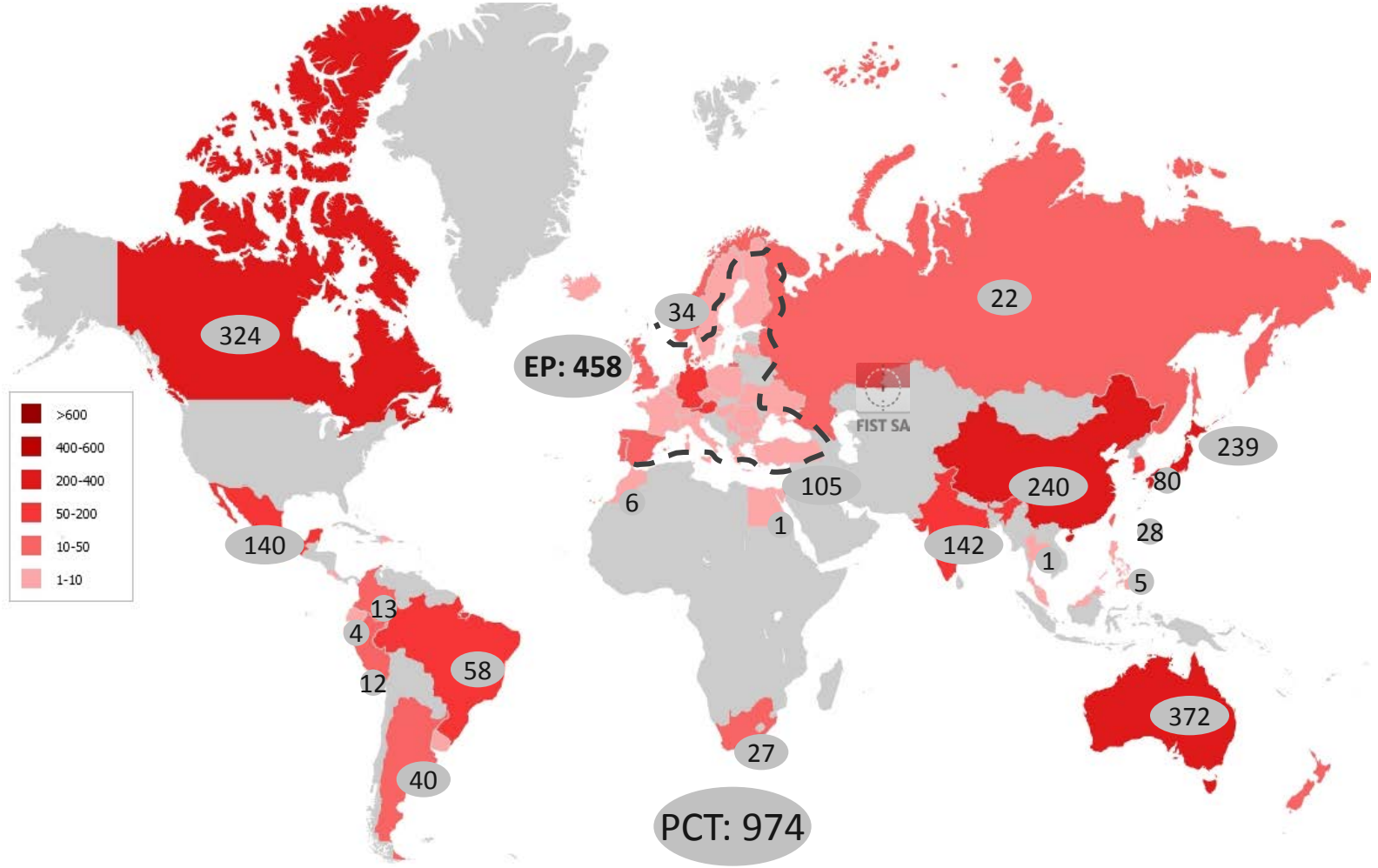
Déposants principaux: évolution des dépôts

Overview



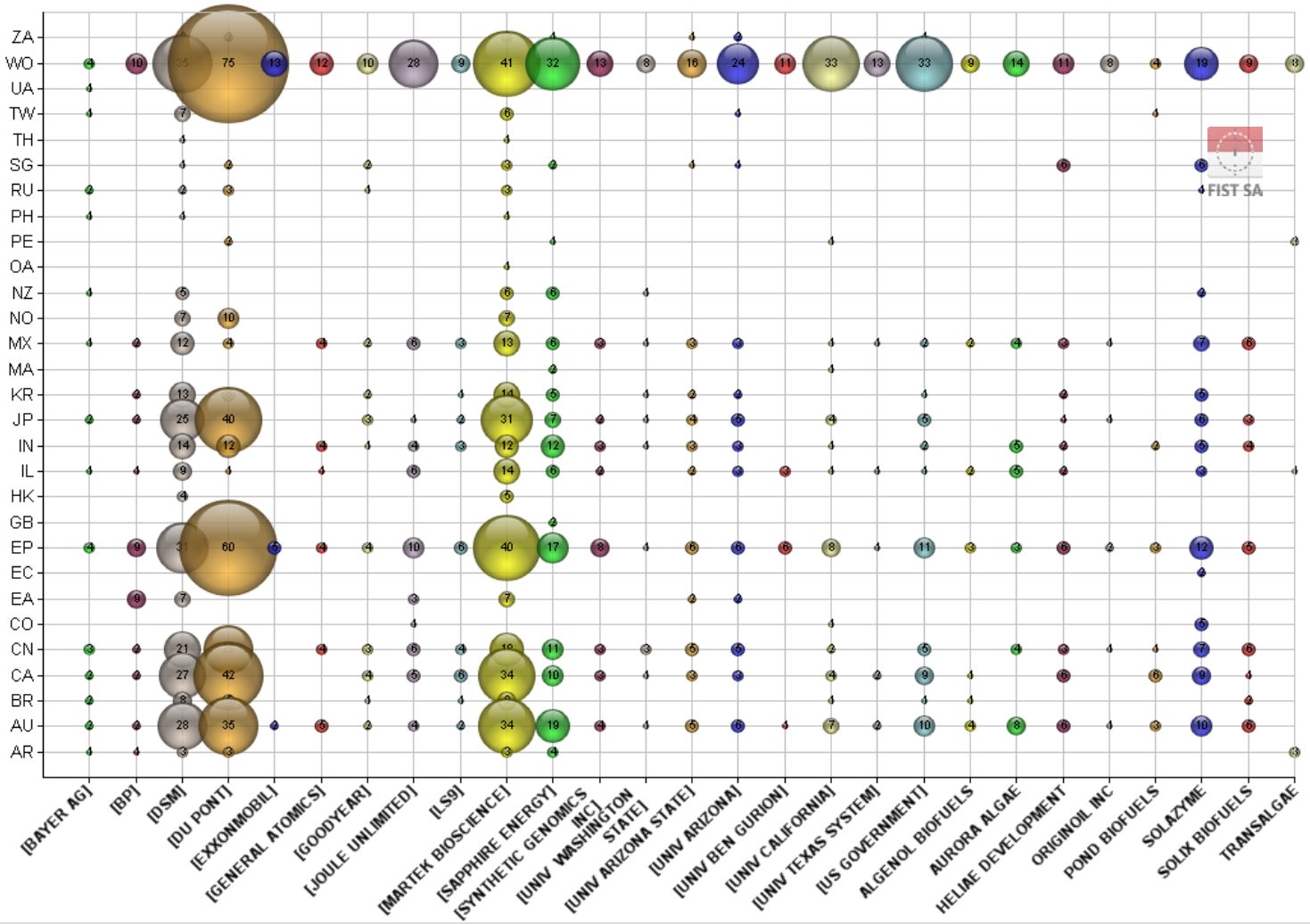
Cette figure montre que les grands groupes et la plupart des académiques déposent depuis les années 80. A contrario, les entreprises biotech ont des porteuilles agés de moins de 10 ans pour la plupart car elles ont toutes été créées aprés 2000. Cependant on constate que Sapphire Energy et Algenol détiennent dans leurs portefeuilles des brevets déposés avant 2000. Pour Sapphire, ce sont des brevets acquis auprés de Aquaresearch Inc. et The Scripps Research Institute; pour Algenol, ce sont 2 brevets acquis auprès de Enol Energy Inc.

Extensions



Les brevets américains sont en général très bien étendus. En effet, près de 70% des brevets ont fait l'objet d'extensions. Les zones les plus protégées sont l'Europe, le Canada, l'Australie, le Japon, la Chine, l'Inde et Israël. La procédure PCT est fréquemment utilisée par les acteurs US; elle concerne, en effet, plus de 60% des brevets.

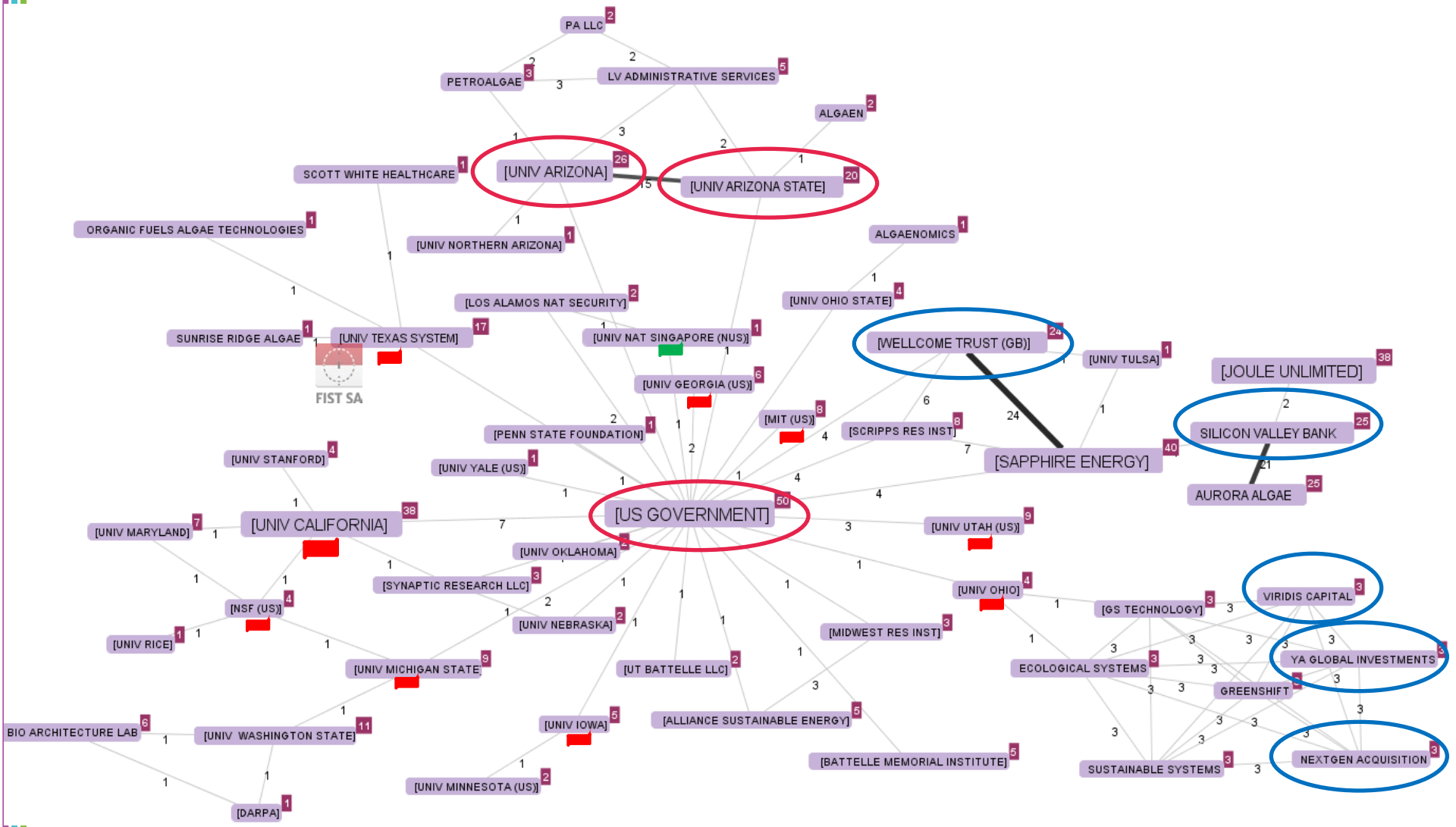
Analyses des extensions des déposants sélectionnés



Comme indiqué précédemment, les acteurs US couvrent de larges zones géographiques dans leur stratégies de protection. La procédure PCT est utilisée par tous les acteurs ici représentés.

Analyses des co-dépôts depuis 2000 (1/4)

Overview



Analyses des co-dépôts depuis 2000 (2/4)



Analyses des co-dépôts depuis 2000 (3/4)

Overview



Analyses des co-dépôts depuis 2000 (4/4)

Overview

Le premier réseau, le plus important en termes de nombres d'acteurs, est essentiellement constitué autour d'académiques (en rouge). Le gouvernement américain centralise le réseau. Outre les académiques qui sont majoritaires dans ce pool, on a aussi la présence de start-up telles que Sapphire Energy, Petroalgae (maintenant Parabel), Sunrise Ridge Algae, Algaen, Algaenomics, Solix Biofuels etc…

Les interaction modélisées ci-dessus, matérialisent essentiellement des collaborations qui ont débouché sur des co-dépôts (Solix Biofuels et l'Université de Colorado). Nous notons aussi des cessions de brevets (Univ Texas system à Organic Fuels Algae etch., SCRIPPS Research Institut à Sapphire Energy, California Institut of technology à Gevo).

Autres types d'acteurs présents dans ce réseau: les banques tels que Silicon Valley Bank (en bleu) et les fonds d'investissements tels que Ya Global Investments (en bleu). La présence de ces types d'acteurs s'explique par le fait que durant les opérations de fusion/acquisition, les brevets sont placés en gage dans les banques qui se retrouvent détentrices temporaires du brevet. Outre cet état de fait, les banques comme Silicon Valley Bank sont très actives dans le domaine de la chimie verte notamment dans les financements de start-up.

Nous notons aussi des pools qui se constituent autour de grands groupes tels que Du Pont, DSM, ExxonMobil et Total. DSM a acquis Martek Bioscience, Omegatech, Microbia (filiale de Ironwood Pharmaceuticals) et Ocean Nutrition Canada; il collabore avec Merial SAS (filiale de SANOFI).

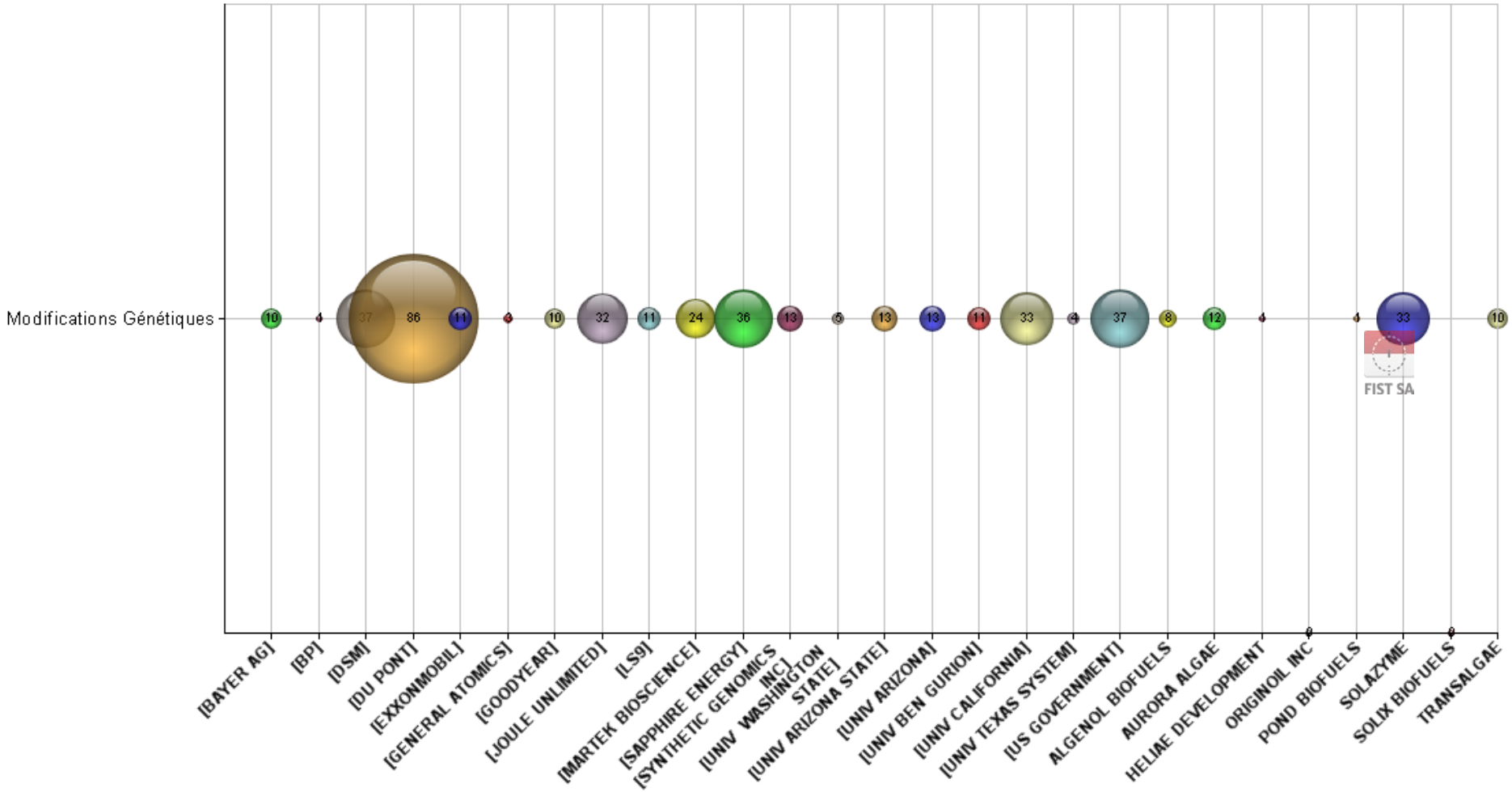
Dupont collabore avec Goodyear et OMRON. Il a acquis une filiale de Maxygen et Danisco.

ExxonMobil travaille avec Synthetic Genomics et et le J Craig Venture.

Total Collabore avec Amyris.

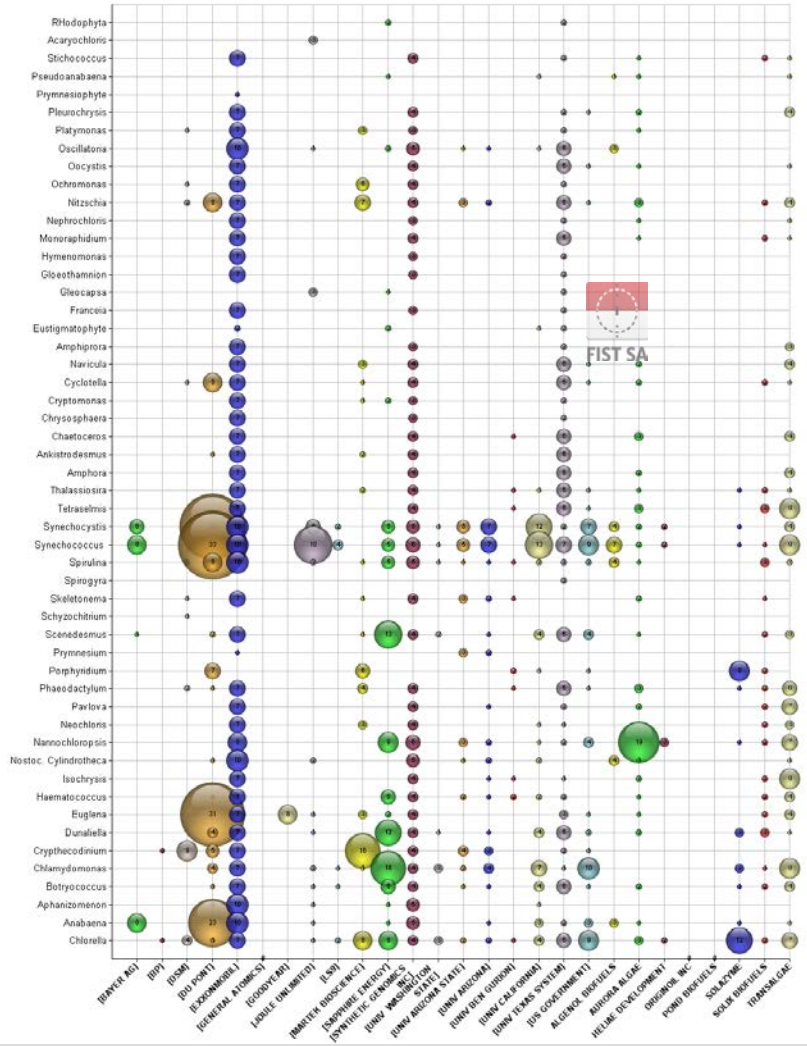
Enfin, nous remarquons la présence dans ce réseau de co-dépôts entre acteurs non américains tels que les français CNRS, UPMC et Cellectis; les koréens LG Chemical et le KAIST; les israëliens Université de Ben Gurion et l'institut Weizmann etc…

Positionnement des déposants américains: ingénierie génétique



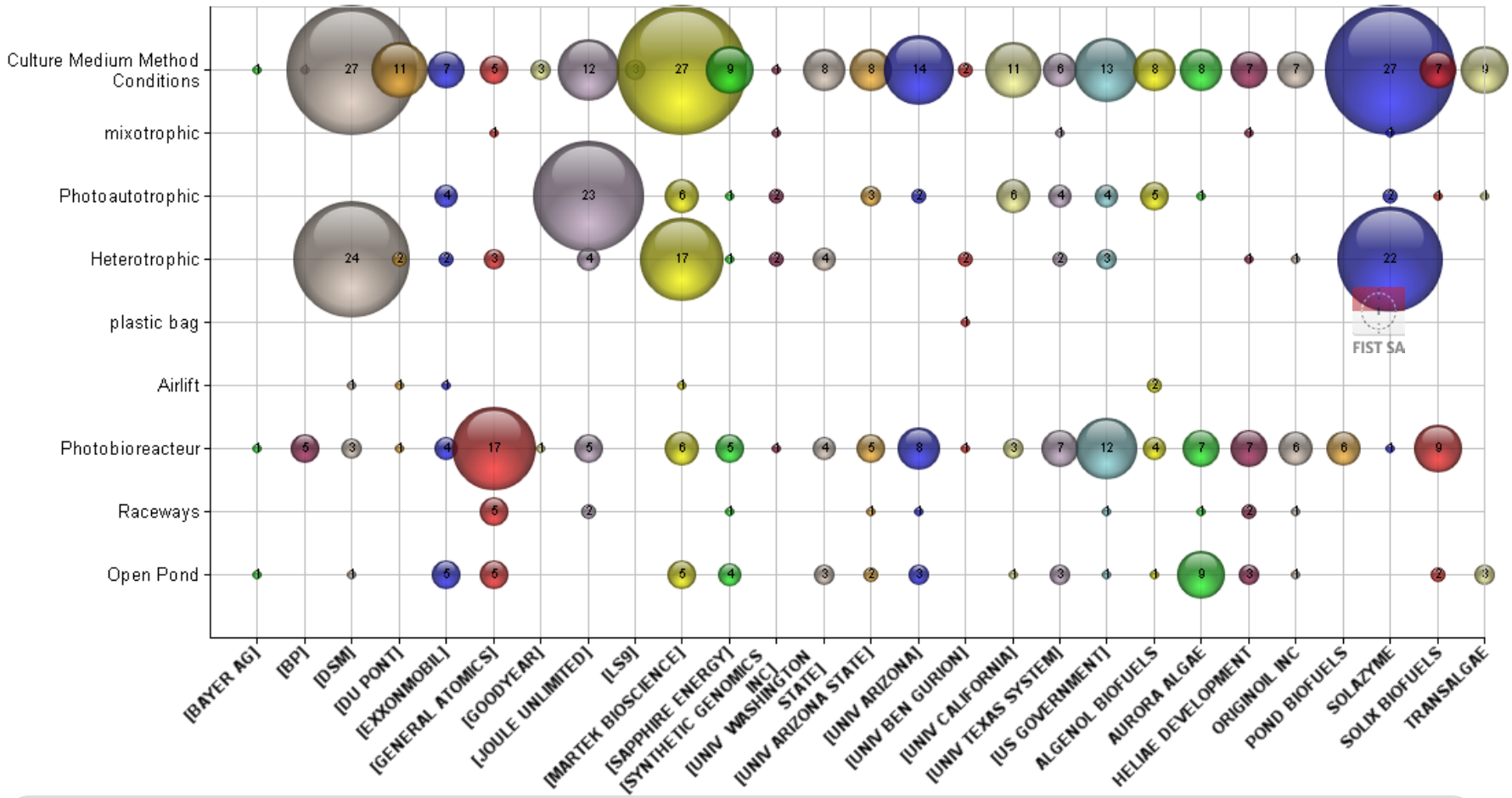
Les grands groupes DSM et Dupont, les institutionnels Université de Californie et le gouvernement américain ainsi que les spécialistes en biocarburant Joule, Sapphire et Solazyme sont les principaux déposants sur ce segment.

Positionnement des déposants américains: Type de souches



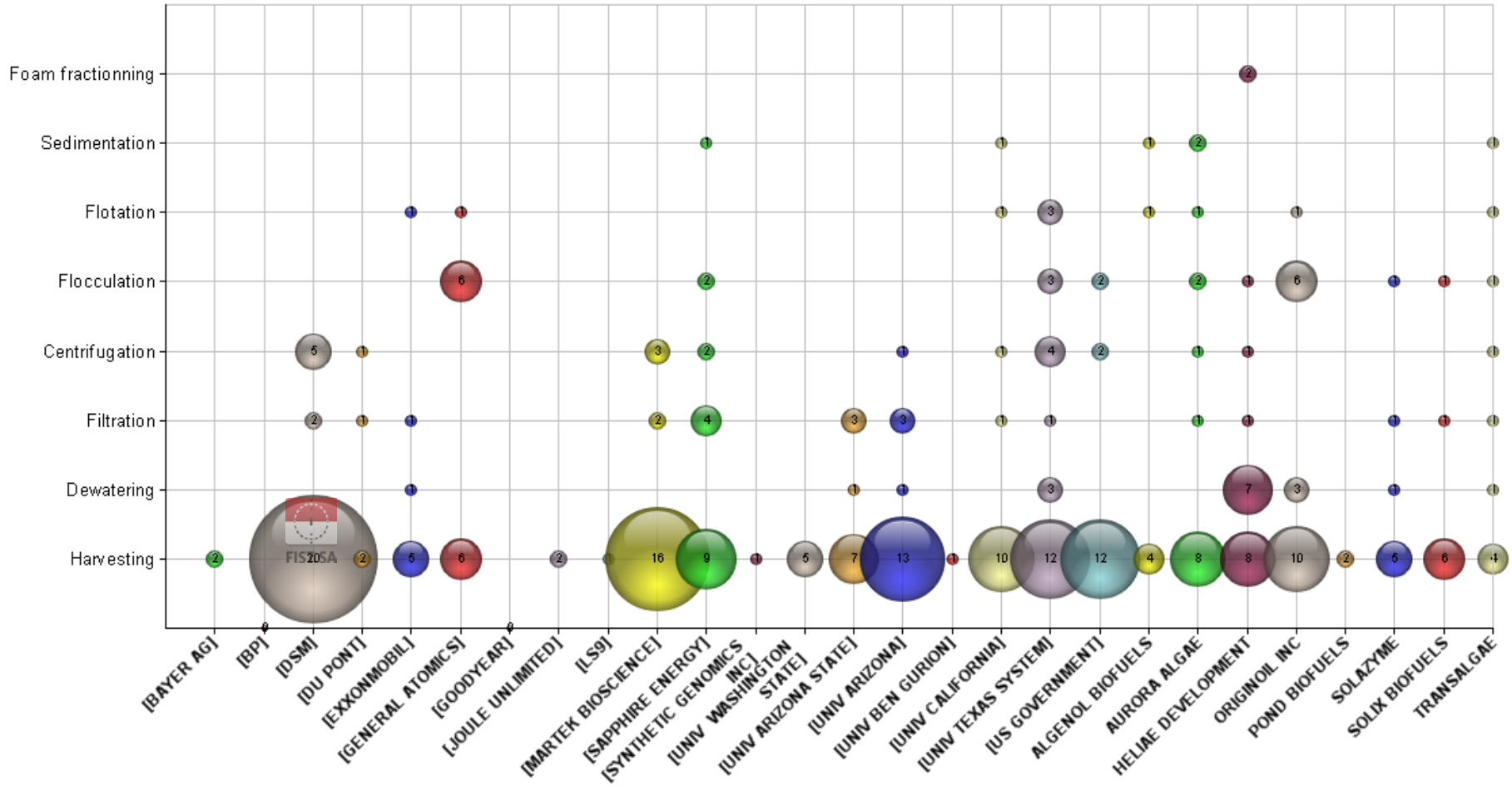
Les acteurs US protègent en général de larges variétés de souches. Cependant certains acteurs sont assez focalisés sur un ou quelques types de souches: Dupont (Anabaena, Euglena, Synechococcus et Synechocytis), Bayer (Anabaena, Synechococcus et Synechocytis), Joule Unltd (Synechococcus et Synechocytis), Goodyear (Euglena) et Aurora Algae (Nannochloropsis).

Positionnement des déposants américains: Productions et cultures



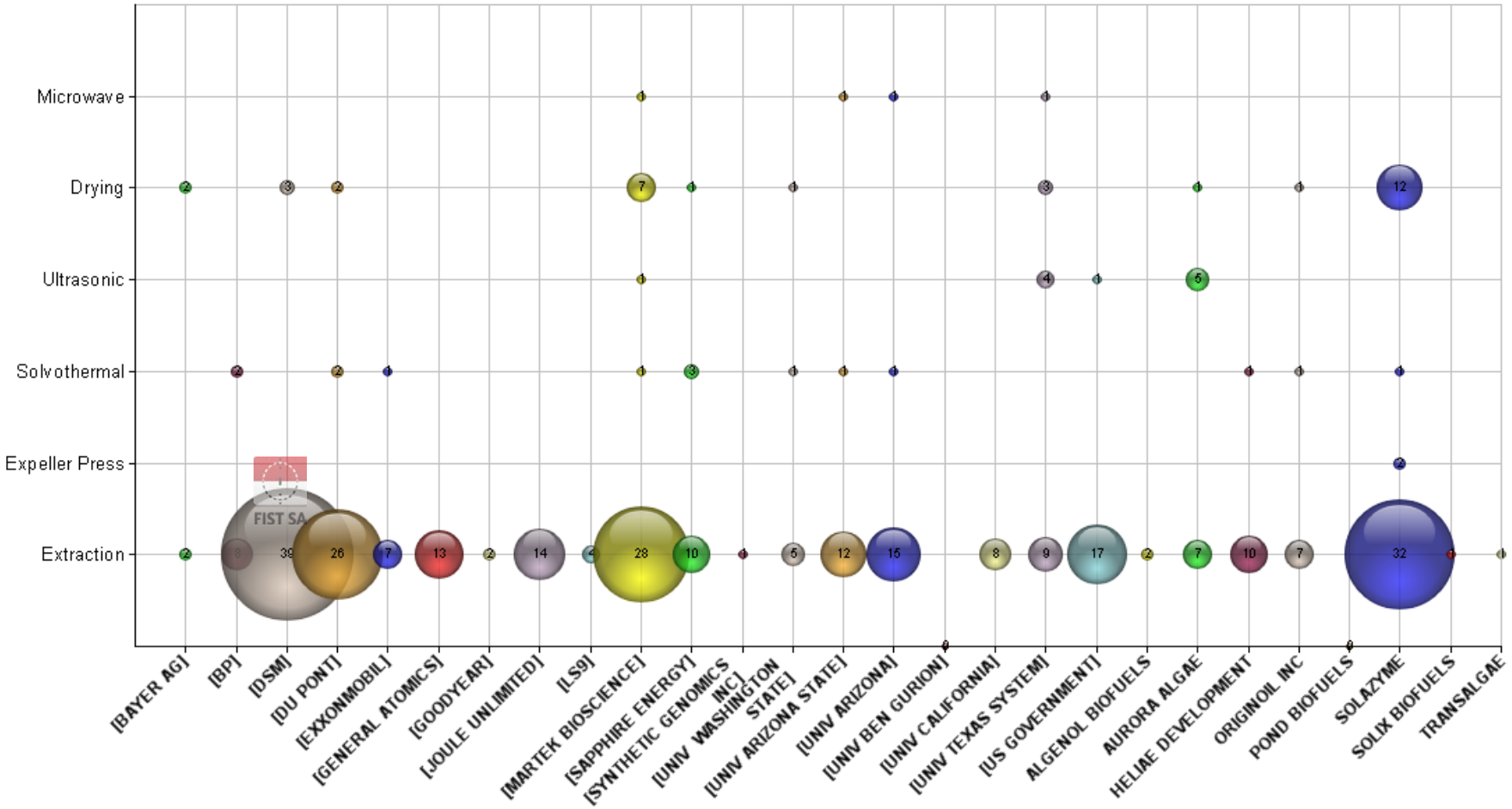
Dans le domaine des photobioréacteurs on trouve par ordre décroissant de nombre de titres General Atomics, le gouvernement américain, Solix Biofuels, l'université d'Arizona puis l'université du Texas en compagnie d'Aurora et Helia, Martek, Origin Oil et Pond Biofuels.

Positionnement des déposants américains: Harvesting & Dewatering



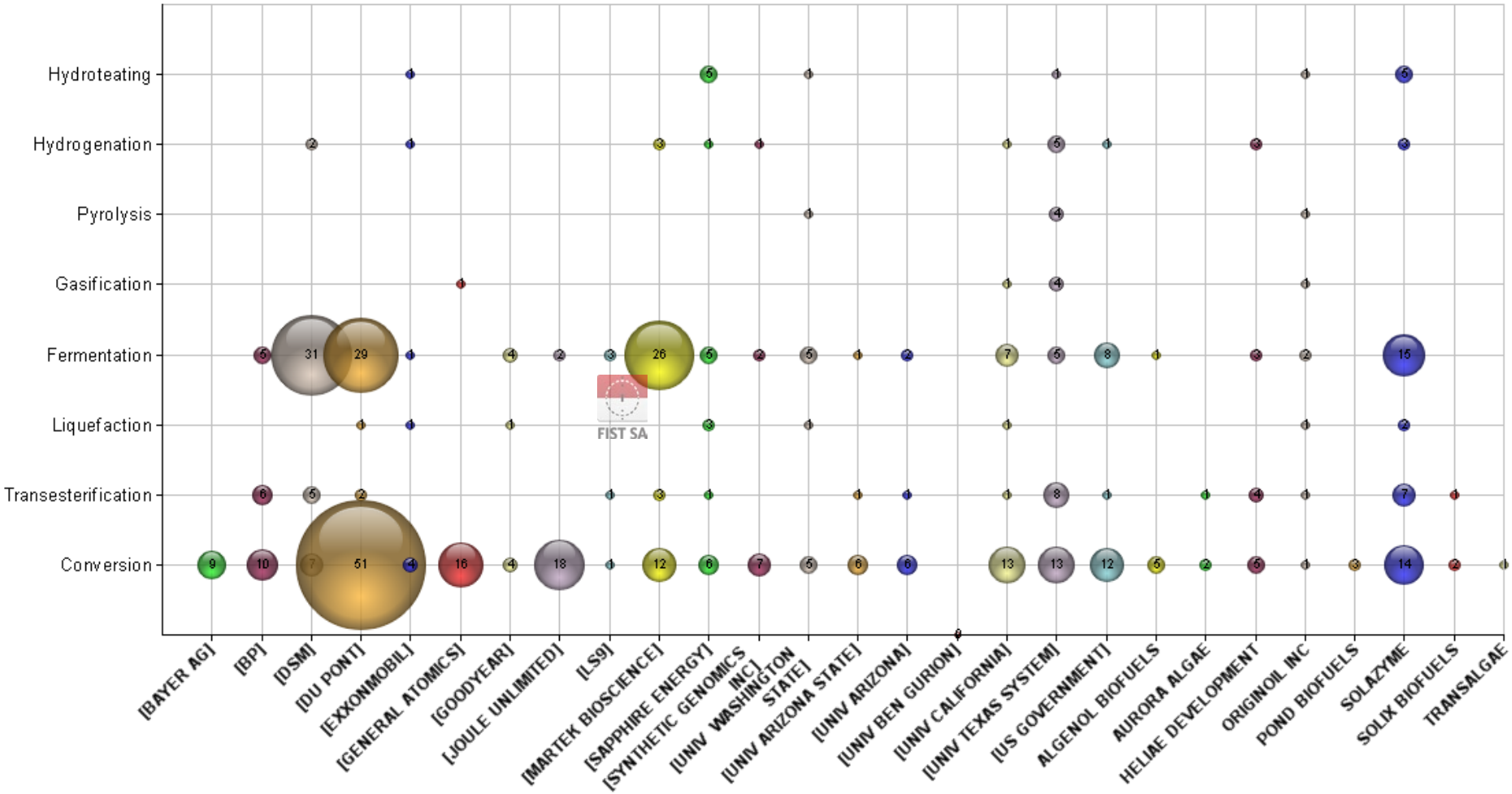
Filtration et centrifugation sont les plus revendiquées. Certains acteurs tels Sapphire, l'université du Texas, Aurora, Heliae, Solazyme, Solix et Transalgae semblent explorer plusieurs technologies.

Positionnement des déposants américains: Extractions

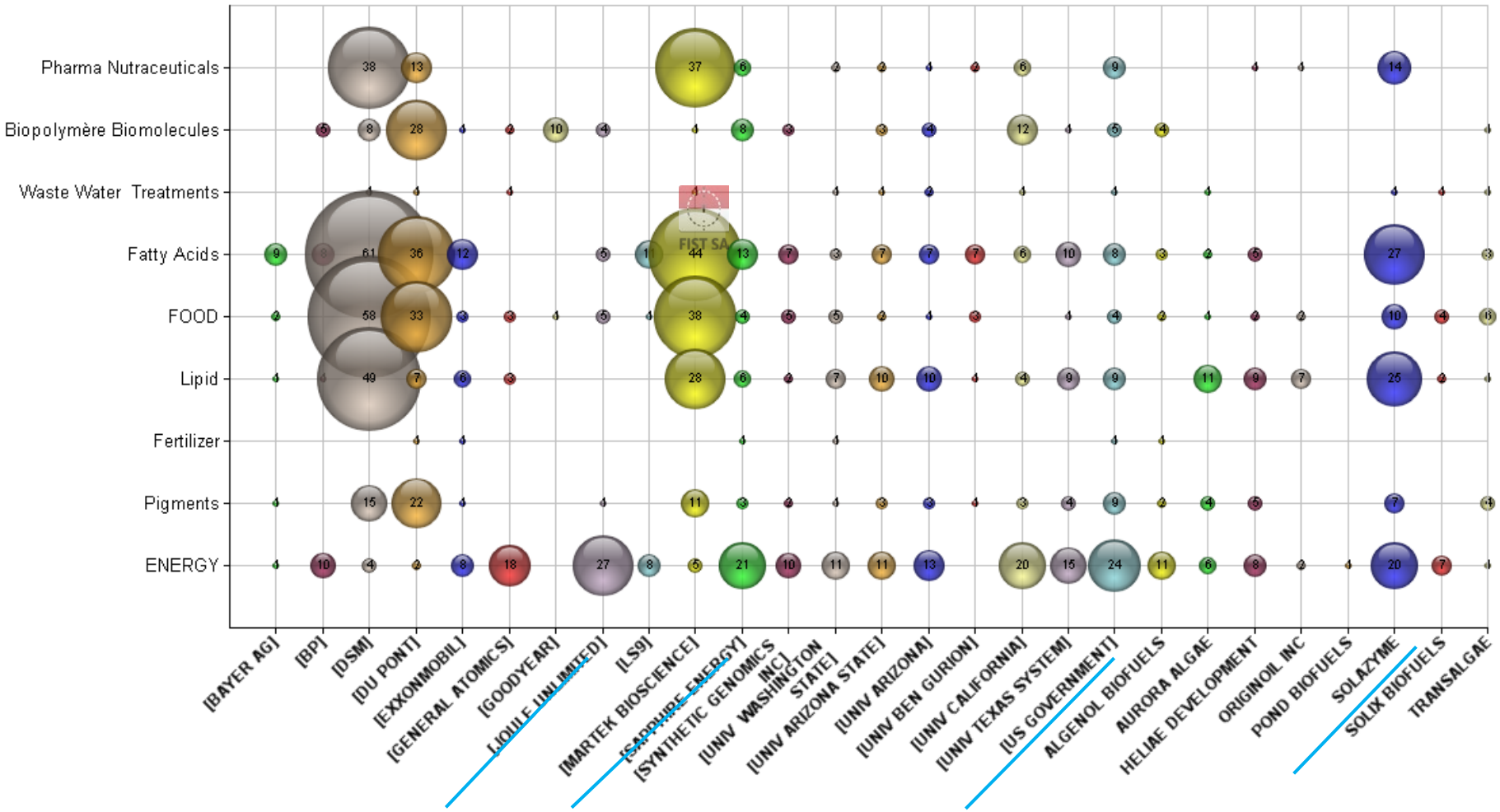


Les process de séchage sont les plus revendiqués.

Positionnement des déposants américains: Conversion



Positionnement des déposants américains: Applications



Le segment « Energy » est dominé par les Start-up biotech spécialistes en biocarburants et les académiques. Les pétrochimistes BP et ExxonMobil sont néanmoins présents sur ce segment. DSM, Bayer et Dupont se positionnent sur les segments « Food », « Pigment » et « fatty acid ». Globalement, les acteurs US revendiquent plusieurs applications dans leurs portefeuille.

Conclusion: Focus USA (1/2)

- **Extensions**

Les brevets américains sont très bien étendus. En effet, 90% des brevets font l'objet d'extensions (dont 60% via PCT).

- **Acteurs**

Les dépôts américains explosent à partir de 2006. Le domaine est largement dominé par les industriels et on note très peu de collaborations entre académiques et industriels. Les principaux déposants sont des grands groupes comme Du Pont, DSM, BP et ExxonMobil. Sont fortement présentes aussi des start-up spécialisées en biocarburant. Les premiers dépôts américains commencent dans les années 80 et ils sont l'oeuvre de grands groupes agrochimistes et d'académiques. Les nouveaux entrants sont principalement les start-up spécialistes du biocarburant et des grands groupes pétrochimistes.

- **Positionnement des déposants US**

Sur le segment des modifications génétiques sont positionnés des grands groupes agrochimistes, des start-up spécialisées en biocarburant et des académiques.

Les américains revendiquent en général de larges variétés de souches.

Concernant les moyens de production et de culture, le segment photobioréacteurs est dominé par General Atomics, le gouvernement américain et Solix Biofuel. Le segment milieu de culture est dominé par Solazyme et DSM.

Les acteurs américains revendiquent en général des applications énergétiques. Cependant, les grands groupes agrochimistes comme DSM, Du Pont et Bayer sont peu ou pas présents sur ce segment.

- **Réseaux et collaborations**

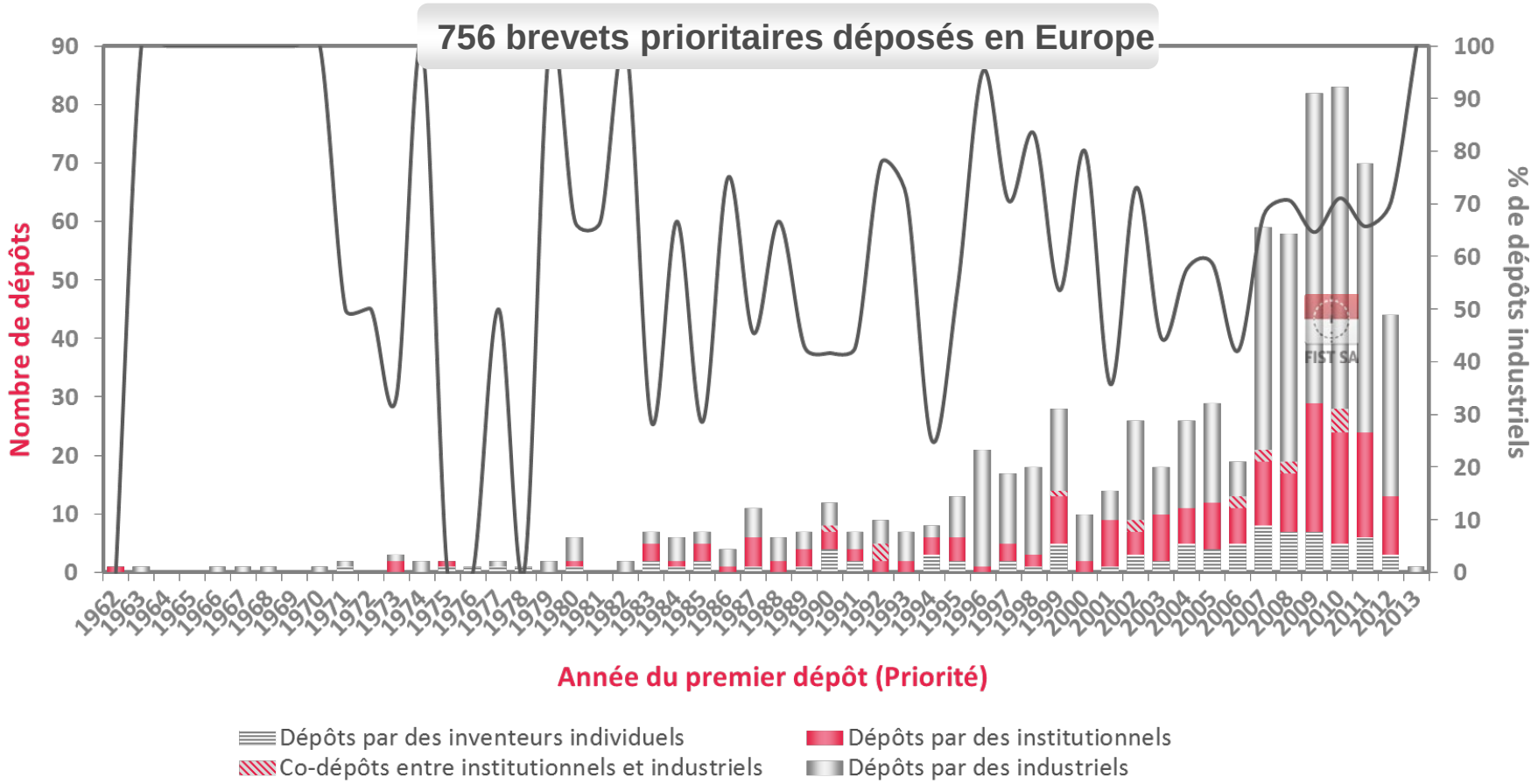
On a un premier pool constitué autour du gouvernement américain. C'est un schéma type de pilotage de la recherche sur les domaines émergents aux Etats-Unis: le gouvernement américain donne des financements fédéraux aux universités d'où vont sortir des start-up spécialistes en bioénergie. Une fois développées, ces start-up vont lever des fonds auprès des capital riskers et des banques (d'où leur présence dans le réseau).

Conclusion: Focus USA (2/2)

Les autres interactions entre les acteurs américains sont des collaborations entre acteurs des joint venture, des cessions de brevets… Le marché technologique américain est très avancé au point de vue activités par rapport aux autres zones géographiques.

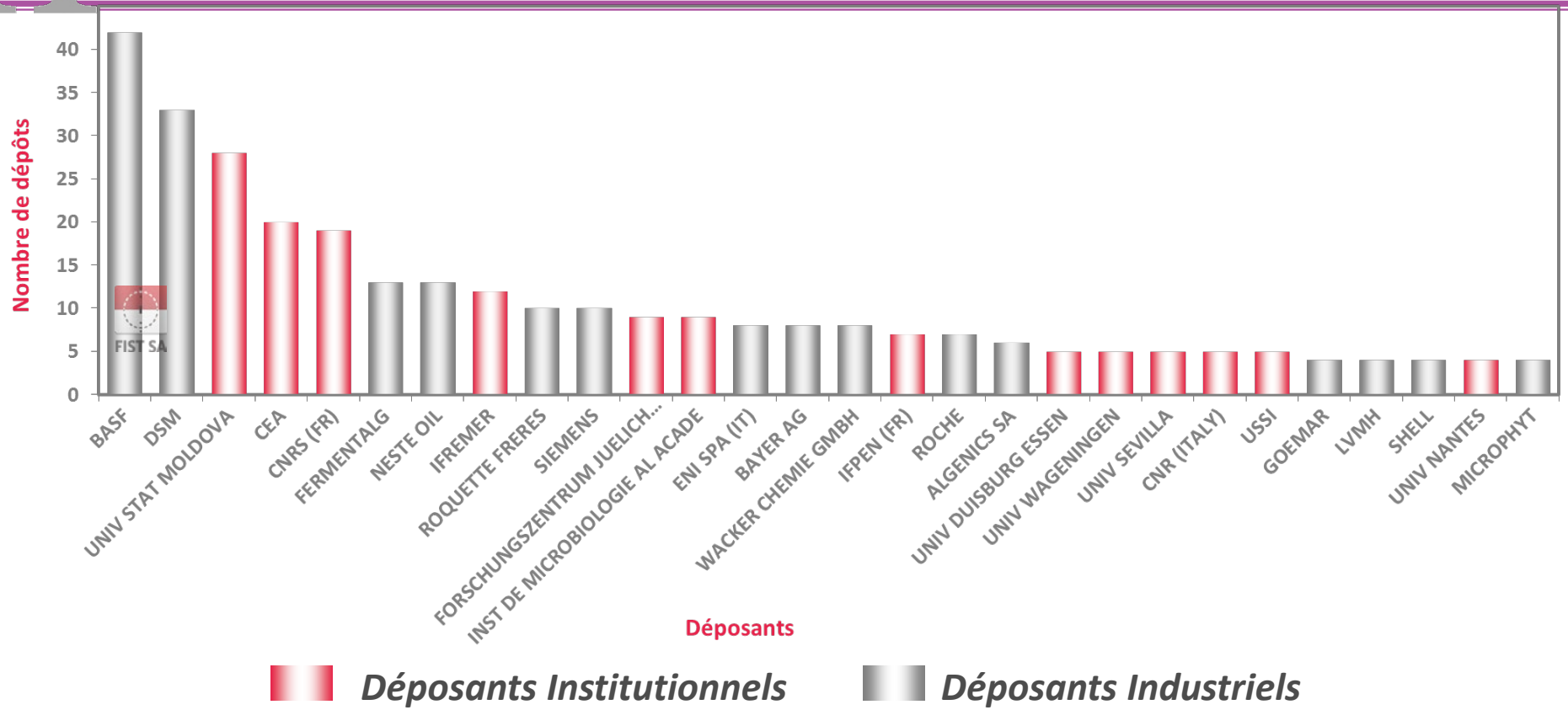
FOCUS EUROPE

Evolution des dépôts dans le temps: selon les types de déposants



De 1980 à 1995, l'Europe enregistrait moins de 10 dépôts/an en moyenne. De 1996 à 2006, ce taux monte jusqu'à 20 dépôts/an. Entre 2007 et 2011, on observe une forte croissance des dépôts qui passent de 20 à 70 dépôts/an en moyenne, soit une croissance de 250%.
Coté acteurs, plus de 60% des dépôts sont l'oeuvre d'industriels. On note aussi une faible proportion de co-dépôts entre académiques et industriels. En effet, ce type de dépôts représente moins de 3% de la base.

Déposants principaux

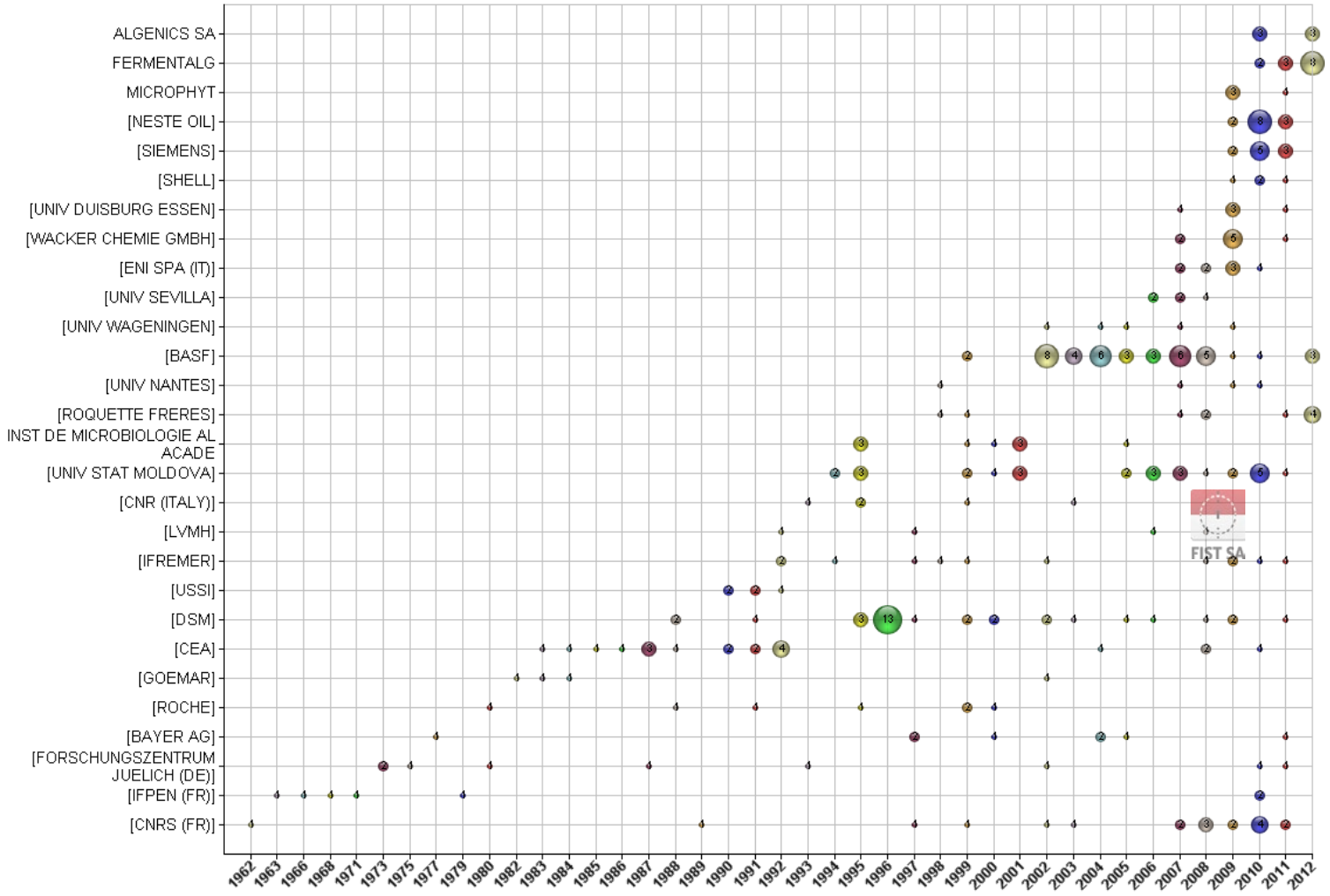


Les institutionnels sont bien représentés dans ce classement avec 9 déposants dans le top 20.

Différents types d'industriels sont aussi présents dans ce classement:

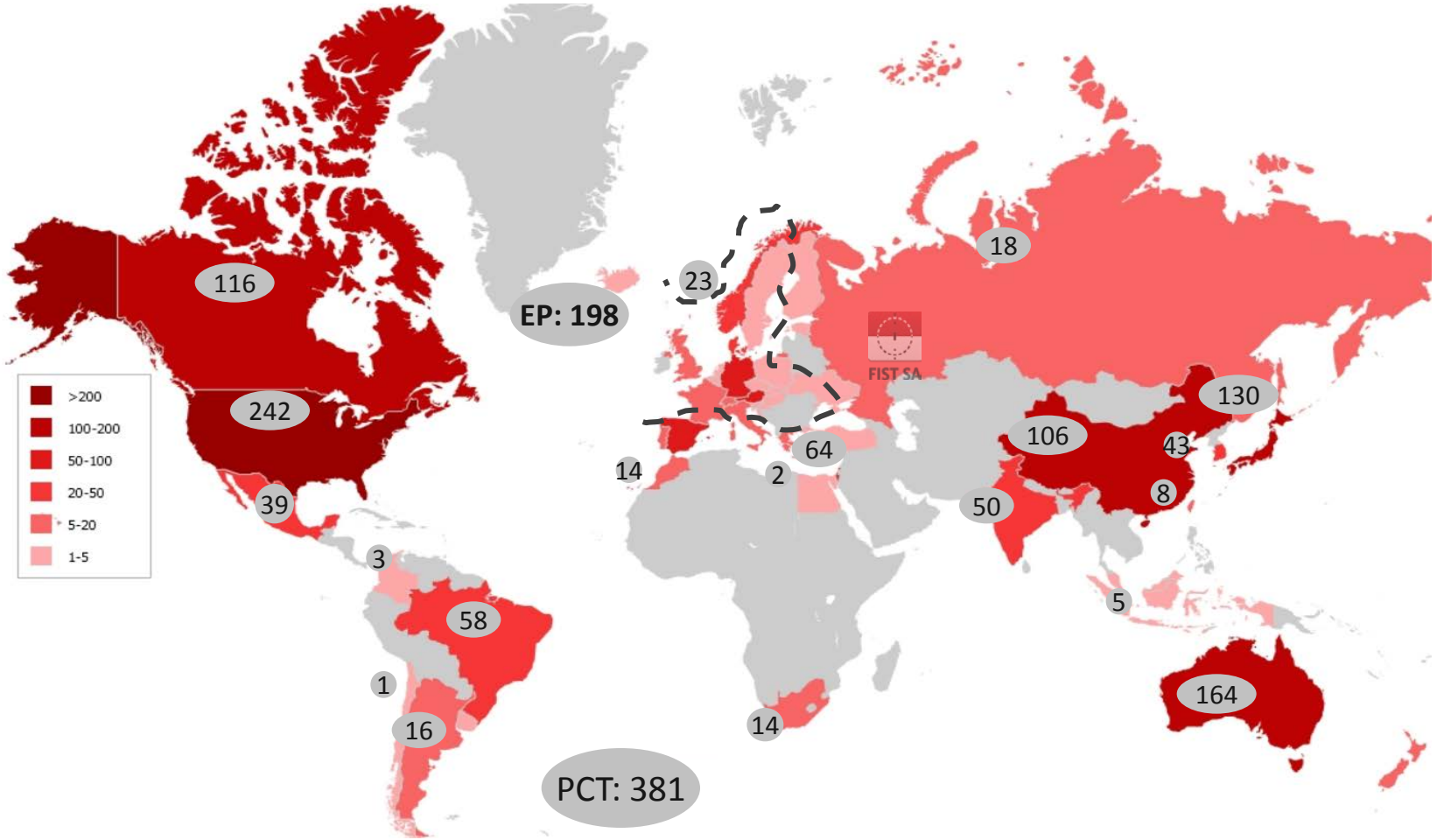
- **Des grands groupes: comme les agrochimistes BASF, DSM, Roquette et Bayer, les pétrochimistes ENI SPA, Neste Oil et Shell, le chimiste Wacker, le spécialiste de haute technologie SIEMENS etc…**
- **Des start-up ou TPE biotech: spécialistes en algues comme Algenics, Microphyt et Fermentalg.**

Déposants principaux: évolution des dépôts



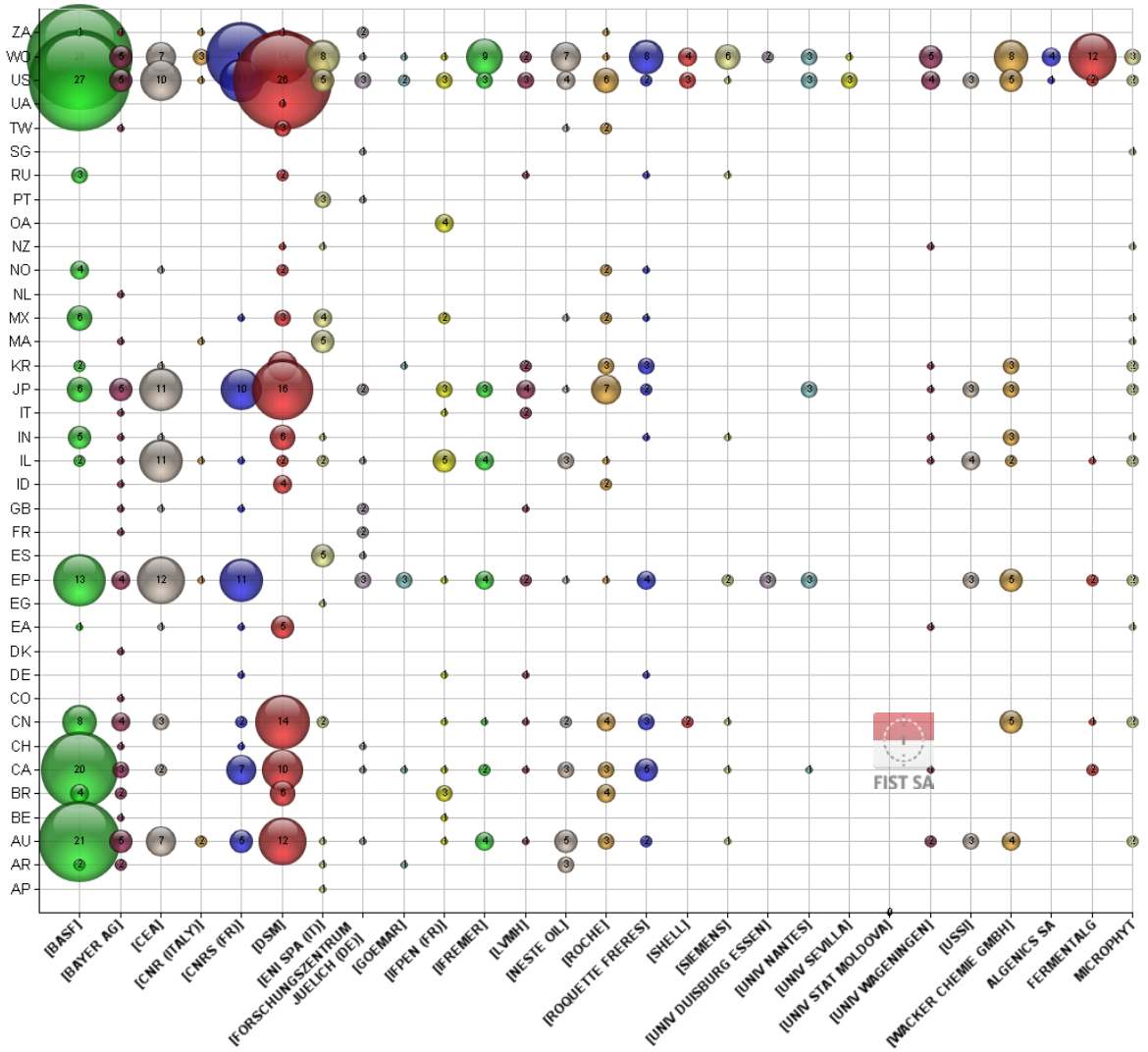
Cette figure montre que les grands groupes et la plupart des académiques déposent depuis les années 80. Les entreprises biotech ont des porteuilles âgés de moins de 10 ans pour la plupart car elles ont toute été créées aprés 2000.

Extensions



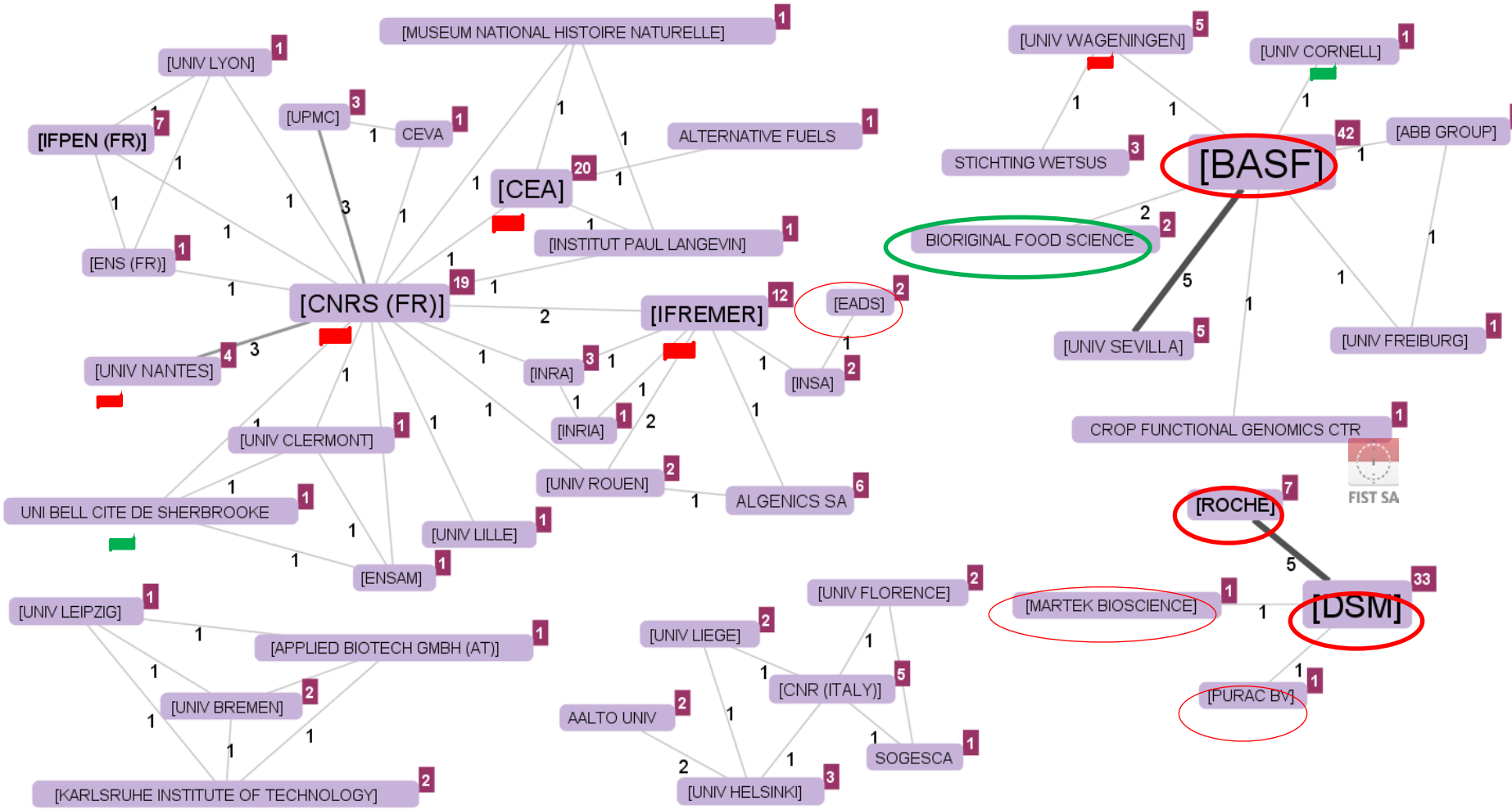
Les brevets européens sont en général très bien étendus. En effet, plus de 60% des brevets ont fait l'objet d'extension. Les zones les plus protégés sont les USA, l'Europe, le Japon, l'Australie, le Canada et la Chine (contrairement aux américains, les européens ne visent pas l'Inde et Israël). La procédure PCT est fréquemment utilisée par les acteurs européens; elle concerne plus de la moitié des brevets de la base.

Analyses des extensions des déposants sélectionnés

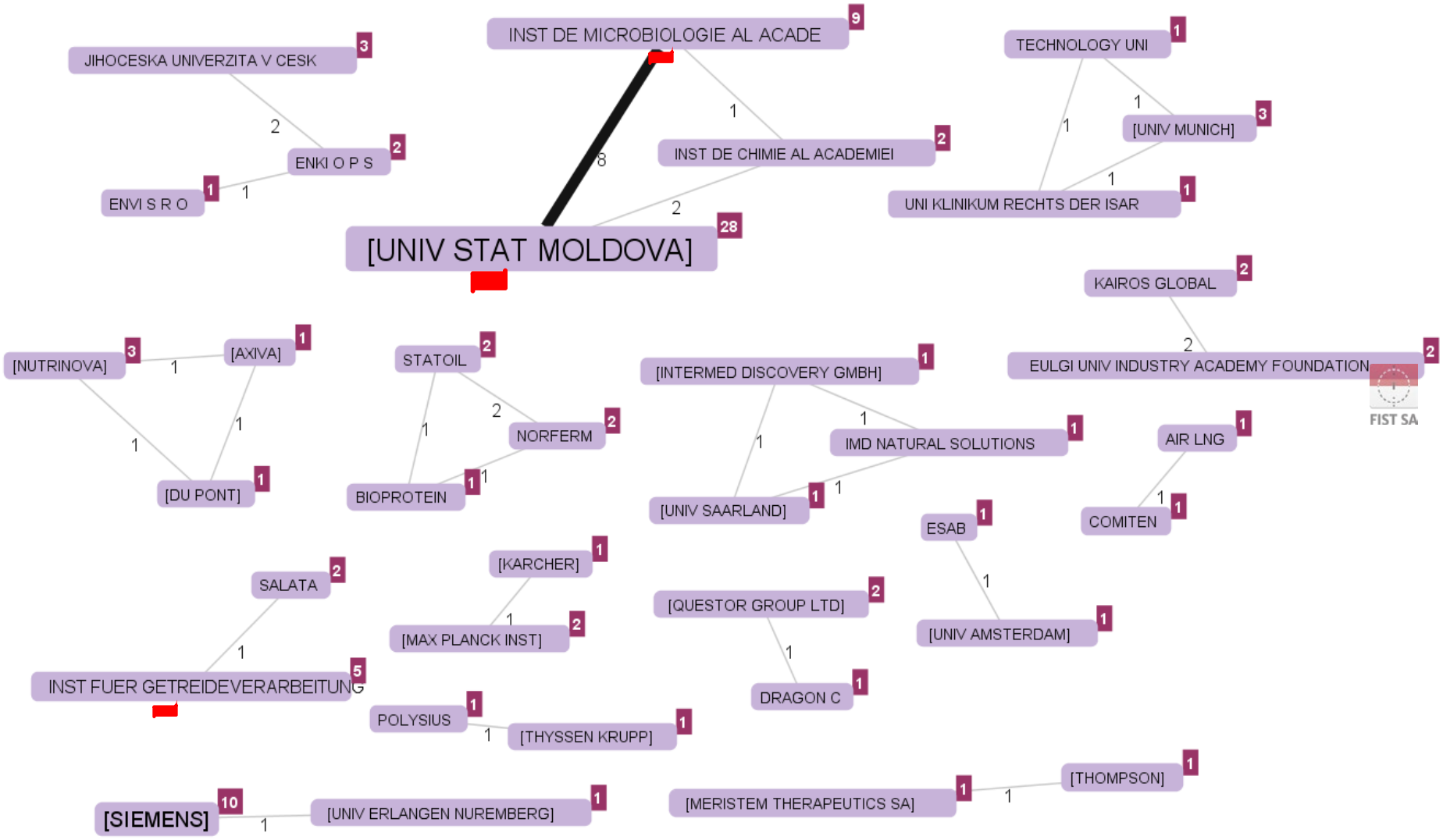


Comme indiqué précédemment, les acteurs européens couvrent de larges zones géographiques dans leurs stratégies de protection. La procédure PCT est utilisée par tous les acteurs ici représentés.

Analyses des co-dépôts depuis 2000



Analyses des co-dépôts depuis 2000



Analyses des co-dépôts depuis 2000

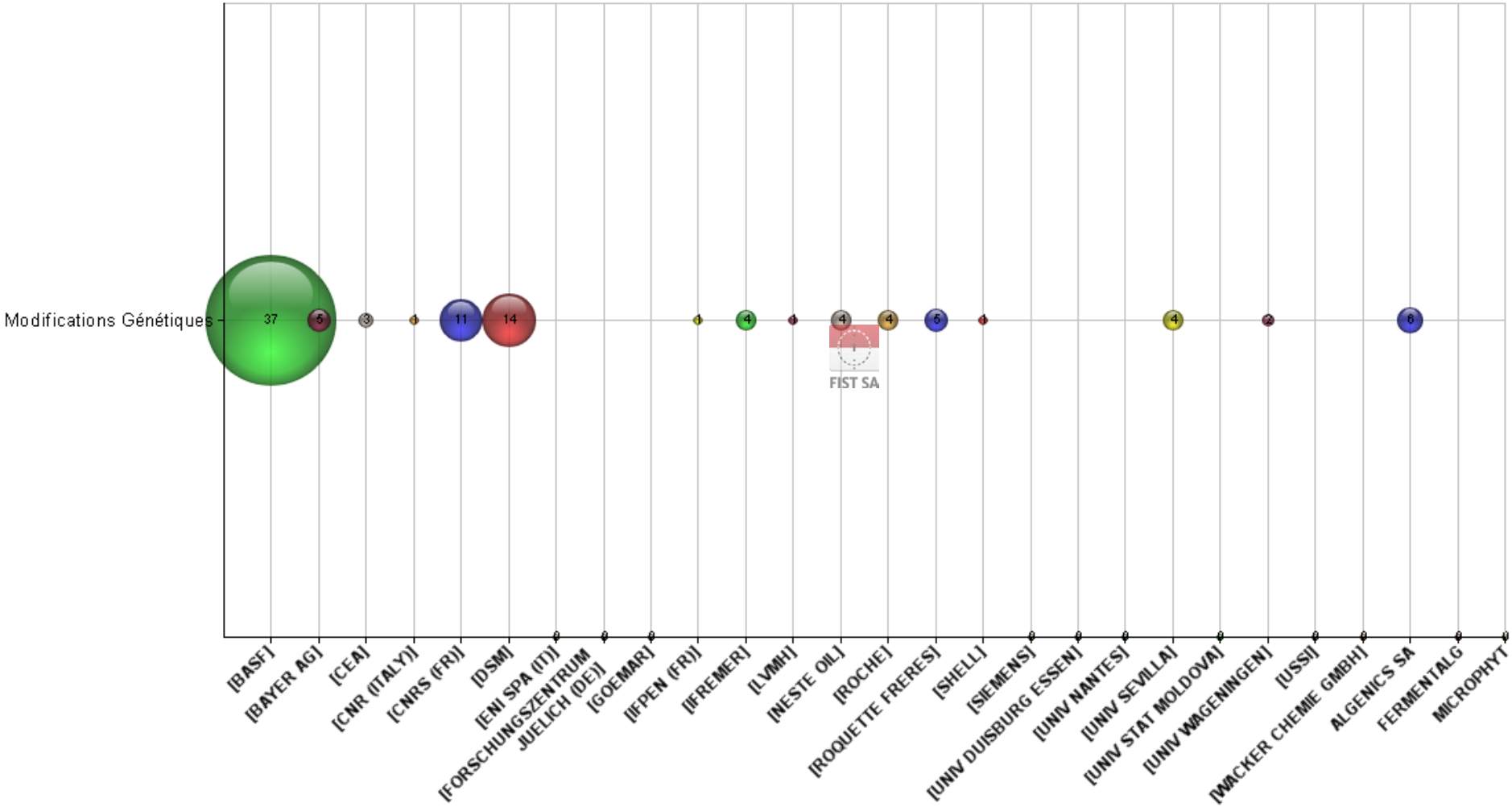


Analyses des co-dépôts depuis 2000

Cette figure modélise les interactions entre les différents acteurs européens.
On observe peu d'interactions hors Europe et quelques gros regroupements:

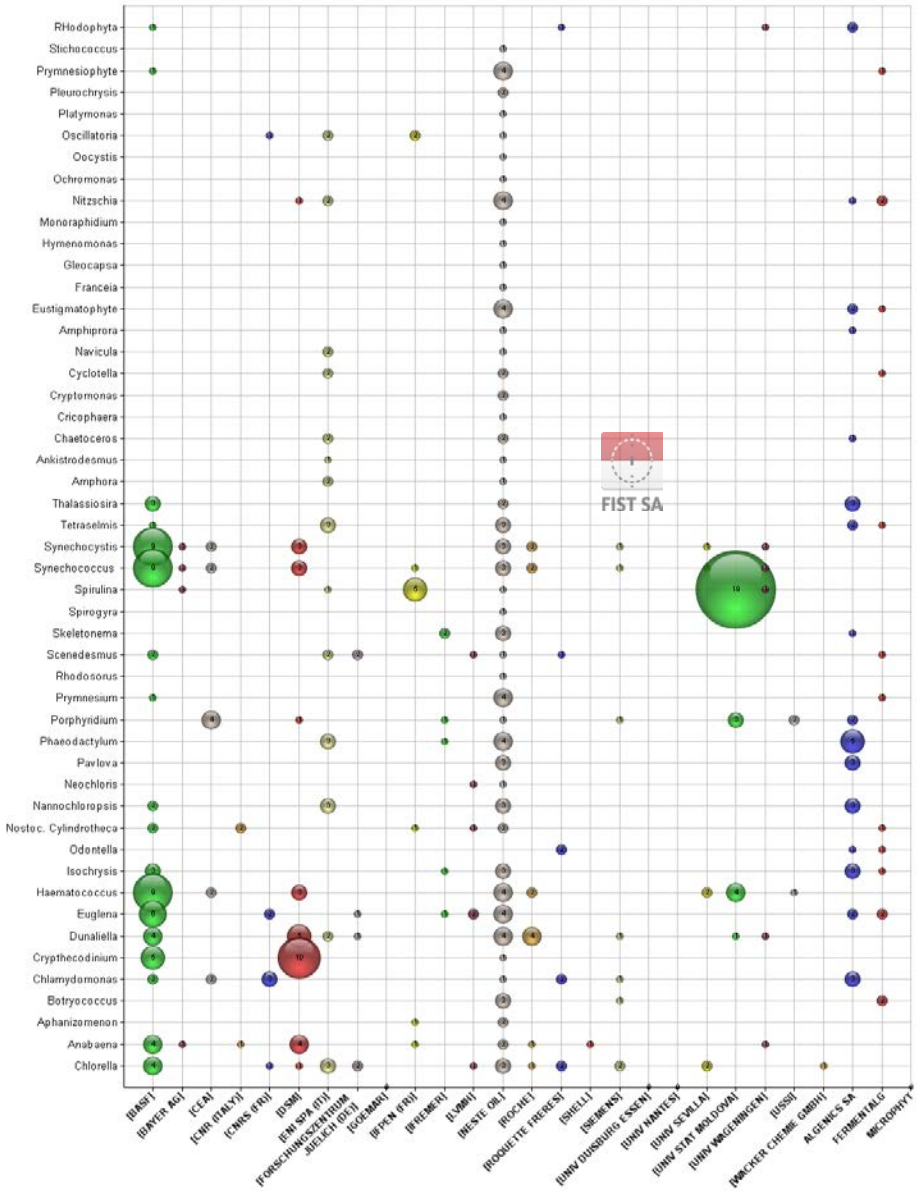
- **l'un autour de BASF fait intervenir des académiques - les universités de Wageningen, Séville et Fribourg et celle de Cornell(USA) et des industriels Biorigal (spécialiste canadien des Omega) et ABB**
- **L'un autour du CNRS et du CEA avec ses partenaires académiques (université de Nantes, Rouen, Clermont, Lyon), des instituts tels que l'INRA, le CEVA, l'IFPEN, et une université hors Europe, Sherbrooke qui fait intervenir deux industriels EADS et Algenics;**
- **L'un, uniquement constitué d'industriels, matérialisé par des acquisitions par DSM de Martek et Roche ; le lien de DSM et Purac modélise une Joint venture (BPF, Bioprocess Pilot Facility).**
- **L'un, plus surprenant mais moins important, constitué d'académiques moldaves**

Positionnement des déposants européens: ingénierie génétique



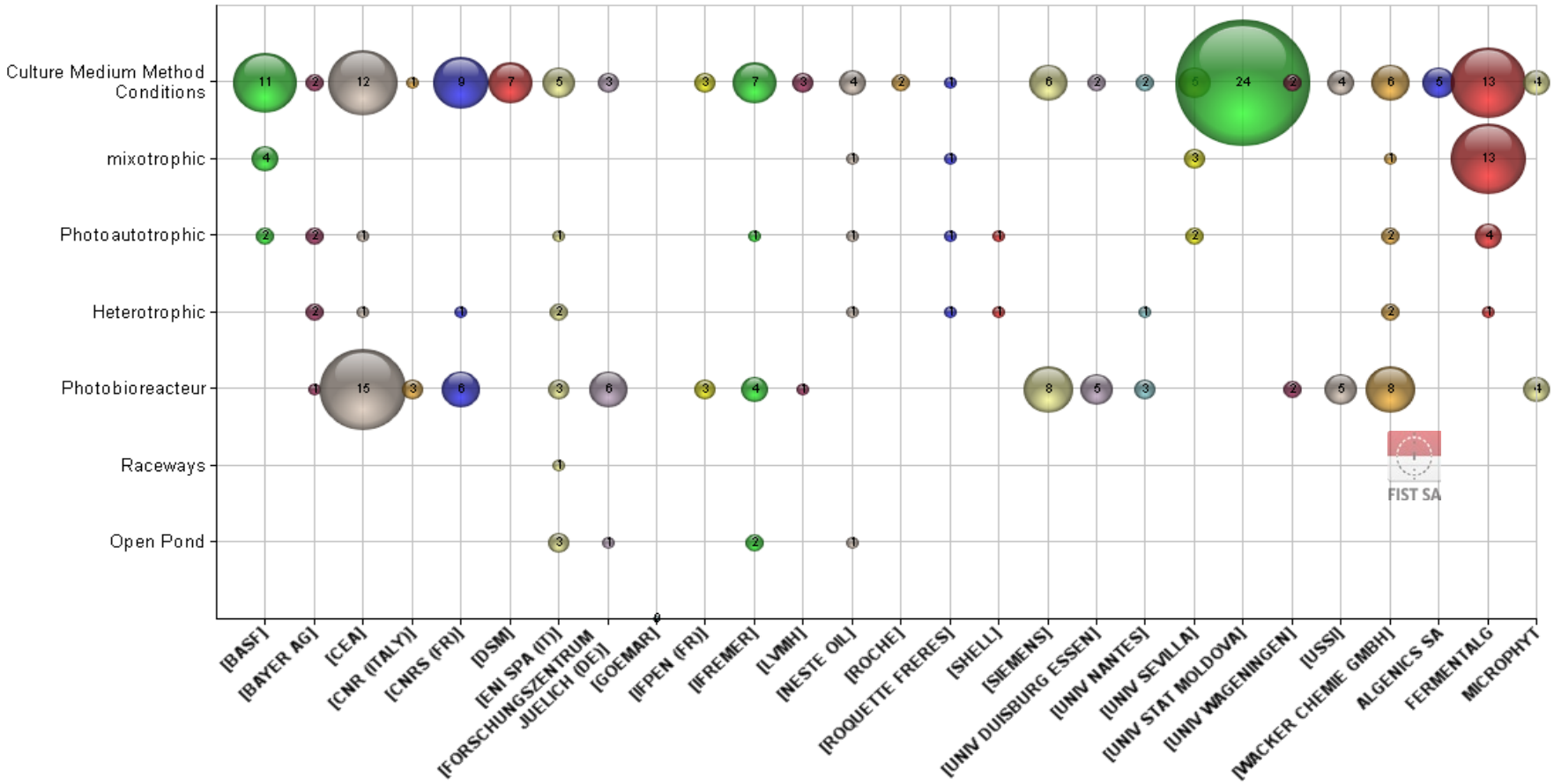
BASF est de loin le plus grand déposant sur ce segment; DSM et le CNRS sont également bien positionnés sur ce segment.

Positionnement des déposants européens: Type de souches



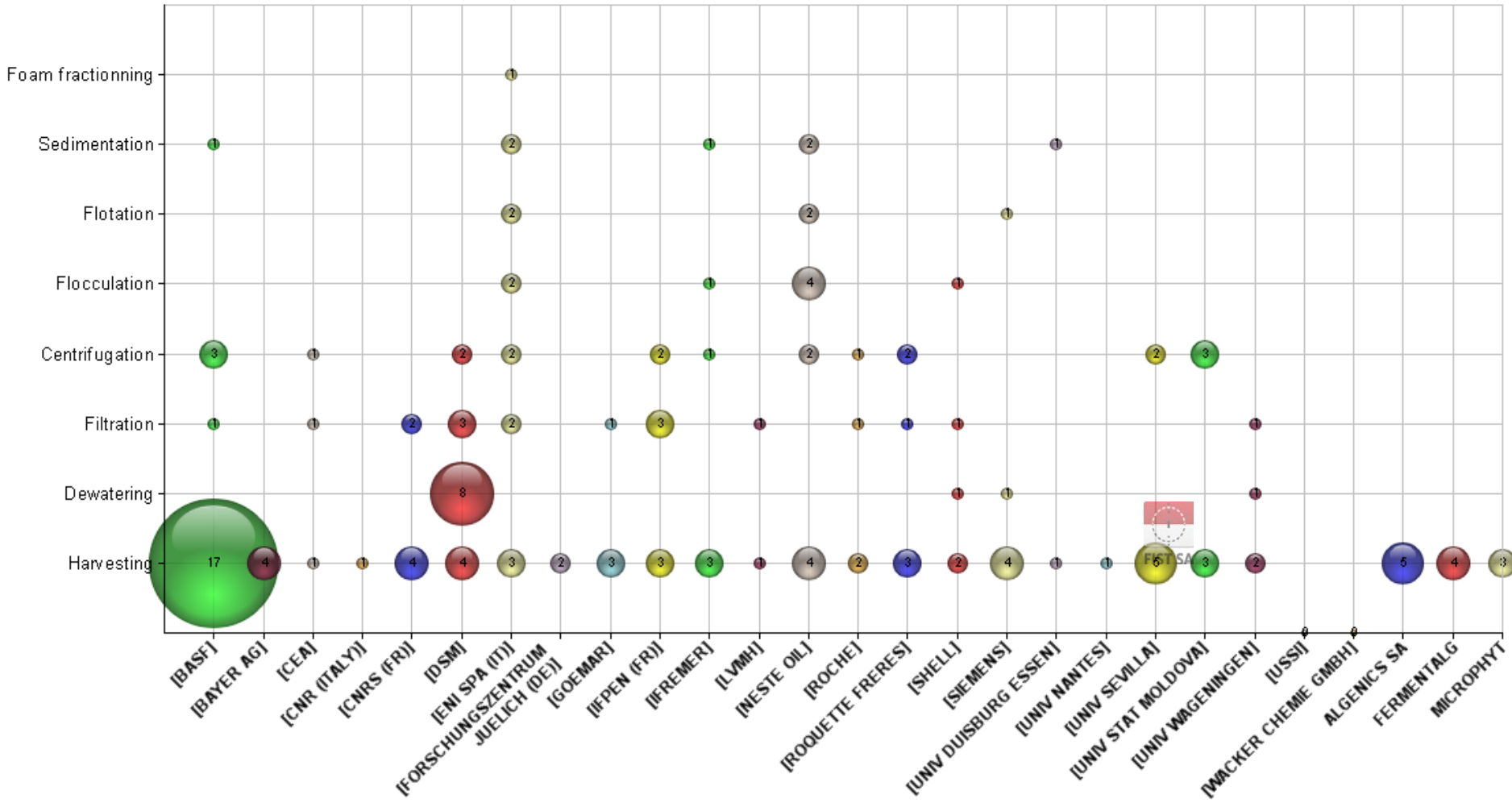
Des acteurs comme Neste Oil, Algenics SA, ENI SPA et BASF protégent en général de larges variétés de souches. Cependant certains acteurs sont assez focalisés sur un ou quelques types de souches: Université de Moldavie et IFPEN.

Positionnement des déposants européens: Productions et cultures

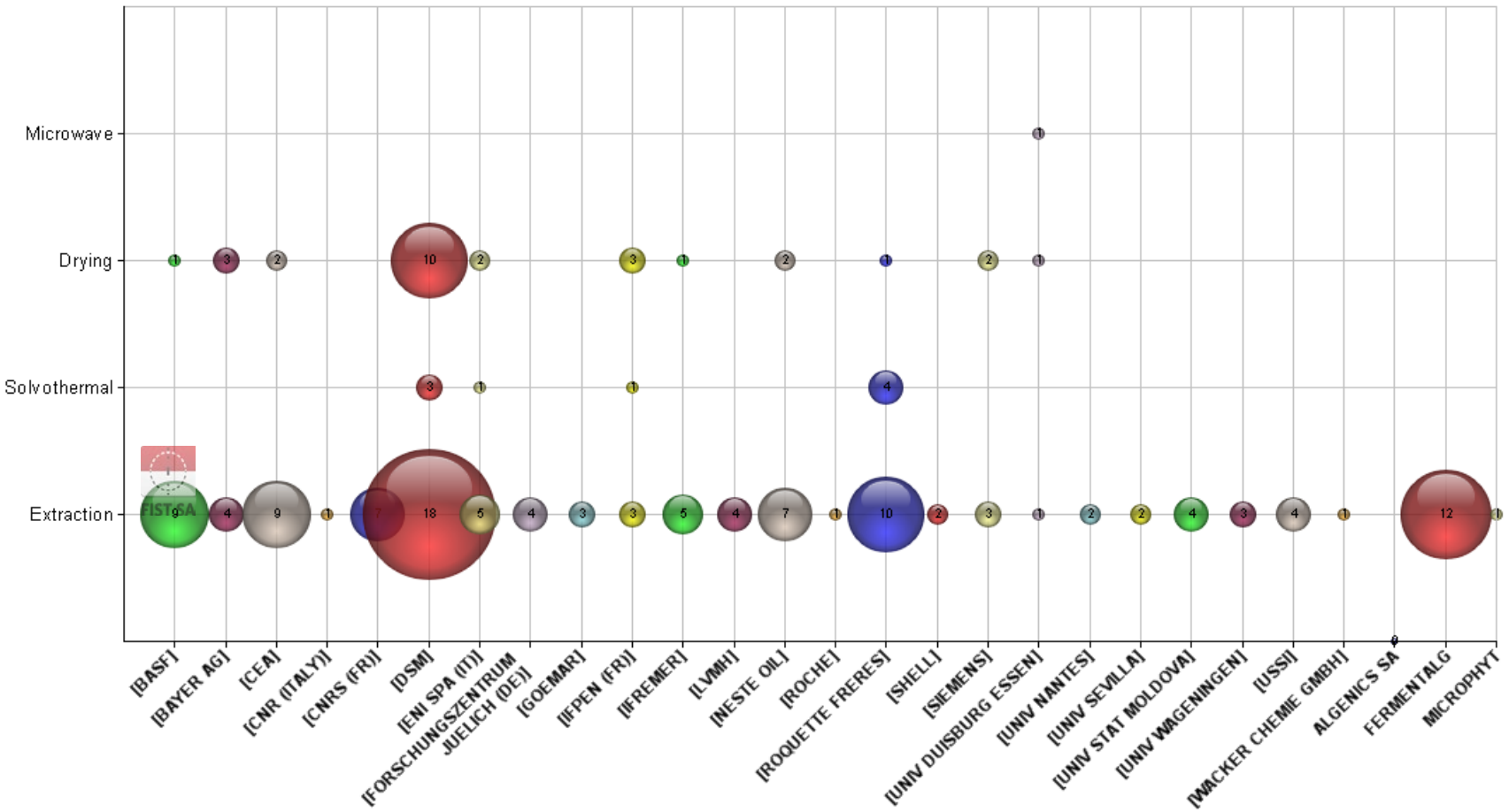


Le CEA est le principal déposant sur les photobioréacteurs. SIEMENS, Wacker et le CNRS sont aussi bien positionnés sur ce segment. Il semblerait que tous les brevets de l'Université d'état de Moldavie traitent de méthodes, conditions et procédés de culture. Il apparait peu de brevets sur les open ponds.

Positionnement des déposants européens: Harvesting & Dewatering

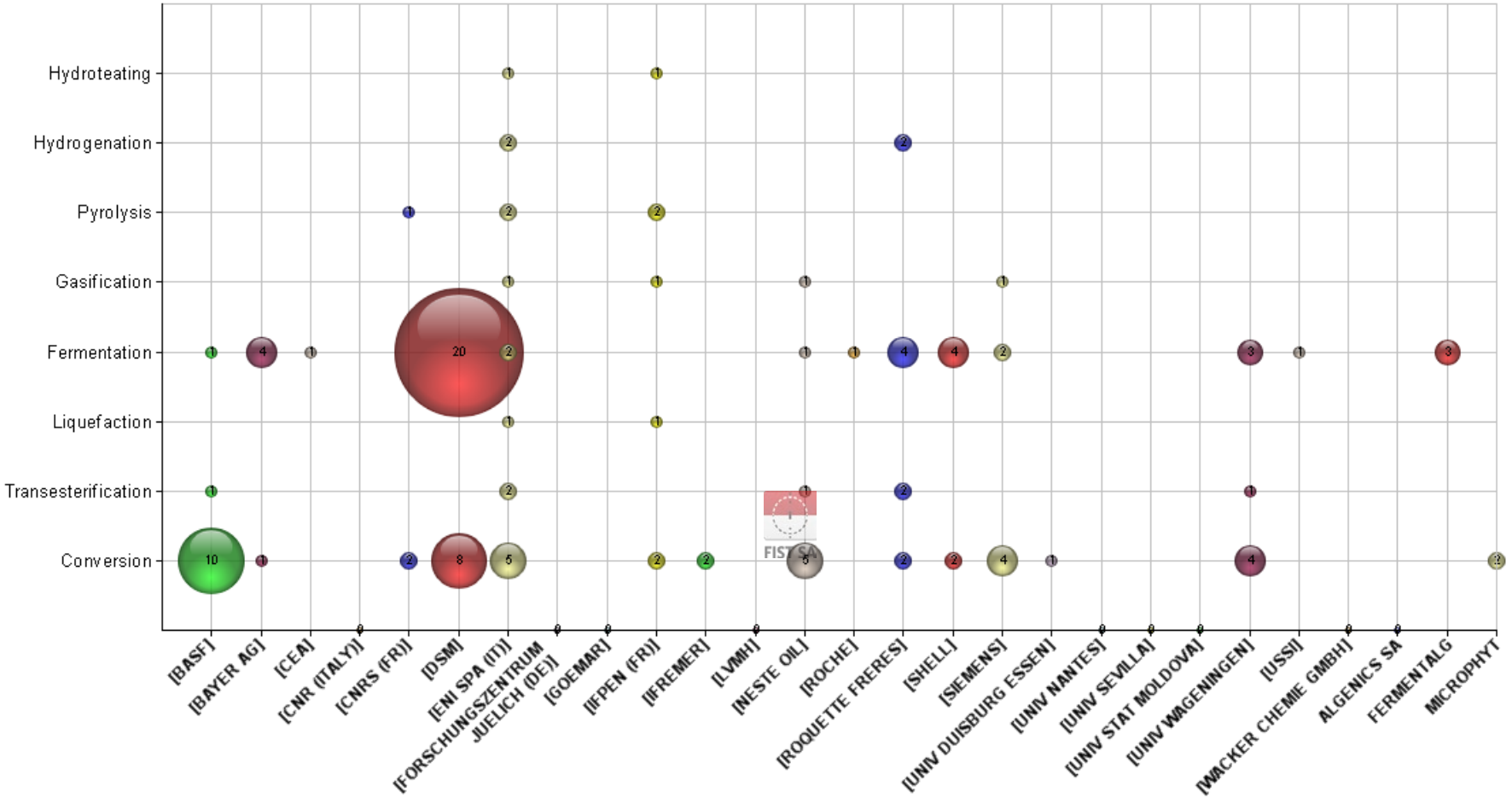


Positionnement des déposants européens: Extractions



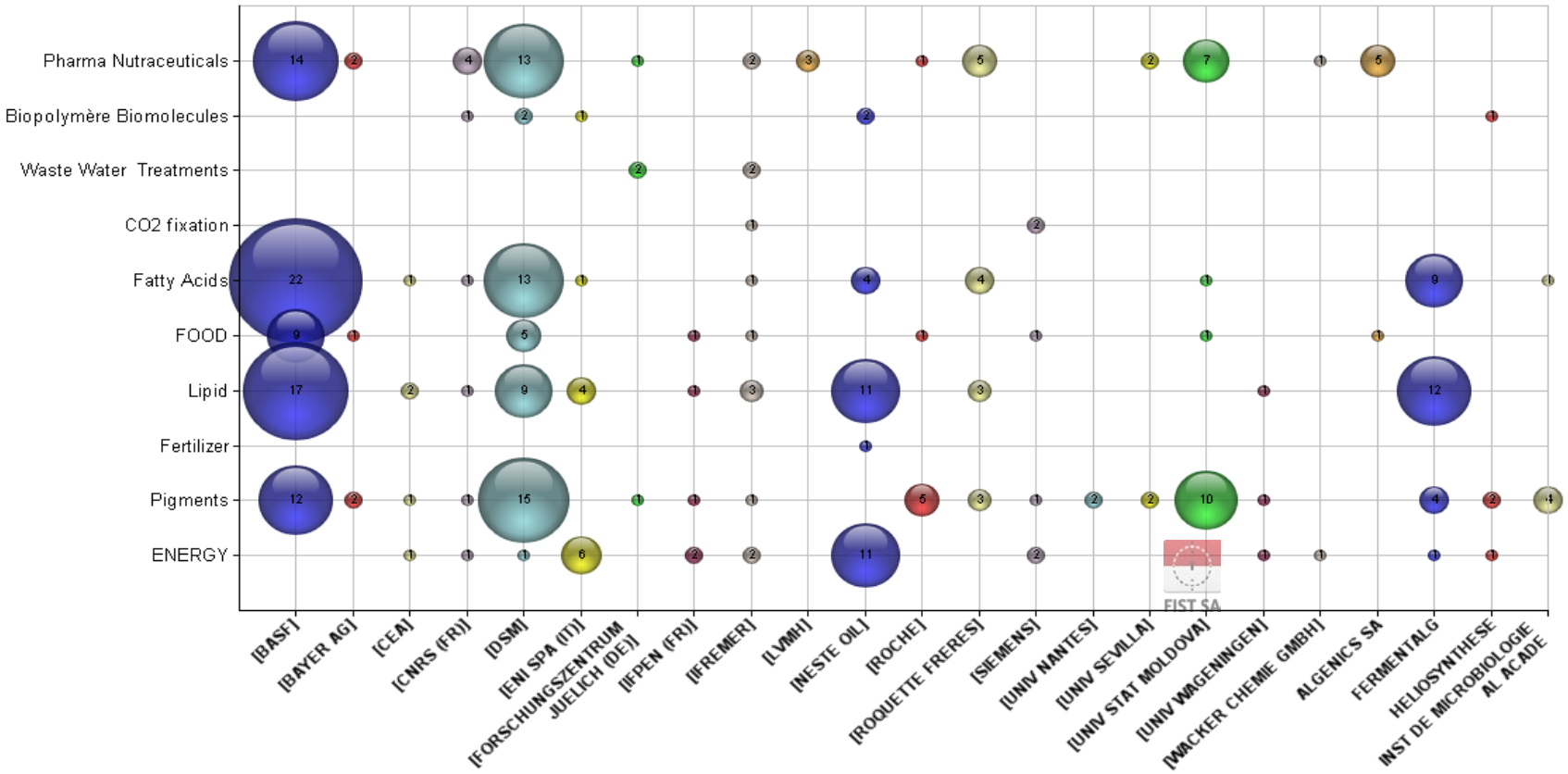
Les process de séchage sont les plus revendiqués. Roquette, DSM, ENI et l'IFPEN sont les seuls à revendiquer du solvothermal. L'université de Duisbourg se démarque par des micro-ondes comme le font CAS en Chine ou Martek et les université du Texas et d'Arizona aux USA.

Positionnement des déposants européens: Conversion



DSM revendique la fermentation comme moyen de conversion en produits d'intérêt des extraits d'algues. ENI, IFPEN, NESTE, Roquette explorent différentes techniques.

Positionnement des déposants européens: Applications



NESTE Oil et ENI SPA sont positionnés sur les applications énergétiques. BASF et DSM se positionnent sur les pigments, les acides gras, les lipides et les applications nutraceutiques des algues. DSM, le CNRS, l'Université d'état de Moldavie, Algenic et Roquette sont aussi bien implantés sur ce segment. L'énergie n'est revendiquée fortement que par NESTE puis ENI et plus légèrement par IFPEN, IFREMER, SIEMENS et enfin CEA, CNRS, Wacker, l'université de Wageningen, Fermentalg et Heliosynthese.

Conclusion: Focus Europe

- **Extensions**

Les brevets européens sont en général très bien étendus . En effet, 60% des brevets font l'objet d'extensions.

- **Acteurs**

Les dépôts européens apparaissent à partir des années 1960. On constate une explosion des dépôts à partir de 2007. 60% des brevets sont l'œuvre d'industriels et on note très peu de collaborations entre académiques et industriels. Les principaux déposants sont des grands groupes agrochimistes, pétrochimistes ou chimistes. A côté de ces grands groupes, nous avons aussi des start-up spécialisées dans les algues et des académiques comme le CNRS et le CEA.

Les pionniers dans ce domaine sont les académique CNRS, IFPEN et le centre de recherche allemand Juelich. Les nouveaux entrants sont des start-up spécialisées dans les algues mais aussi des grands groupes pétrochimistes.

- **Positionnement des déposants européens**

Les principaux déposants sur le segment modifications génétiques sont BASF et les académiques CNRS et CNR (Italie). Concernant les types de souches, certains acteurs couvrent une large variété de souches, tandis que d'autres sont plus focalisés.

Le segment photobioréacteur est largement dominé par le CEA. On note cependant la présence de Siemens, Wacker Chemie et le centre de recherche Juelich. Les européens ne sont généralement pas bien positionnés sur le segment milieu de culture. Ce segment est dominé par l'université d'état de la Moldavie.

Le segment Energie est très peu revendiqué dans les brevets européens. Seuls les pétrochimistes Neste Oil (Finlande) et Eni SPA (Italie) sont véritablement présents sur ce segment.

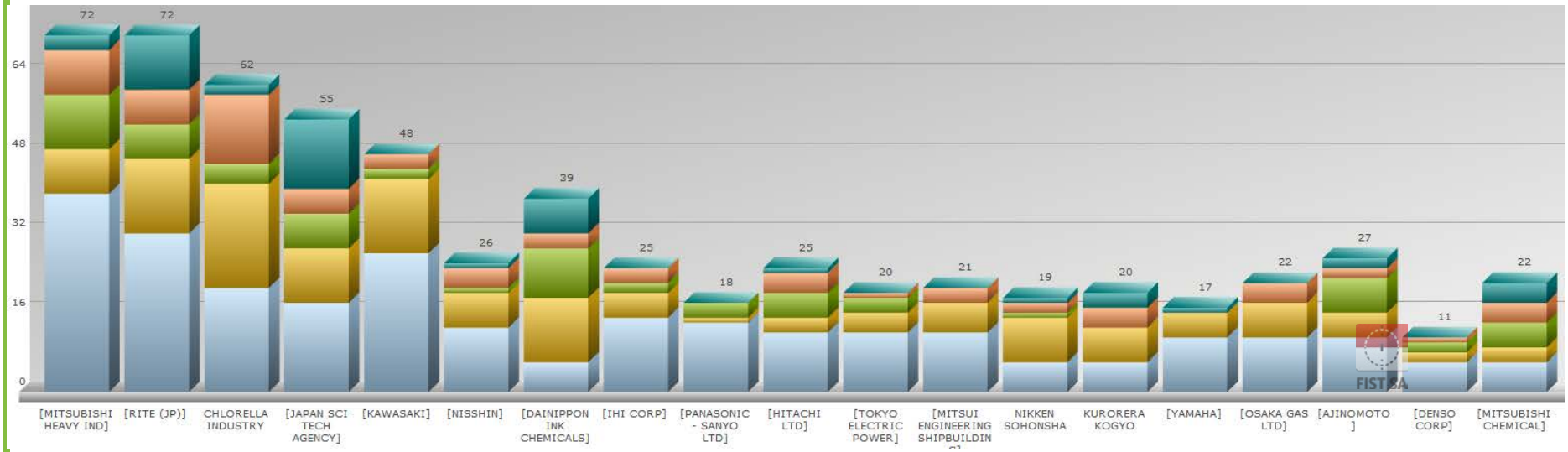
- **Réseaux et collaborations**

Le réseau européen est assez pauvre en collaborations entre acteurs de typologies différentes. Les collaborations sont localisées; les acteurs d'un même pays interagissent ensemble. Le marché technologique est assez faible.

FOCUS DÉPOSANTS INDUSTRIELS

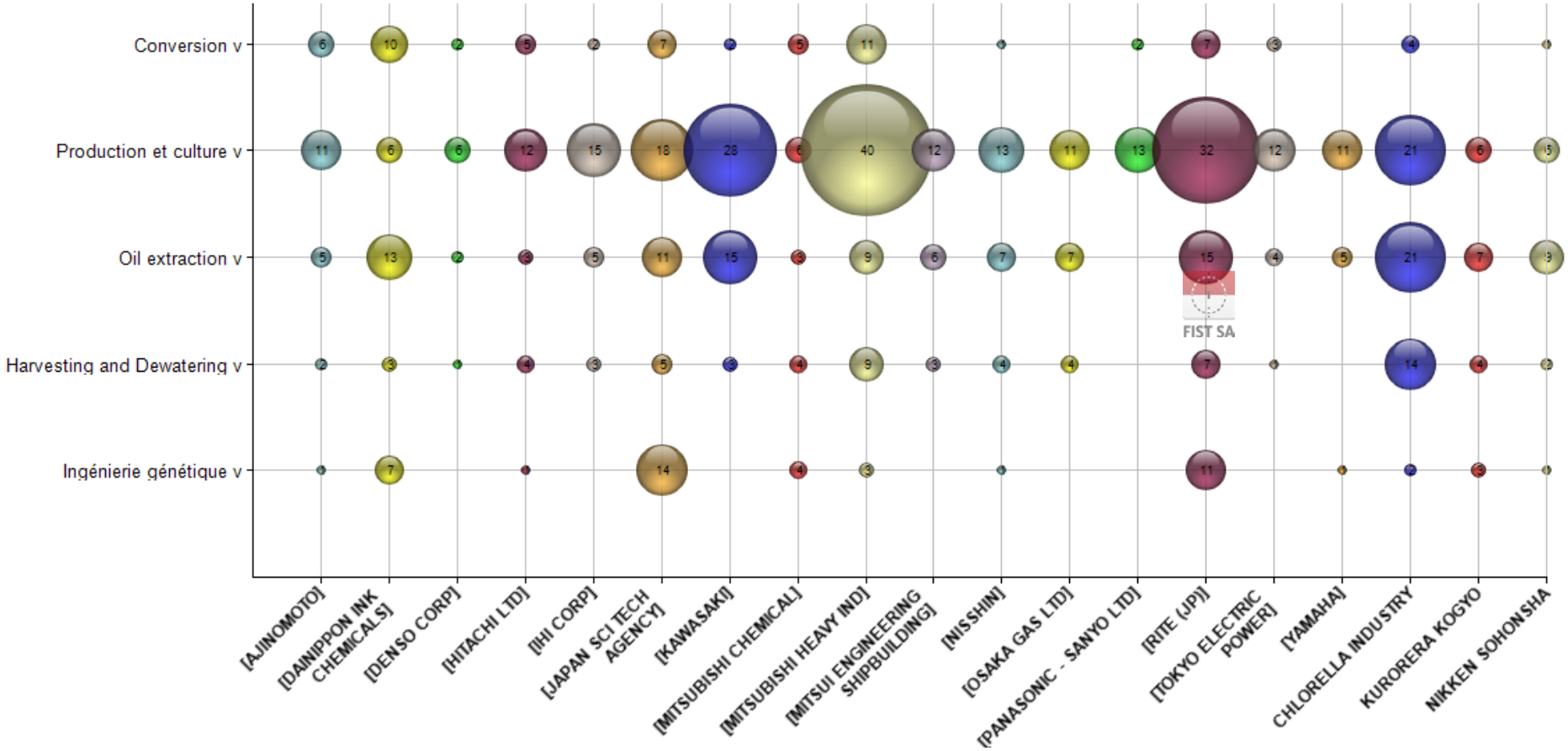
Positionnement des principaux déposants industriels japonais sur les segmentations (1/2)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



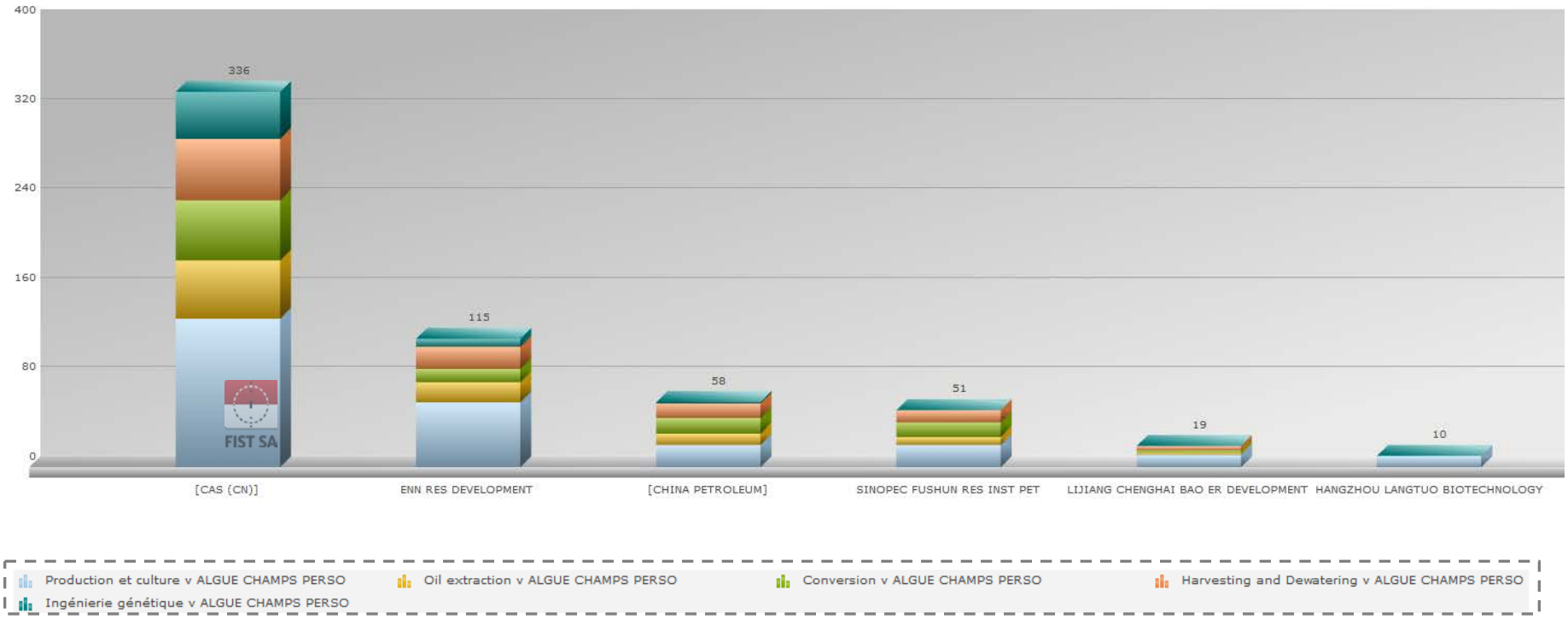
Positionnement des principaux déposants industriels japonais sur les segmentations (2/2)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



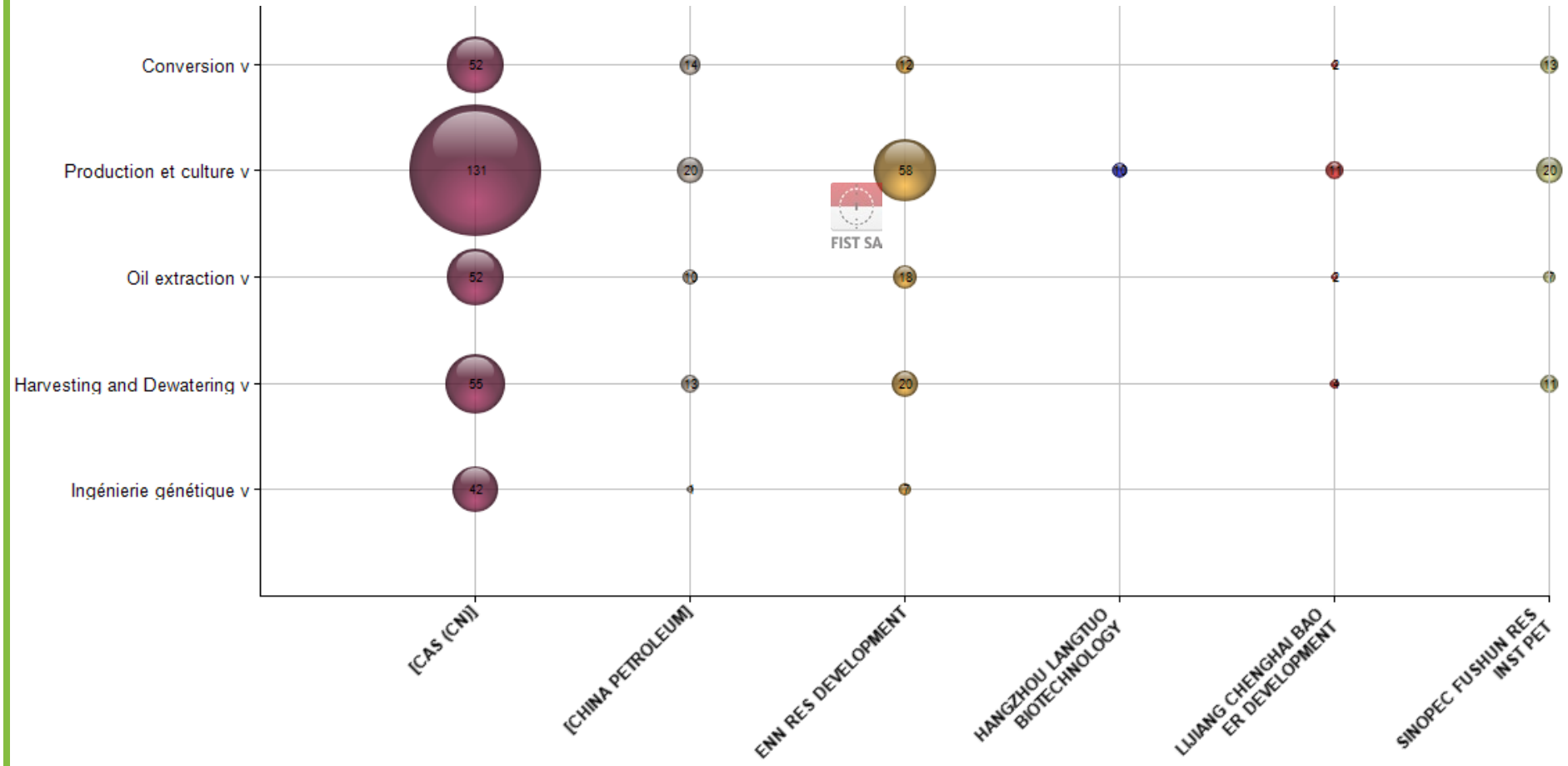
Positionnement des principaux déposants industriels chinois sur les segmentations (1/2)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



Positionnement des principaux déposants industriels chinois sur les segmentations (2/2)

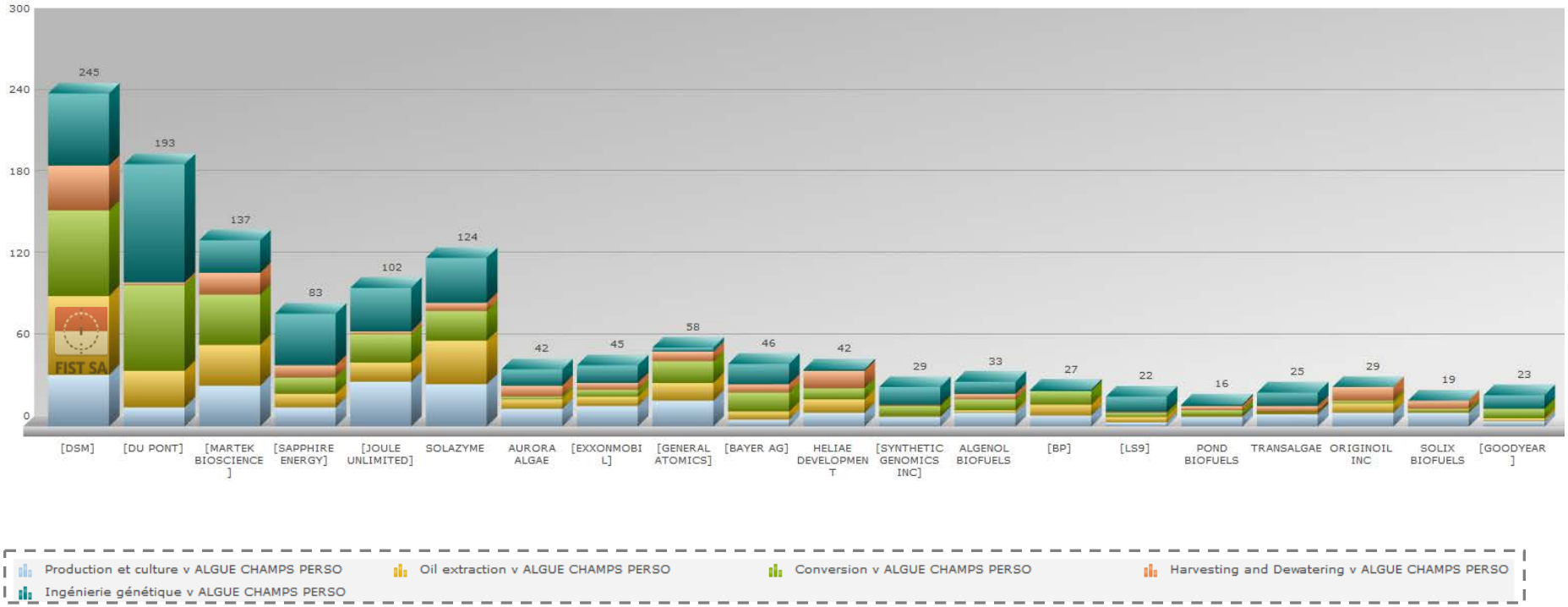
Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



Positionnement des principaux déposants industriels américains sur les segmentations (1/2)

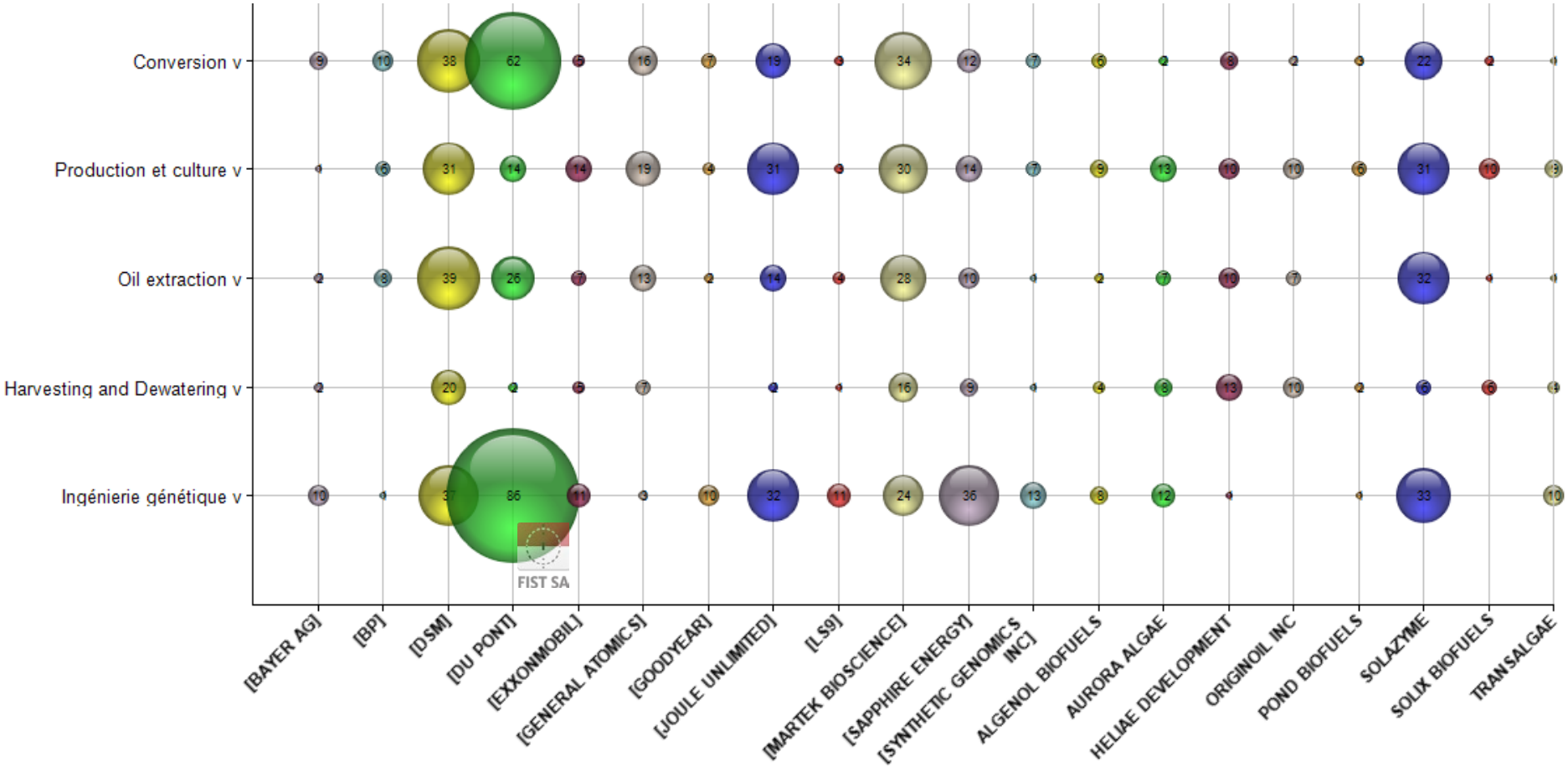
Overview

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



Positionnement des principaux déposants industriels américains sur les segmentations (2/2)

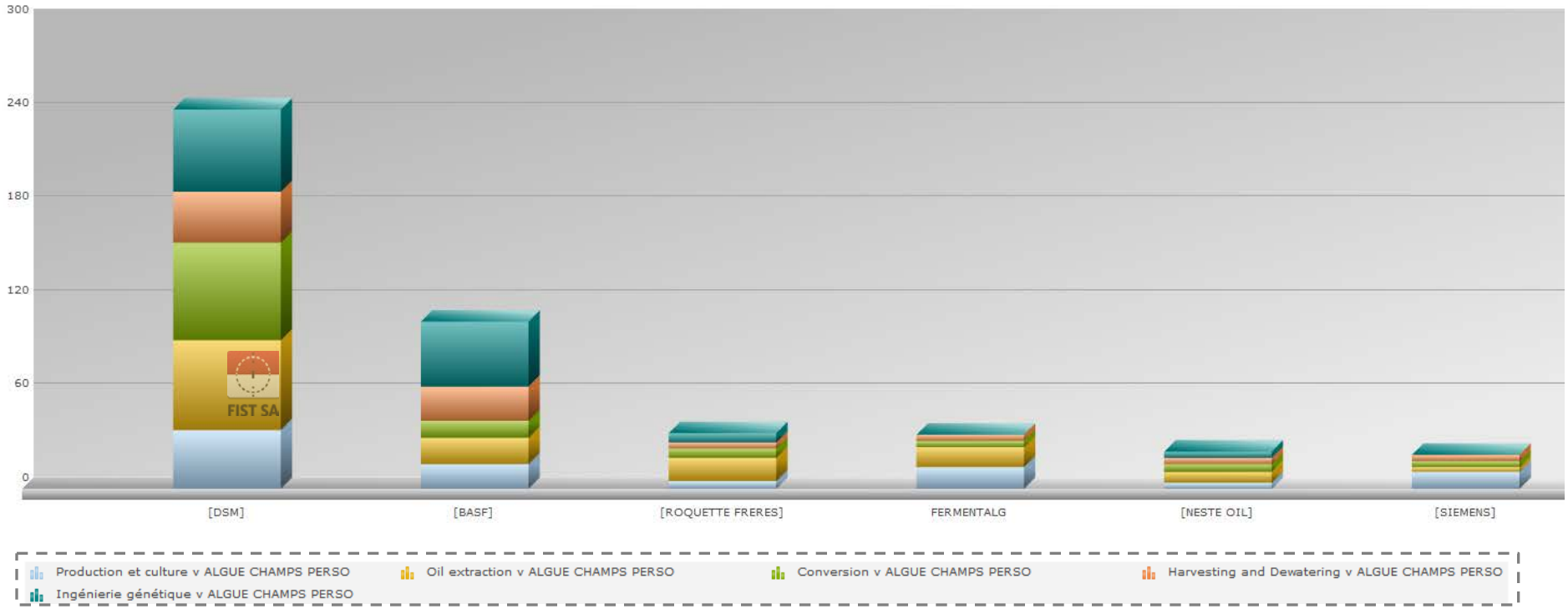
Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



Positionnement des principaux déposants industriels européens sur les segmentations (1/2)

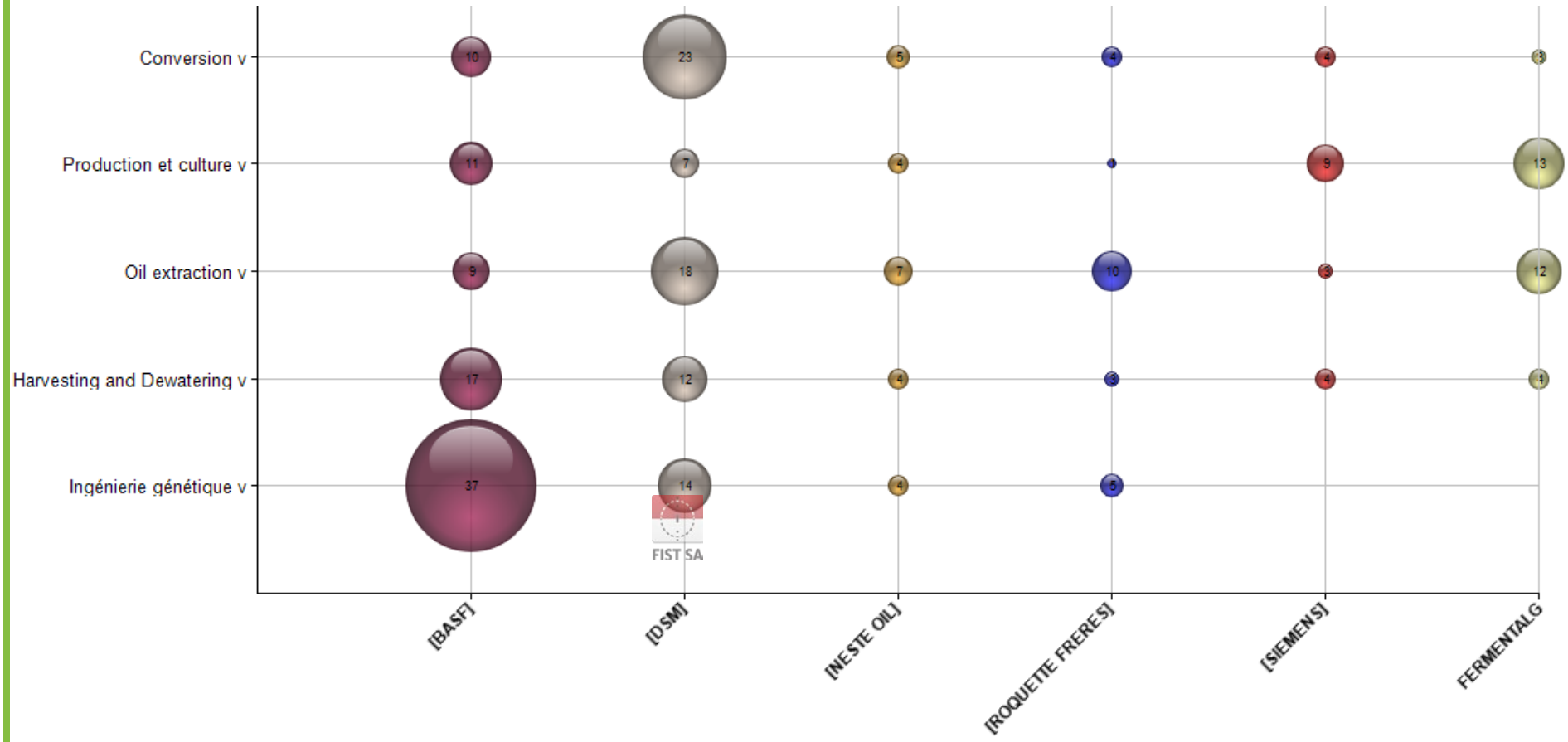
Overview

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



Positionnement des principaux déposants industriels européens sur les segmentations (2/2)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 10 familles de brevets



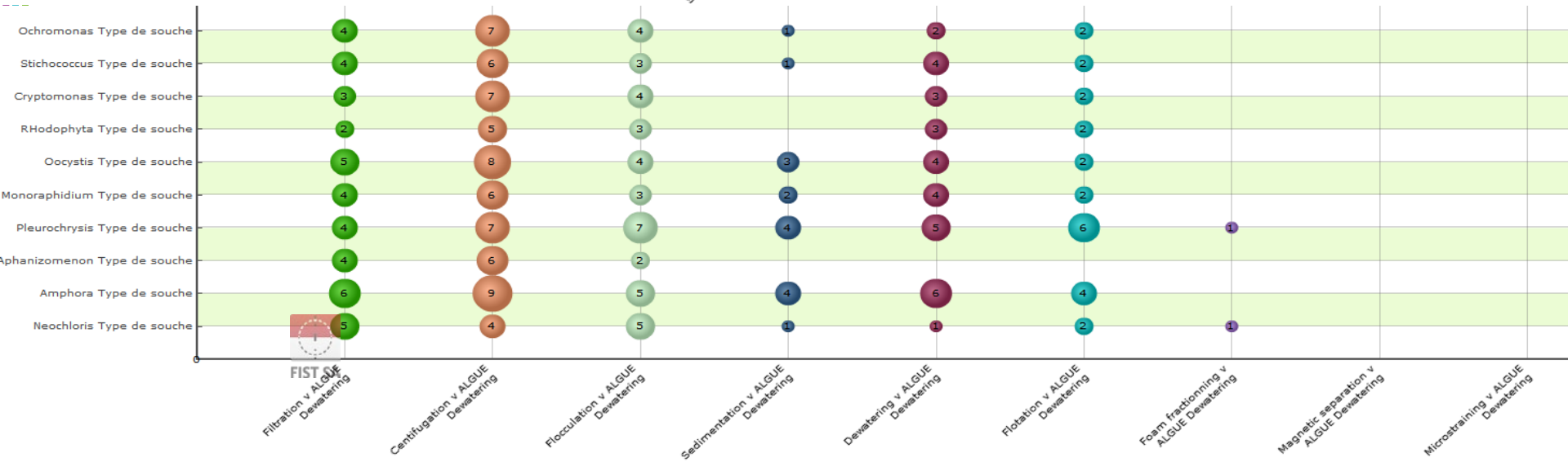
FOCUS SOUCHES

Souches compatibles avec les technologies de dewatering (1/3)

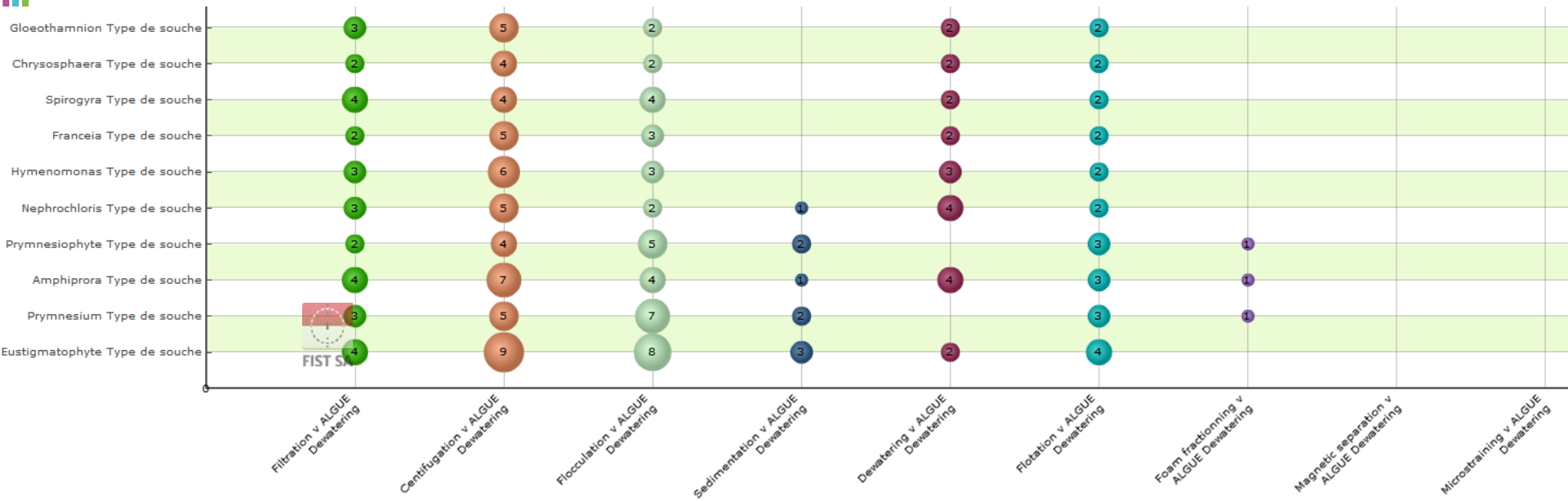


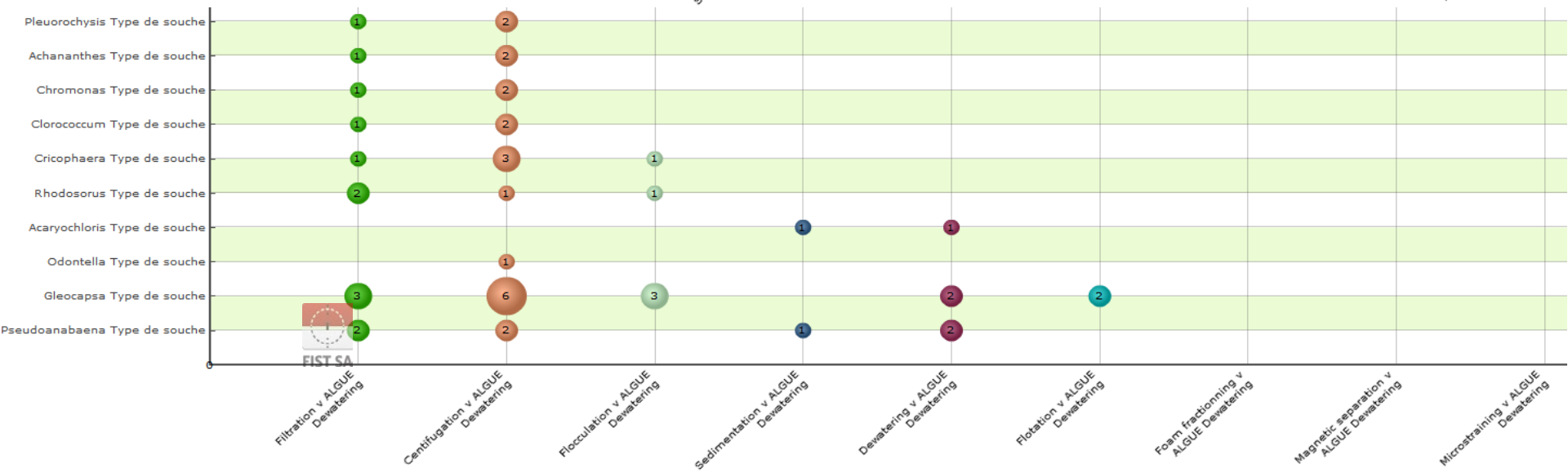
Souches compatibles avec les technologies de dewatering (2/3)



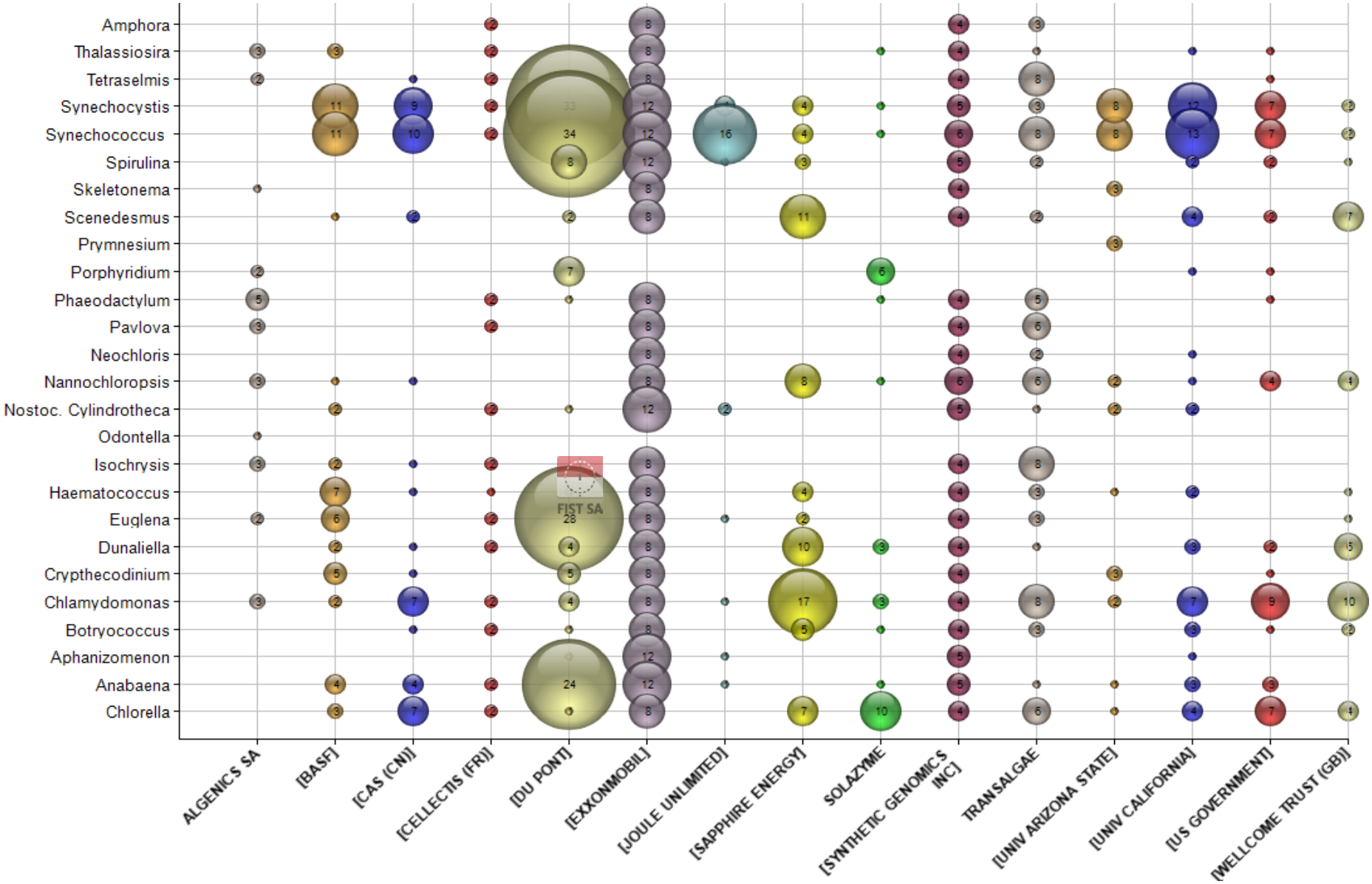


Souches compatibles avec les technologies de dewatering (3/3)

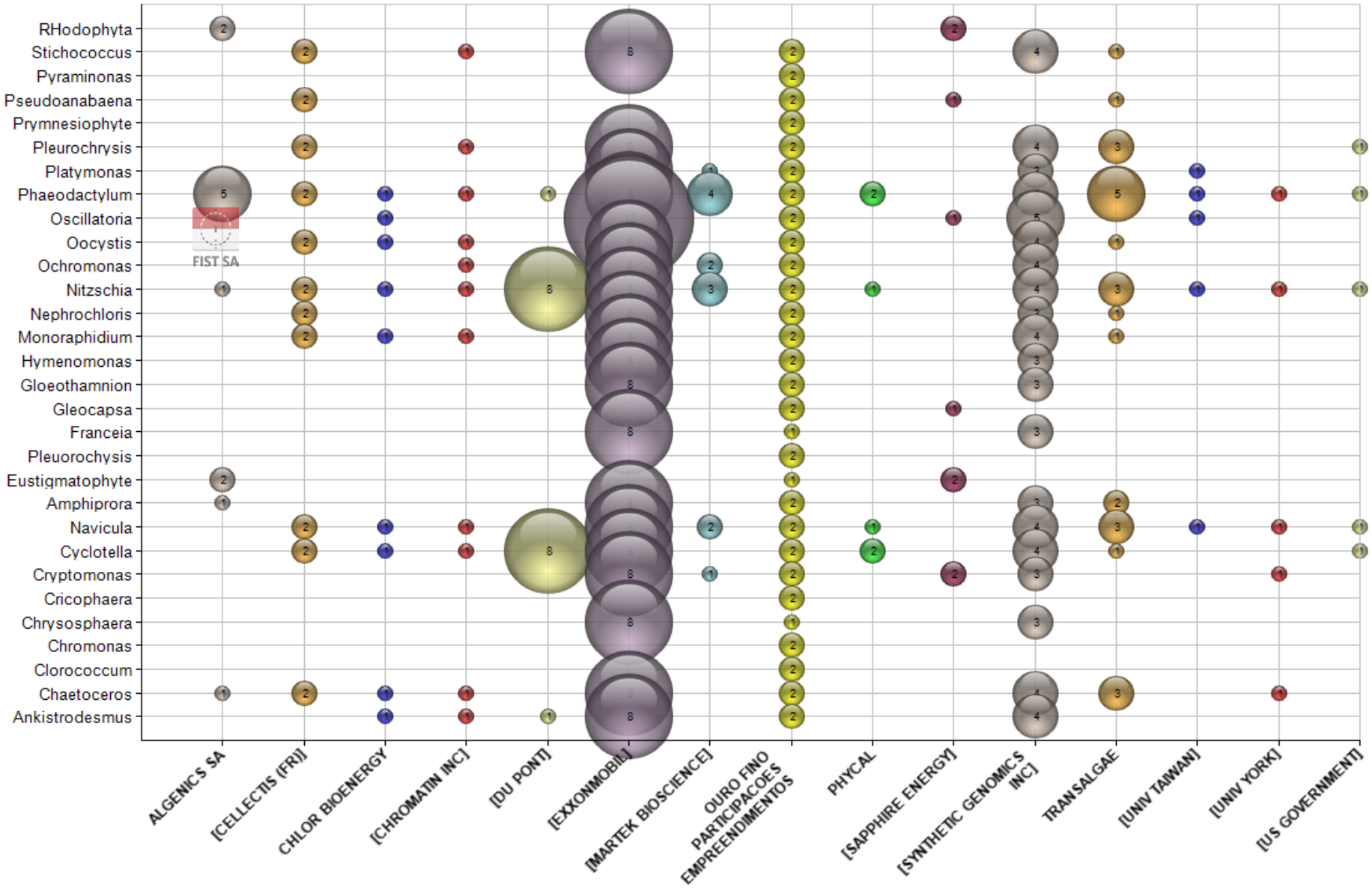




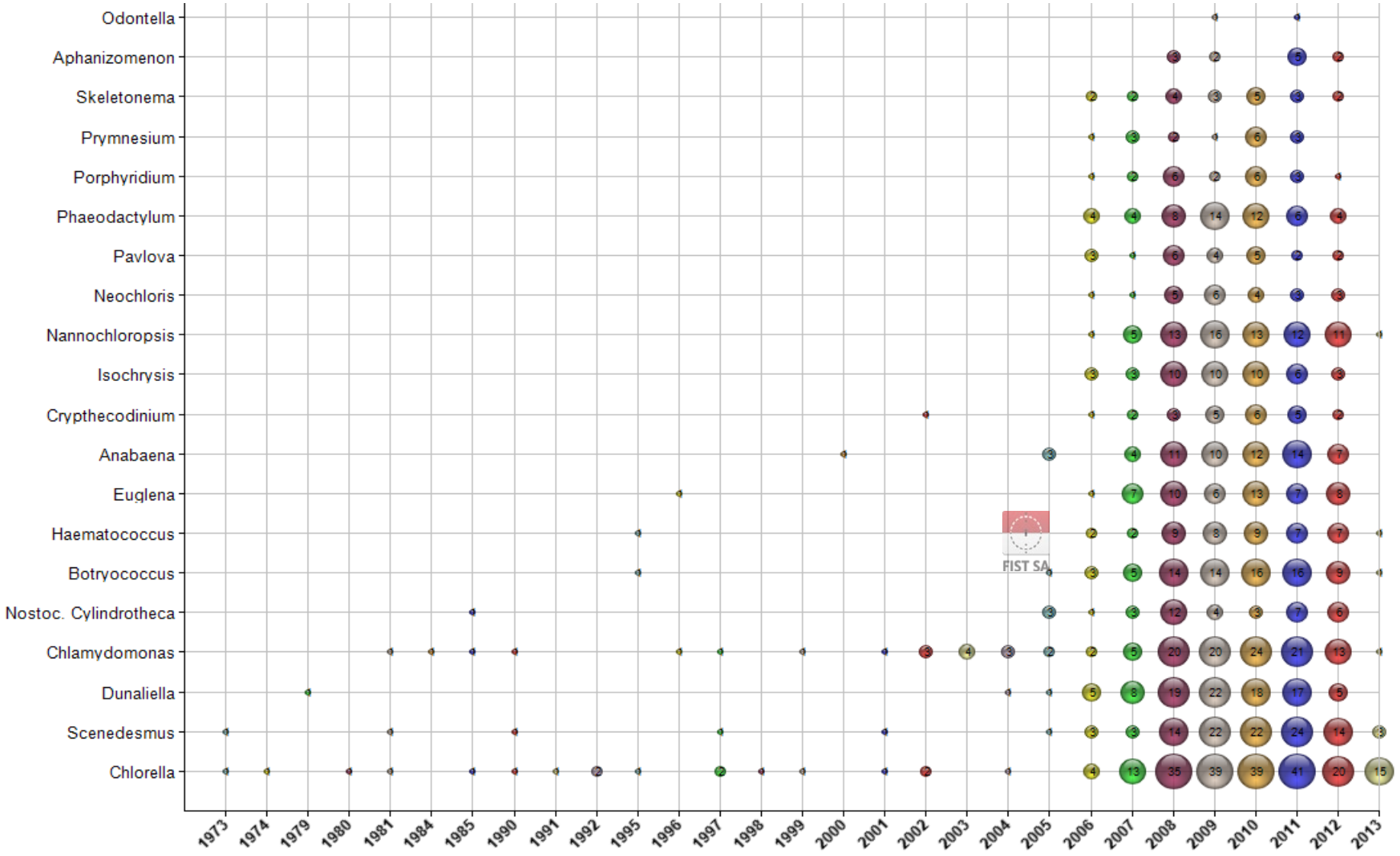
Souches modifiées génétiquement: déposants principaux (1/2)



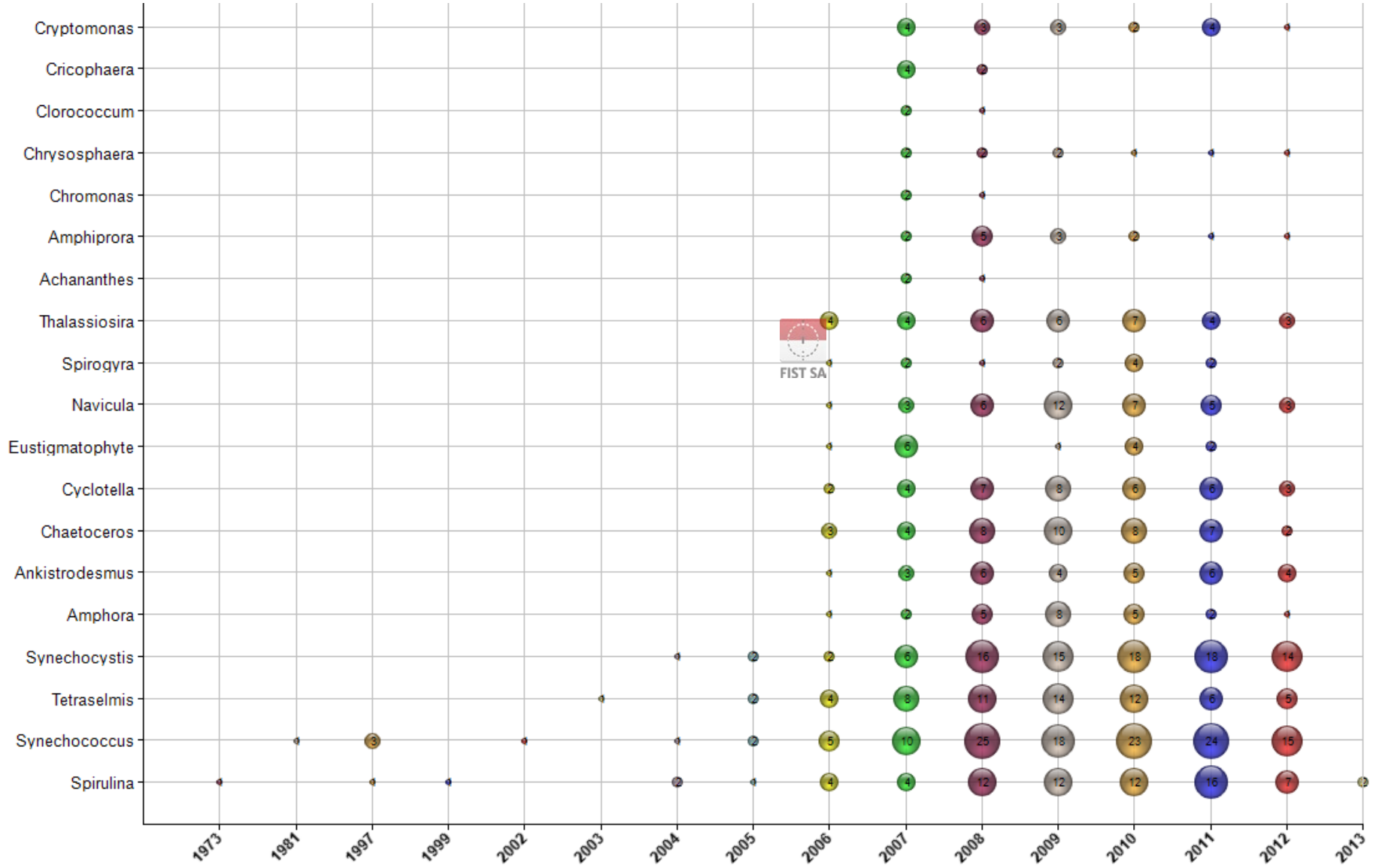
Souches modifiées génétiquement: déposants principaux (2/2)



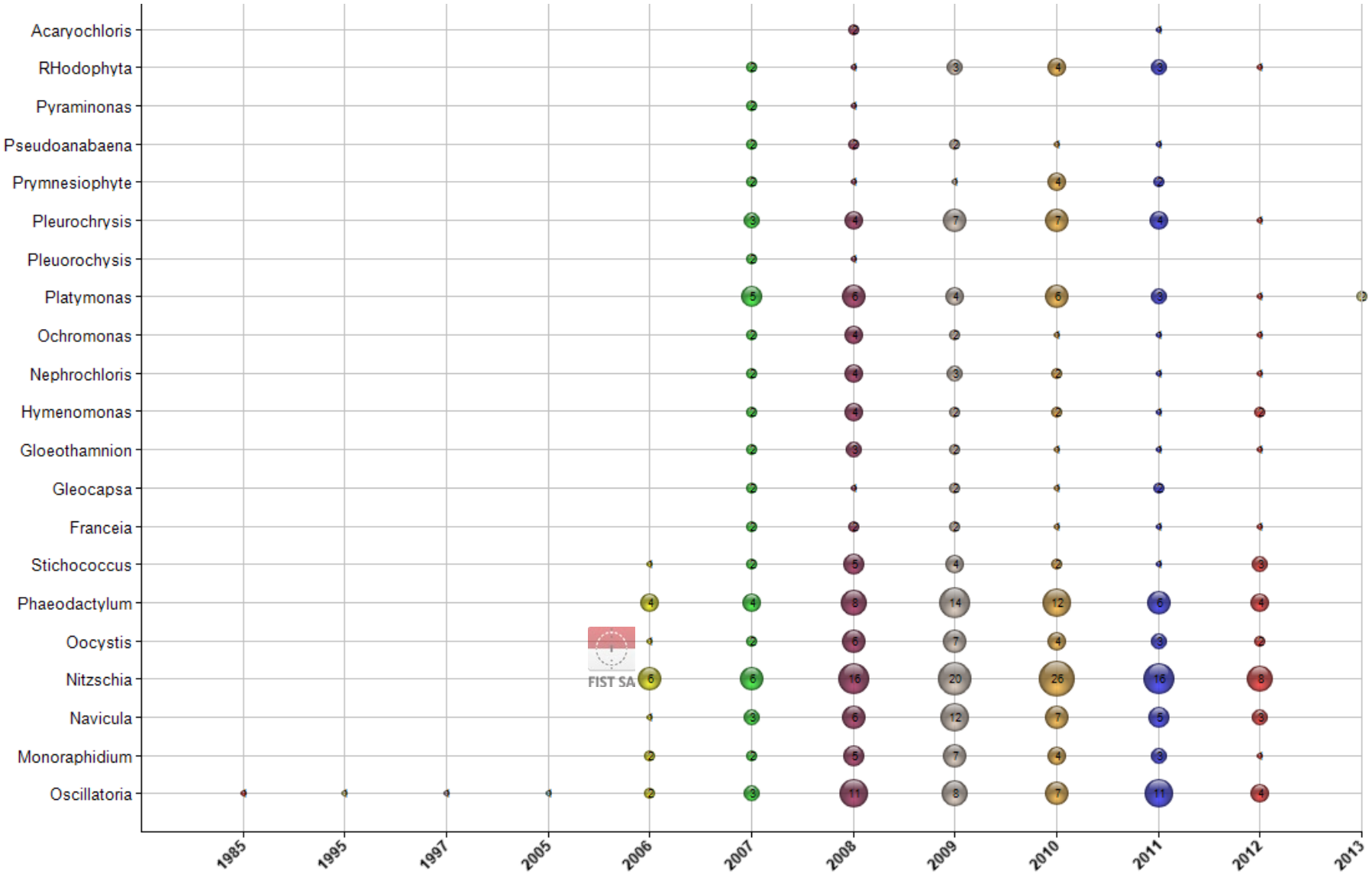
Application énergie: types de souches revendiquées en fonction du temps (1/3)



Application énergie: types de souches revendiquées en fonction du temps (2/3)

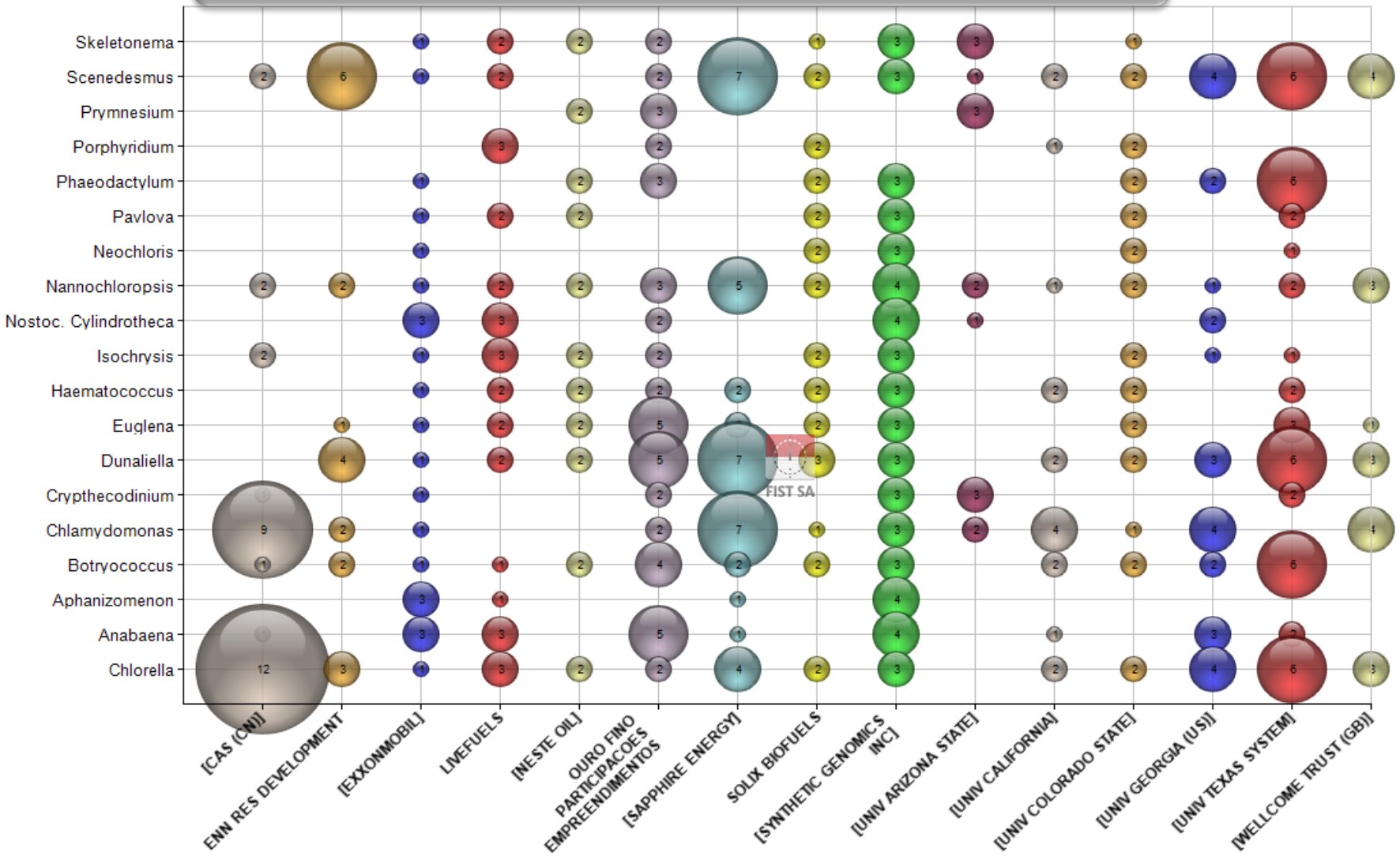


Application énergie: types de souches revendiquées en fonction du temps (3/3)



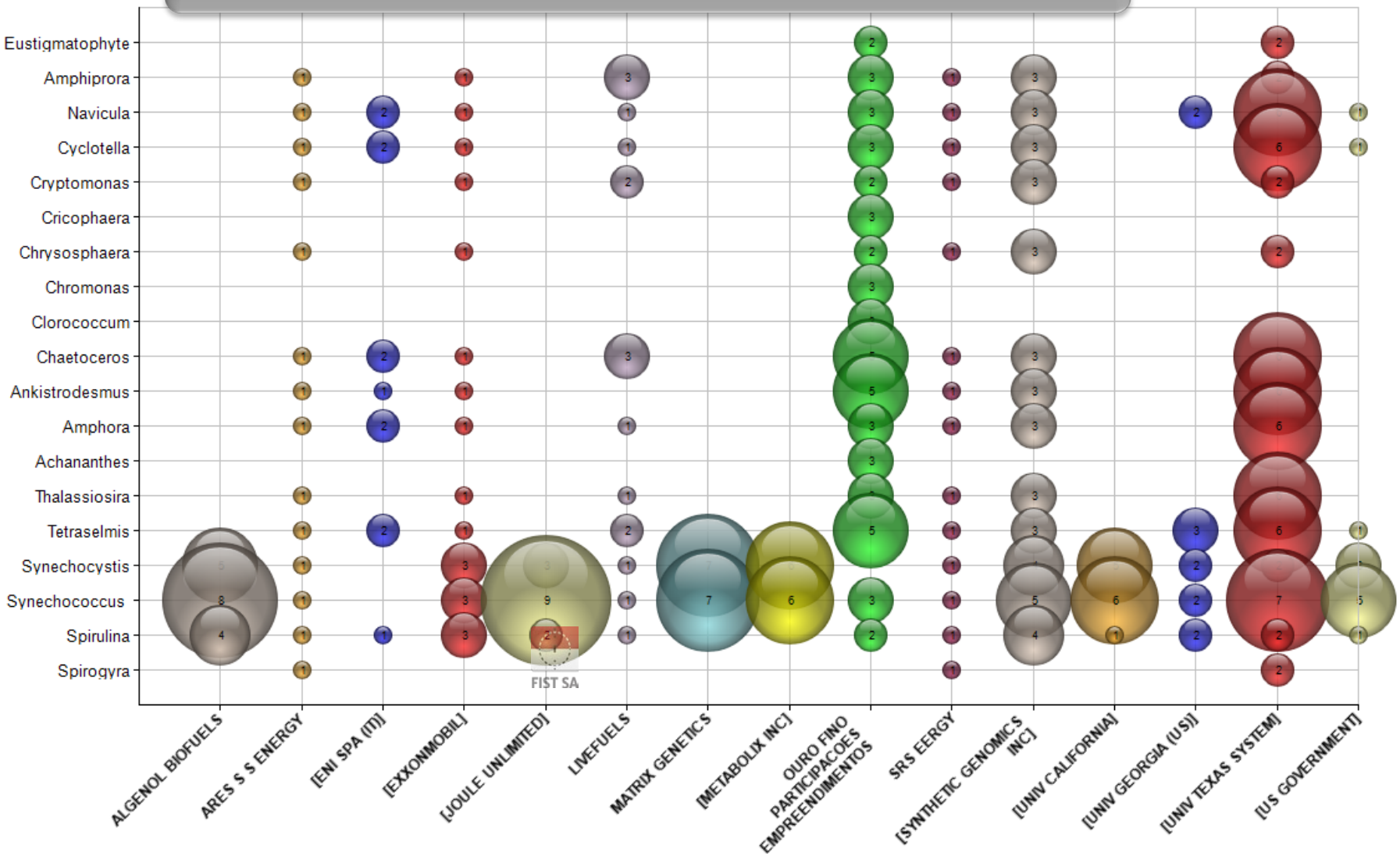
Application énergie: types de souches revendiquées par les déposants principaux (1/3)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 9 familles de brevets



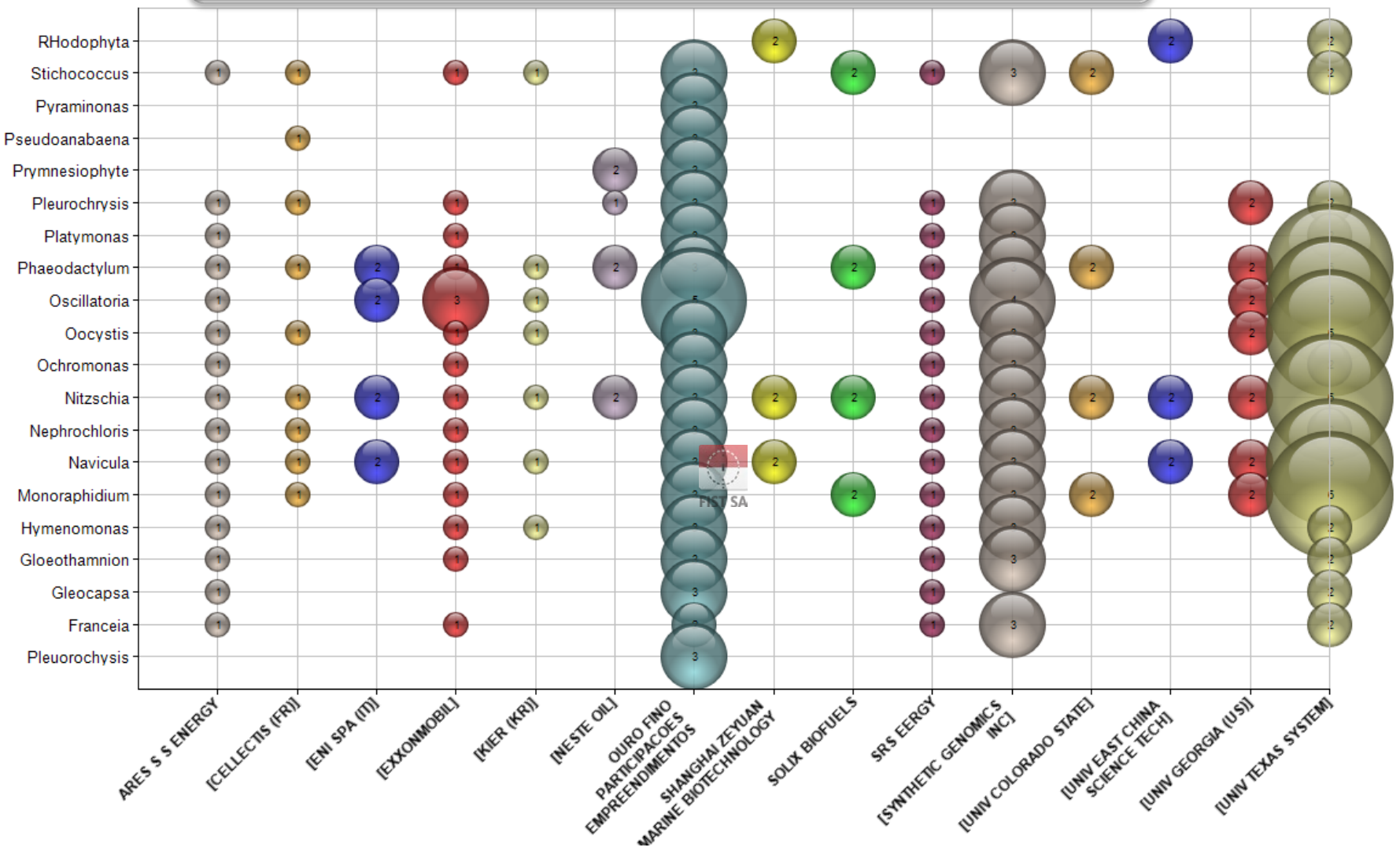
Application énergie: types de souches revendiquées par les déposants principaux (2/3)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 9 familles de brevets



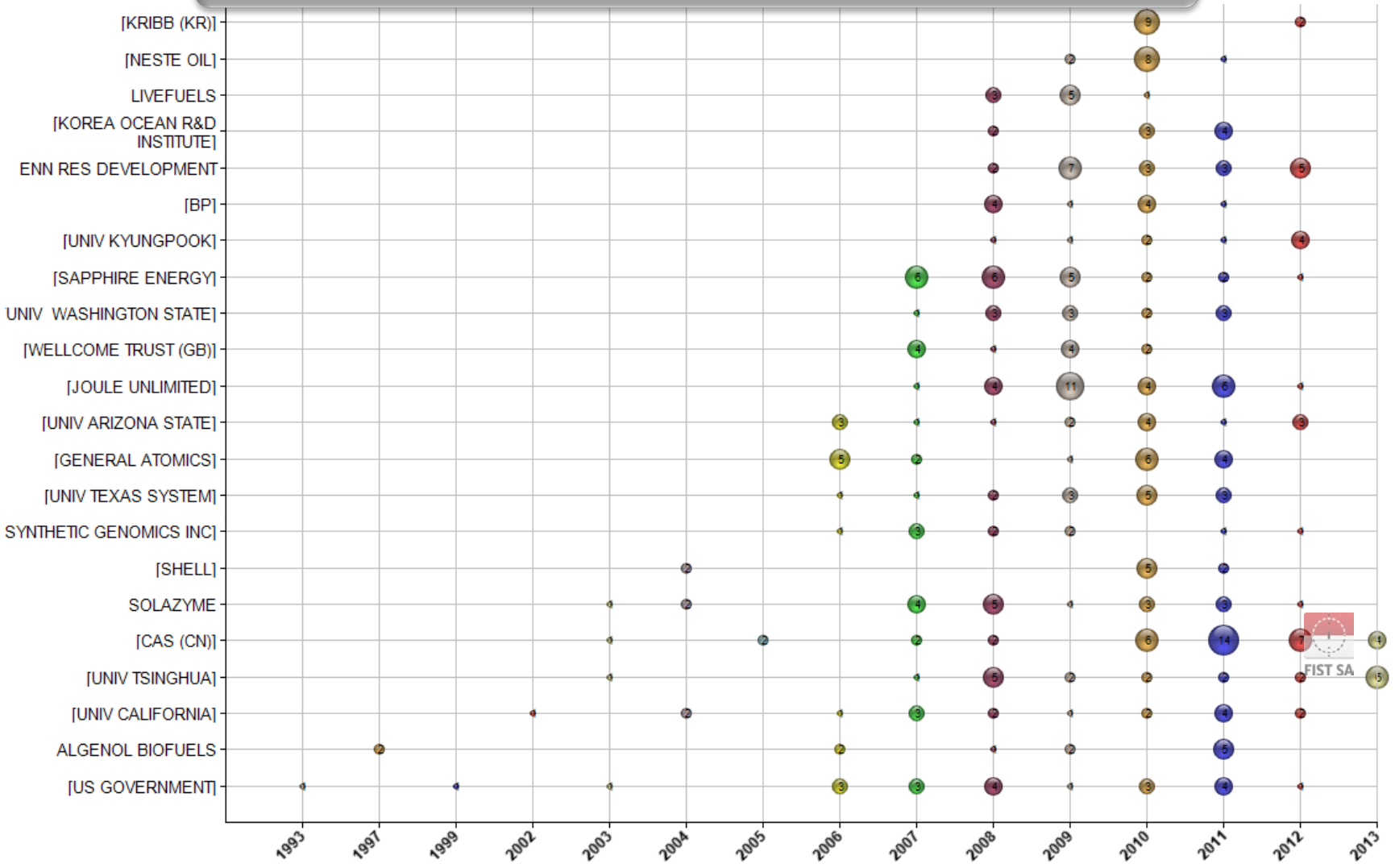
Application énergie: types de souches revendiquées par les déposants principaux (3/3)

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 9 familles de brevets



Application énergie: évolution temporelle des dépôts de brevets des principaux déposants

Déposants dont le portefeuille comprend au moins 9 familles de brevets



Pour de plus amples renseignements
ipoverview@frinnov.fr
+33 (0)1 40 51 00 90

Partie A: Panorama brevets et publications

A.1 Panorama des brevets
A.1.2 Focus microalgues pour l’énergie

Réalisation: FIST SA

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Valorisation énergétique des algues

The data in this study is provided for information purposes only. Although the objective is to communicate accurate and up to date information, FIST SA cannot guarantee the outcome and any damages that could result. In this context, FIST SA cannot be held responsible in any way for uses made of these information.

The use or the reproduction of all or part of this document is prohibited without the prior agreement of FIST SA.

For full details on the conditions governing the use of this study, please refer to the general sales terms and conditions in force.

Introduction

- Le CVT ANCRE, dans le cadre d'une étude confiée à FIST SA sur la valorisation de la biomasse algale, a souhaité disposer d'une étude cartographie brevets sur la thématique mIcroalgues pour l'énergie.
- La première partie A.1.1 « Etude des brevets: domaine des microalgues » de ce document a mis notamment en évidence la diversité des produits revendiqués issus de la valorisation de la biomasse algale.
- Cette présentation vient en complément de cette première partie. S'appuyant sur le même pool de brevets, elle a pour vocation de fournir un focus sur les brevets protégeant une méthode de valorisation ENERGETIQUE des algues
- 22% du pool étudié dans le premier document revendique une application énergie

Pour une lecture plus aisée, les analyses issues de la comparaison de ce document (application énergie) avec celles issus de la première partie du document (toutes applications confondues) apparaîtront dans un cadre bleu sur les prochaines diapositives

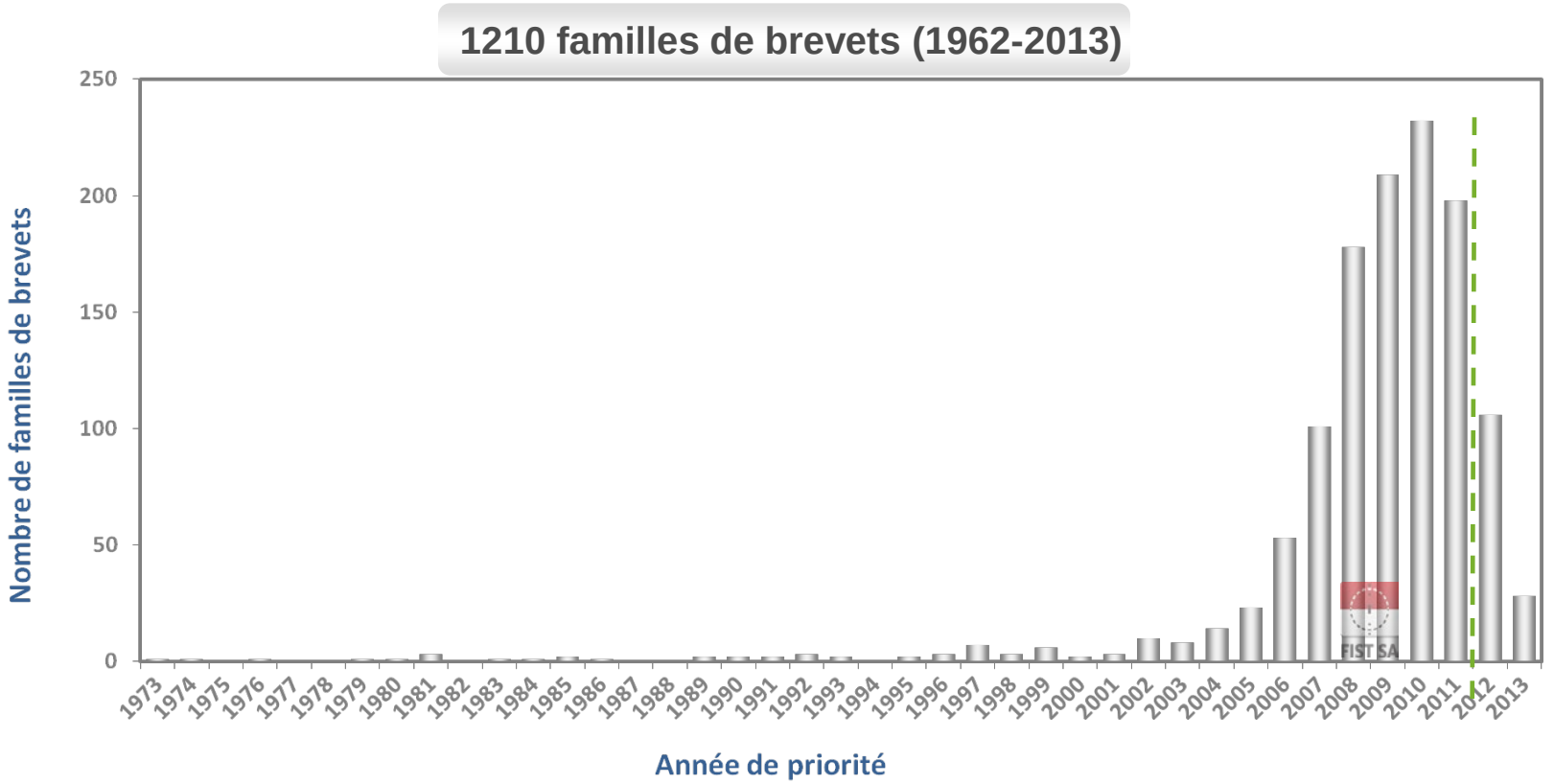
STATISTIQUES GÉNÉRALES

Evolution temporelle des dépôts (1/2)

Ce graphique montre l'évolution temporelle des dépôts de demandes
de brevets. L'année de priorité correspond à l'année de dépôt de la première priorité de la famille.

Remarque : les données des années 2012 et 2013 sont incomplètes; ceci est dû au délai de publication de 18 mois.

Evolution temporelle des dépôts (1/2)



- Depuis 2004, on note une explosion des dépôts de brevets sur cette thématique
- Plus de 80% des brevets du pool étudié ont été déposés entre 2007 et 2013
- La valorisation des algues pour l'énergie est un domaine très actif (malgré une légère chute du nombre de dépôts prioritaires en 2011)

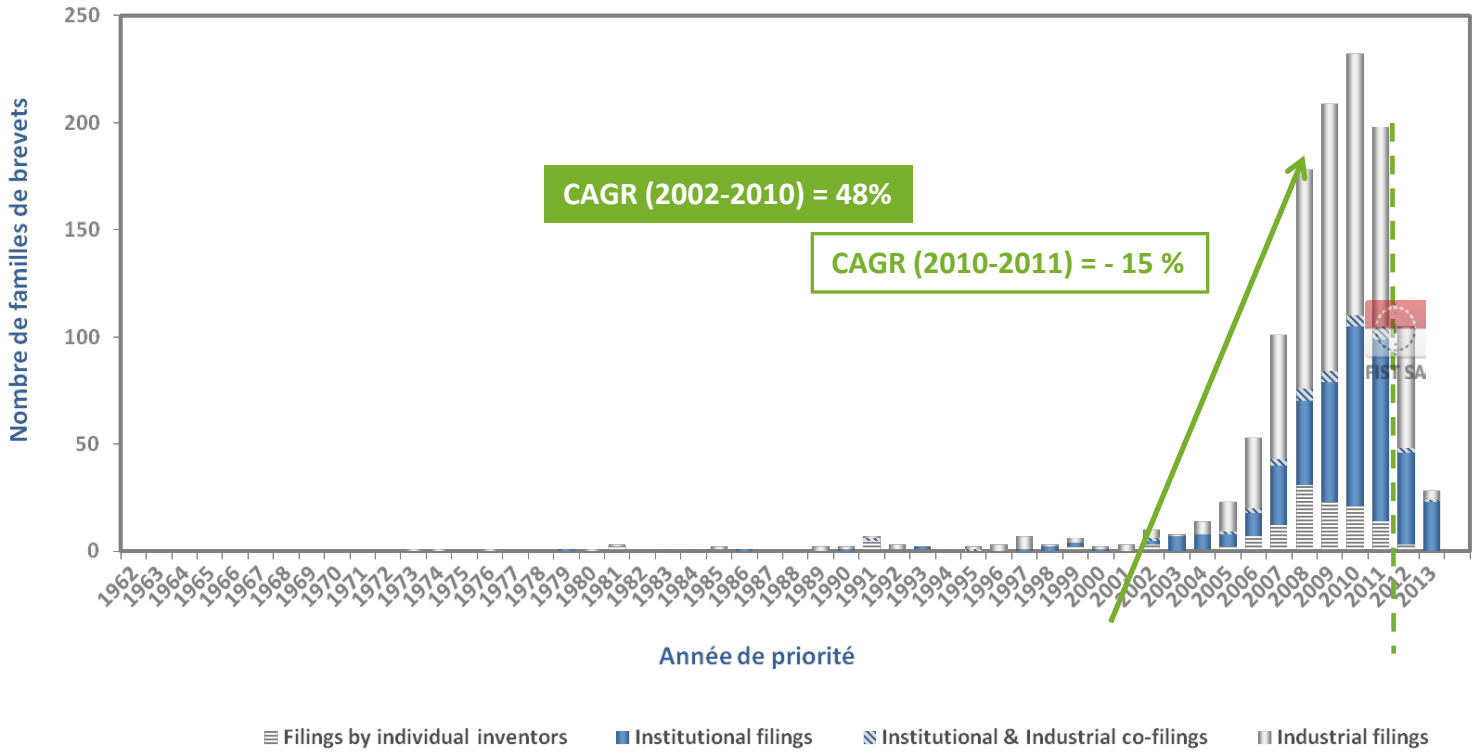
Il est à noter que cette explosion des dépôts de brevets intervient un peu plus tardivement que l'augmentation importante des dépôts qu'a connu, dès 1992, le secteur des microalgues toutes applications confondues

Evolution temporelle des dépôts (2/2)

Ce graphique montre l'évolution temporelle des dépôts de demandes de brevets. Cette fois, il est possible de visualiser la proportion de dépôts réalisés par des laboratoires académiques comparée à ceux réalisés par des entreprises au cours du temps. Ce graphique met aussi en évidence les dépôts réalisés en collaboration entre un institutionnel et un industriel. Les familles de brevets classées dans la catégorie "*Dépôts par des inventeurs individuels*" correspondent à des dépôts réalisés par des inventeurs indépendants ou à des dépôts réalisés aux États-Unis nommant l'inventeur comme déposant, comme l'impose la procédure US.

Remarque : les données des années 2012 et 2013 sont incomplètes; ceci est dû au délai de publication de 18 mois.

Evolution temporelle des dépôts (2/2)



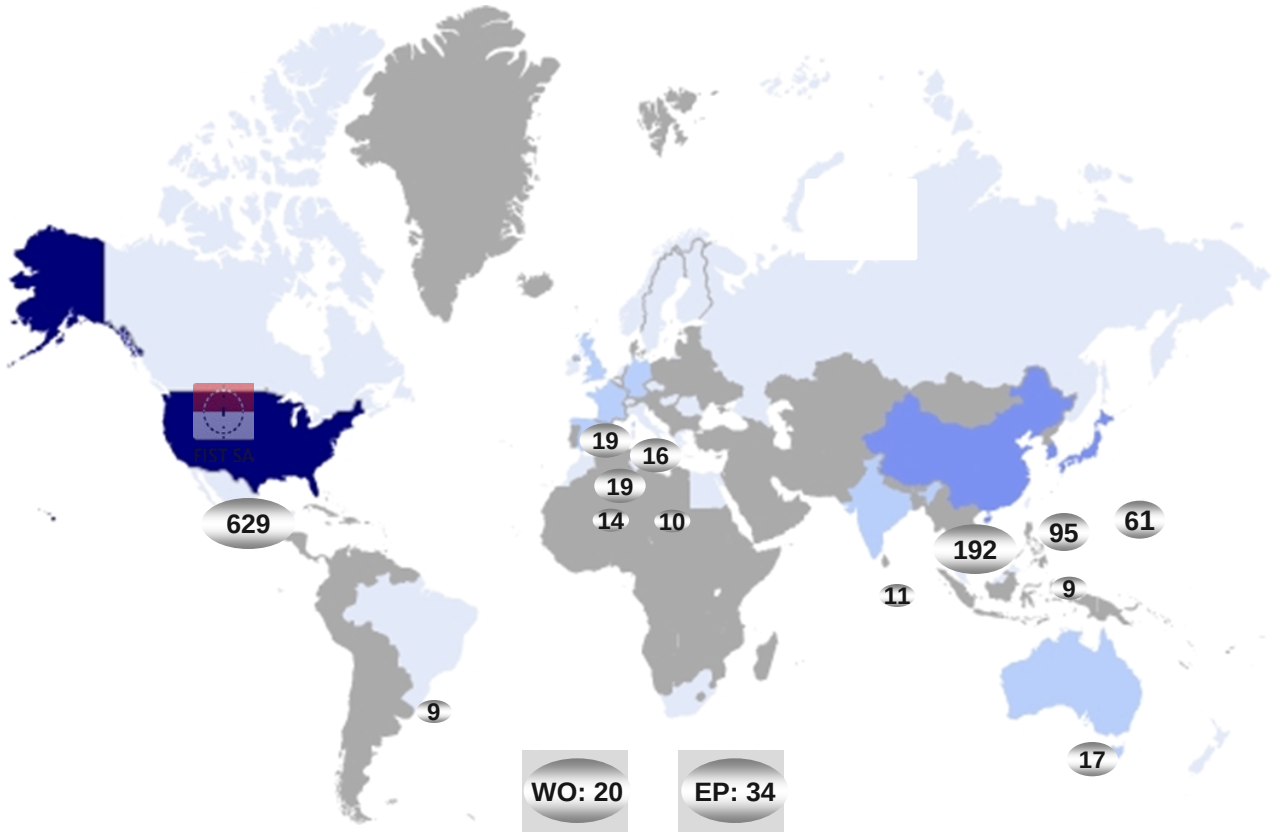
- Jusqu'en 2009, les dépôts de brevets venaient majoritairement (> 60%) de la recherche industrielle
- Depuis 2010, la part des dépôts institutionnels a augmenté atteignant jusqu'à 50% des dépôts en 2011
- On ne constate que très peu de co-dépôts institutionnels/industriels
- Le CAGR calculé entre 2002 et 2010 indique une forte croissance des dépôts de brevets dans cette période. Cependant, les dépôts sur cette thématique ont connu une baisse importante entre 2010 et 2011

Localisation des dépôts prioritaires
Distribution

Cette carte montre la localisation des dépôts de demandes de brevet prioritaires. “EP” correspond aux dépôts réalisés via la procédure européenne.
La localisation des dépôts prioritaires donne une indication du pays d’origine du déposant et de la dynamique d’innovation dans ces pays.

Localisation des dépôts prioritaires
Distribution

629
192
95
61
EP 34
PCT 20
19
19
17
16
14
11
10
9
9



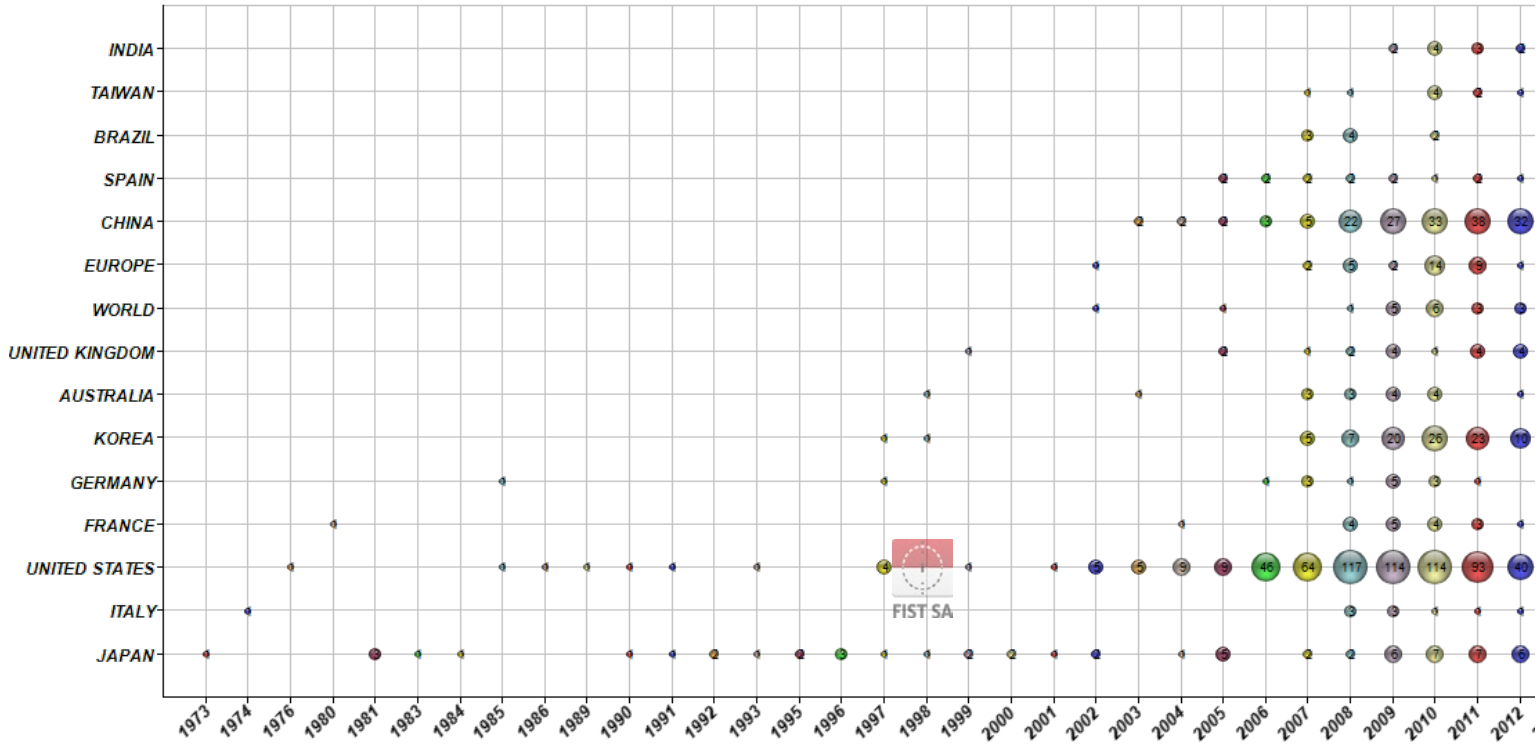
- La plupart des dépôts prioritaires ont été enregistrés aux Etats-Unis, en Chine et, à moindre mesure, en Corée
- Notons aussi 112 dépôts en Europe (10% du pool étudié) dont 19 en France

Les zones de dépôts prioritaires choisies ne semblent pas dépendre de l'application revendiquée puisque les brevets sur la valorisation de la biomasse algale pour l'énergie sont protégés par des dépôts prioritaires localisés dans les mêmes zones géographiques que les brevets protégeant le secteur des microalgues toutes applications confondues

Localisation des dépôts prioritaires
Evolution temporelle

Ce graphique illustre l'évolution temporelle des dépôts prioritaires par pays.
L'année correspond à l'année de dépôt de la première priorité de la famille. « Europe » regroupe les dépôts réalisés via la procédure européenne. « World » regroupe les dépôts réalisés via la procédure PCT.
Un tel graphique permet notamment d'identifier les pays pionniers, actifs, inactifs et émergents dans lesquels les acteurs déposent des demandes de brevets.

Localisation des dépôts prioritaires
Evolution temporelle



- Les dépôts sont croissants jusqu'en 2010 dans tous les pays mentionnés ci-dessus;
- On constate une forte croissance des dépôts de brevets aux Etats-Unis à partir de 2006 et à moindre mesure en Chine à partir de l'année suivante;
- Tous les pays sont concernés par la baisse des dépôts en 2011;
- Les pays historiques sont le Japon et les Etats-Unis. Les nouveaux pays entrant dans cette thématique sont l'Inde, Taiwan, le Brésil et l'Espagne.

Localisation des extensions
Distribution

Une analyse des pays choisis lors de l'extension des dépôts prioritaires peut informer sur la localisation des marchés et/ou des sites de production.

Le choix des pays à protéger peut aussi être guidé par la localisation des concurrents ou des potentiels contrefacteurs, même si aucun marché n'existe sur ces territoires.

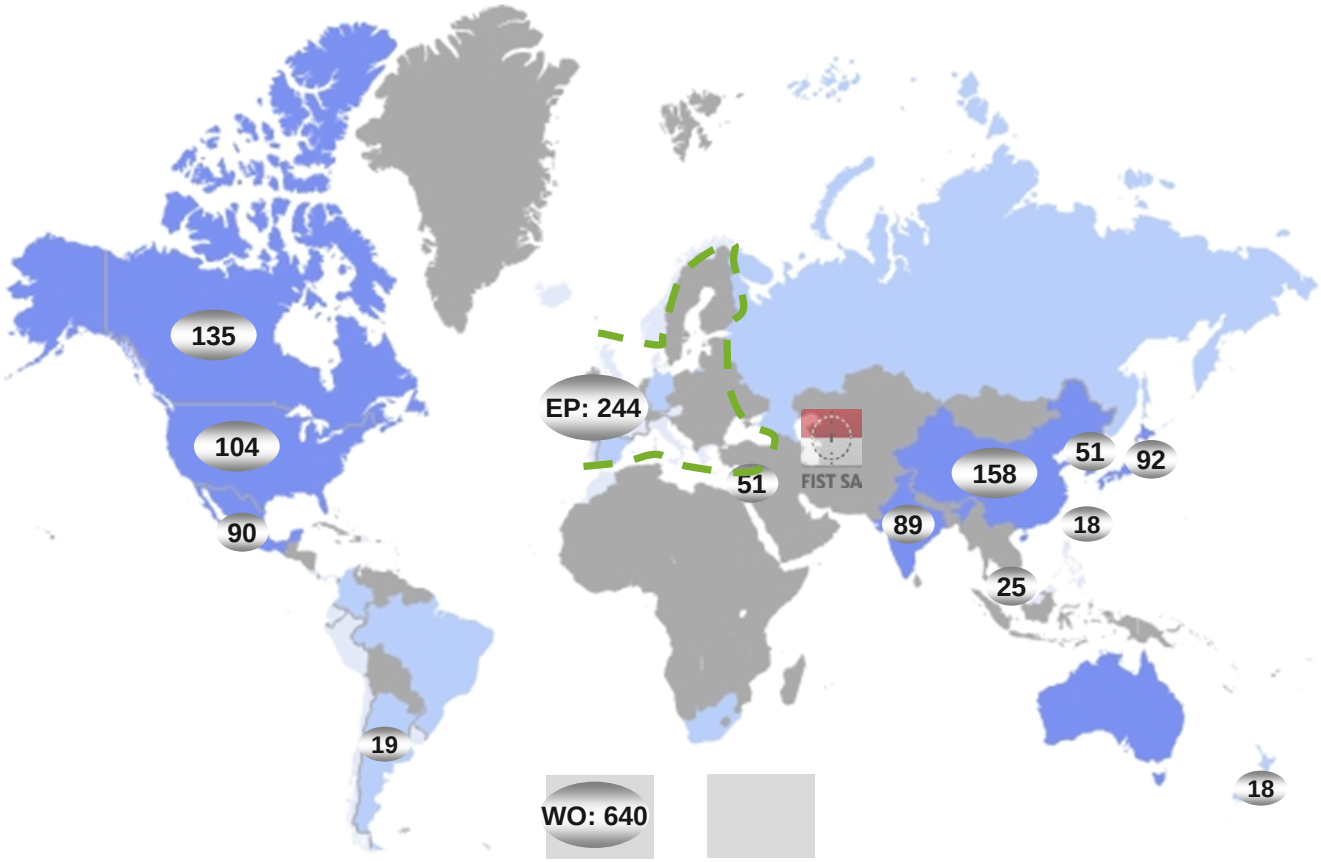
Le nombre d'extensions en Australie doit être considéré avec prudence car cet office, lorsqu'une demande PCT désigne l'Australie, délivre un numéro de brevet australien même si ce pays n'est pas choisi au moment des phases nationales.

"EP" correspond aux dépôts réalisés via la procédure européenne.

"WO" correspond aux dépôts réalisés via la procédure PCT.

Localisation des extensions
Distribution

PCT 640
EP 244
158
135
104
92
90
89
51
51
25
19
18
18



- Plus de 50% du pool étudié a été étendu *via* une procédure PCT et 20% *via* une procédure EP
- Les pays dans lesquels ces brevets ont été le plus étendus sont la Chine, le Canada, les Etats-Unis, le Japon, le Mexique et l'Inde

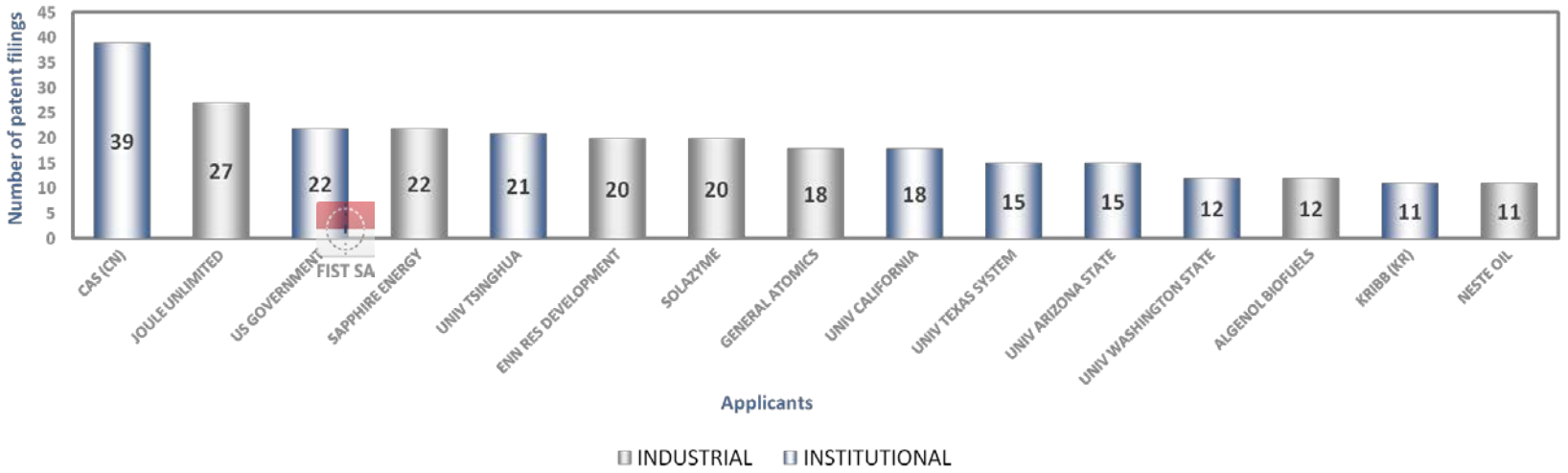
Les zones d'extension choisies ne semblent pas dépendre de l'application revendiquée puisque les brevets sur la valorisation de la biomasse algale pour l'énergie sont étendus dans les mêmes zones géographiques que les brevets protégeant le secteur des microalgues toutes applications confondues

Principaux déposants
Distribution (familles de brevets ≥ 11)

Ce graphique classe les déposants en fonction de la taille de leur portefeuille de familles de brevets. Deux types de déposants peuvent être distingués, les déposants industriels (en gris) et institutionnels (en bleu).

Remarque : Les co-dépôts sont comptabilisés pour chaque co-déposant.

Principaux déposants
Distribution (familles de brevets ≥ 11)



- Les brevets déposés sont aussi bien issus de la recherche institutionnelle qu'industrielle;
- Le premier déposant sur cette thématique est l'institut de recherche chinois CAS;
- De manière générale, les principaux déposants sont chinois ou américains.

Les acteurs institutionnels sont plus présents dans le top 15 de l'application énergie que dans le top 15 de la valorisation de la biomasse algale toutes applications confondues.

Le CAS est le premier déposant dans les deux classements. Par contre, Joule Unlimited a plus de poids dans la valorisation de la biomasse algale pour l'énergie

De nouveaux déposants apparaIssent dans le top 15 des acteurs pour ce focus énergie, notamment l'université chinoise de Tsinghua, les américains General Atomics , l'université de Texas System ou Algenol Biofuels et les finlandais Neste Oil

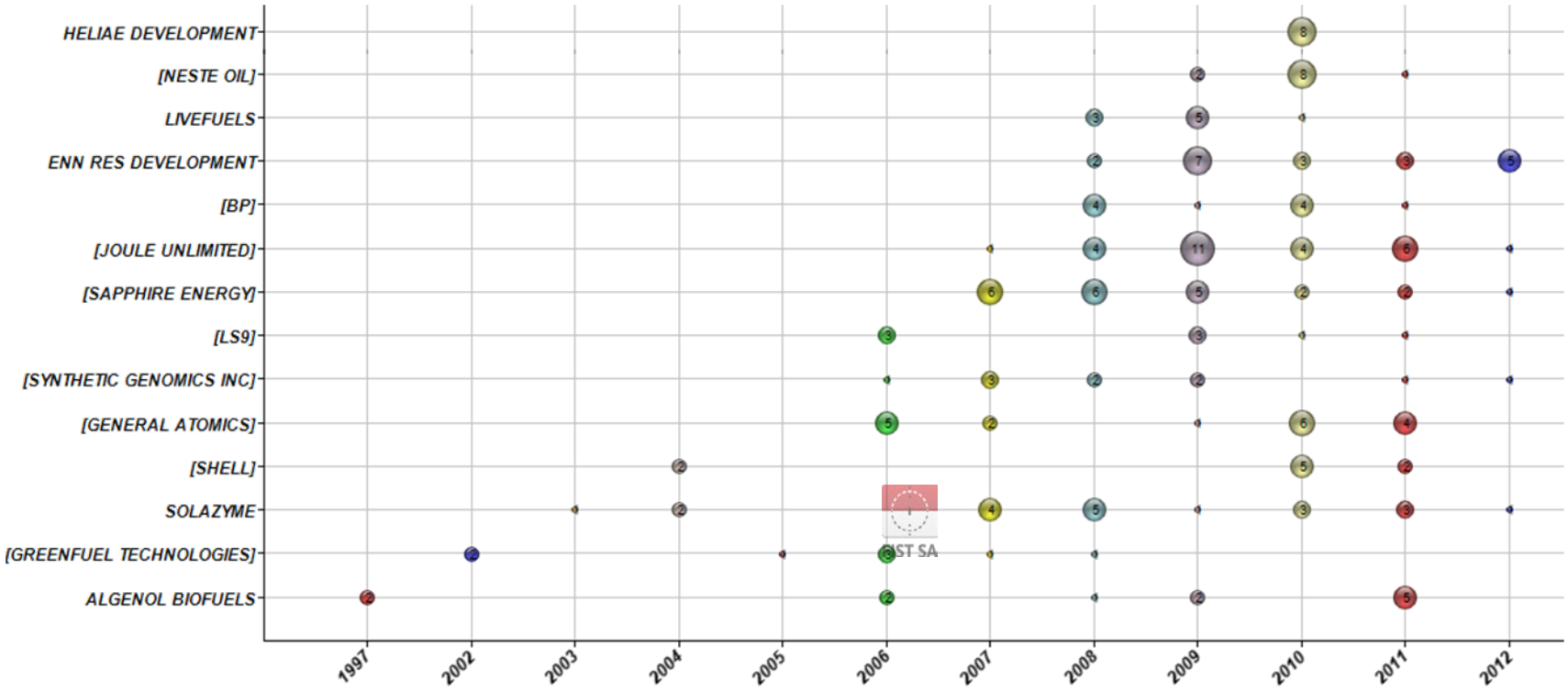
Principaux déposants
Evolution dépôts industriels (familles de brevets ≥ 8)

Ce graphique détaille l'évolution des dépôts prioritaires des principaux déposants industriels. L'année correspond à l'année de dépôt de la première priorité de la famille.
Un tel graphique permet d'identifier les déposants historiques et les déposants émergents sur la thématique en termes de dépôts de demandes de brevets.

Remarque : les données de 2012 sont incomplètes à cause du délai de publication de 18 mois.

Principaux déposants

Evolution dépôts industriels (familles de brevets ≥ 8)

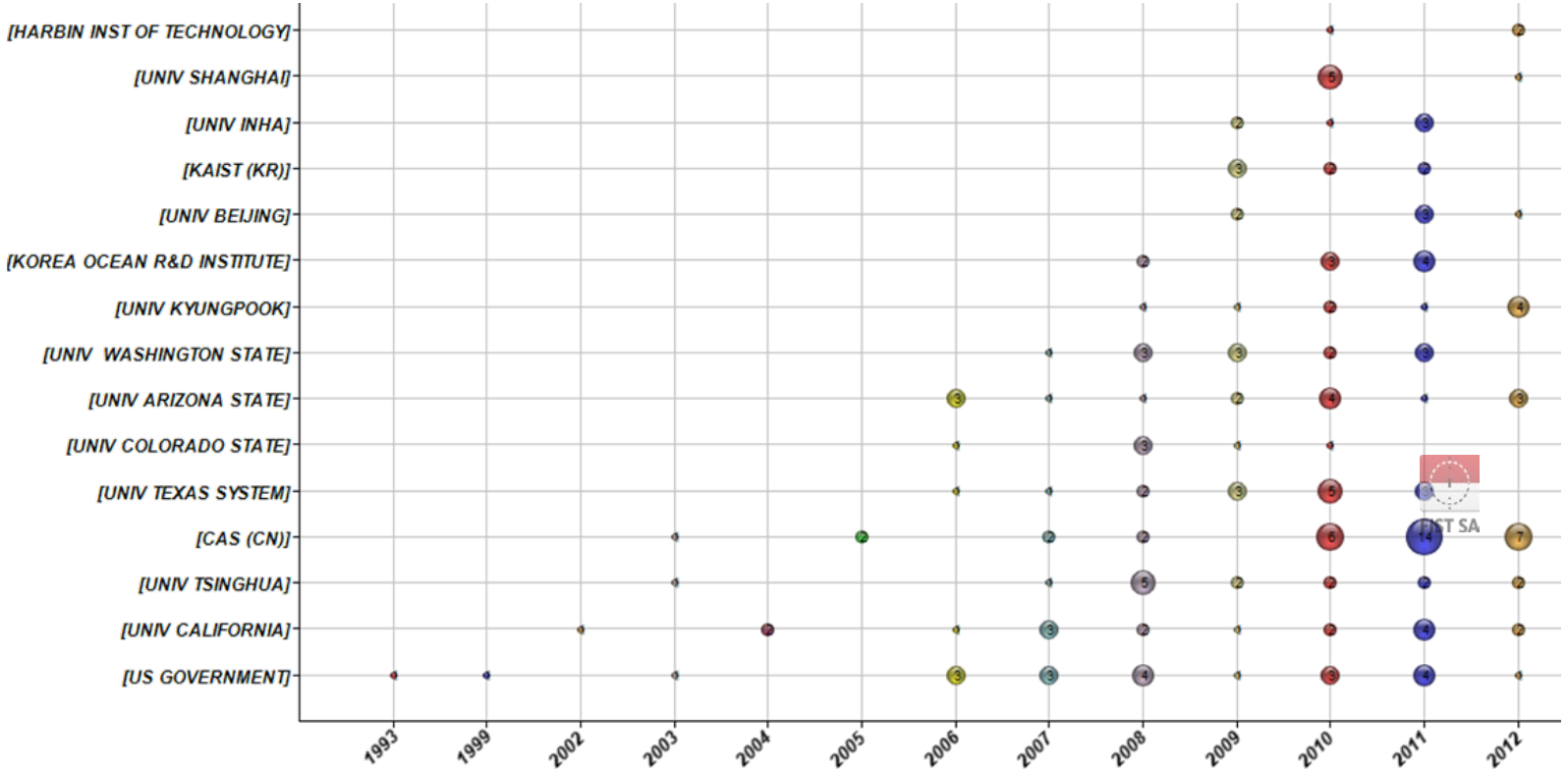


Principaux déposants
Evolution dépôts institutionnels (familles de brevets ≥ 6)

Ce graphique détaille l'évolution des dépôts prioritaires des principaux déposants institutionnels. L'année correspond à l'année de dépôt de la première priorité de la famille. Un tel graphique permet d'identifier les déposants historiques et les déposants émergents sur la thématique en termes de dépôts de demandes de brevets.

Remarque : les données des années de 2012 sont incomplètes à cause du délai de publication de 18 mois.

Principaux déposants
Evolution dépôts institutionnels (familles de brevets ≥ 6)



- Il y a peu de dépôts jusqu'en 2006;
- Les nouveaux entrants sont des déposants chinois et coréens;
- Aucune université européenne ne fait partie du top 15 des déposants institutionnels dans cette thématique. Les premiers déposants institutionnels européens possèdent chacun 2 familles de brevets: IFPEN, IFREMER et l'université d'Helsinki.I

Principaux inventeurs (1/2)
Familles de brevets ≥ 6

Ce tableau classe les inventeurs en fonction de la taille de leur portefeuille de familles de brevets. Il met également en évidence le nombre de familles de brevets de ces inventeurs principaux par déposants.

Principaux inventeurs (1/2)
Familles de brevets ≥ 6

Inventeurs (Nombre de familles de brevets déposées)	Déposants (Nombre de familles de brevets en commun avec l'inventeur)
Hazlebeck David a (17)	GENERAL ATOMICS (17)
Franklin Scott (16)	SOLAZYME (16)
Ridley Christian perry (12)	JOULE UNLIMITED (12), SILICON VALLEY BANK (1)
Reppas Nikos basil (11)	JOULE UNLIMITED (11)
Somanchi Aravind (10)	SOLAZYME (10)
Kale Aniket (9)	HELIAE DEVELOPMENT (8), UNIV ARIZONA STATE (1), HELI MEET DEVELOPMENT (1)
Mendez Michael (9)	SAPPHIRE ENERGY (9), SCRIPPS RES INST (3), WELLCOME TRUST (GB) (3), SILICON VALLEY BANK (1)
Rudenko George (9)	SOLAZYME (9)
Dillon Harrison f (8)	SOLAZYME (7), HARRISON F DILLON (1)
Poon Yan (8)	SAPPHIRE ENERGY (8), WELLCOME TRUST (GB) (4), SCRIPPS RES INST (3)
Chen Shulin (7)	UNIV WASHINGTON STATE (7)
Dumenil Jean-charles (7)	BP (7)
Hu Qiang (7)	UNIV ARIZONA STATE (7), LV ADMINISTRATIVE SERVICES (1), PETROALGAE (1)
Laakso Simo (7)	AALTO UNIV (4), NESTE OIL (2), UNIV HELSINKI (2), AALTO KORKEAKOULUSAEAETIO (FI) (1)
Lee Jae hwa (7)	SAMSUNG ELECTRONICS (2), UNIV INHA (2), UNIV PUKYONG (2), SILLA UNIV (1)
Morgenthaler Gaye elizabeth (7)	LIVEFUELS (7)
Oh You kwan (7)	KIER (KR) (6), UNIV YONSEI SEOUL (KR) (1)
Pastinen Ossi (7)	AALTO UNIV (4), NESTE OIL (2), UNIV HELSINKI (2), AALTO KORKEAKOULUSAEAETIO (FI) (1)
Roberts James (7)	MATRIX GENETICS (7), TARGETED GROWTH (4)
Van walsem Johan (7)	METABOLIX INC (4), JOULE UNLIMITED (3)
Wu Benjamin chiau-pin (7)	LIVEFUELS (7)

FIST SA

Principaux déposants
Evolution dépôts institutionnels (familles de brevets ≥ 6)

Ce tableau classe les inventeurs en fonction de la taille de leur portefeuille de familles de brevets. Il met également en évidence le nombre de familles de brevets de ces inventeurs principaux par déposants.

Principaux inventeurs (2/2)
Familles de brevets ≥ 6

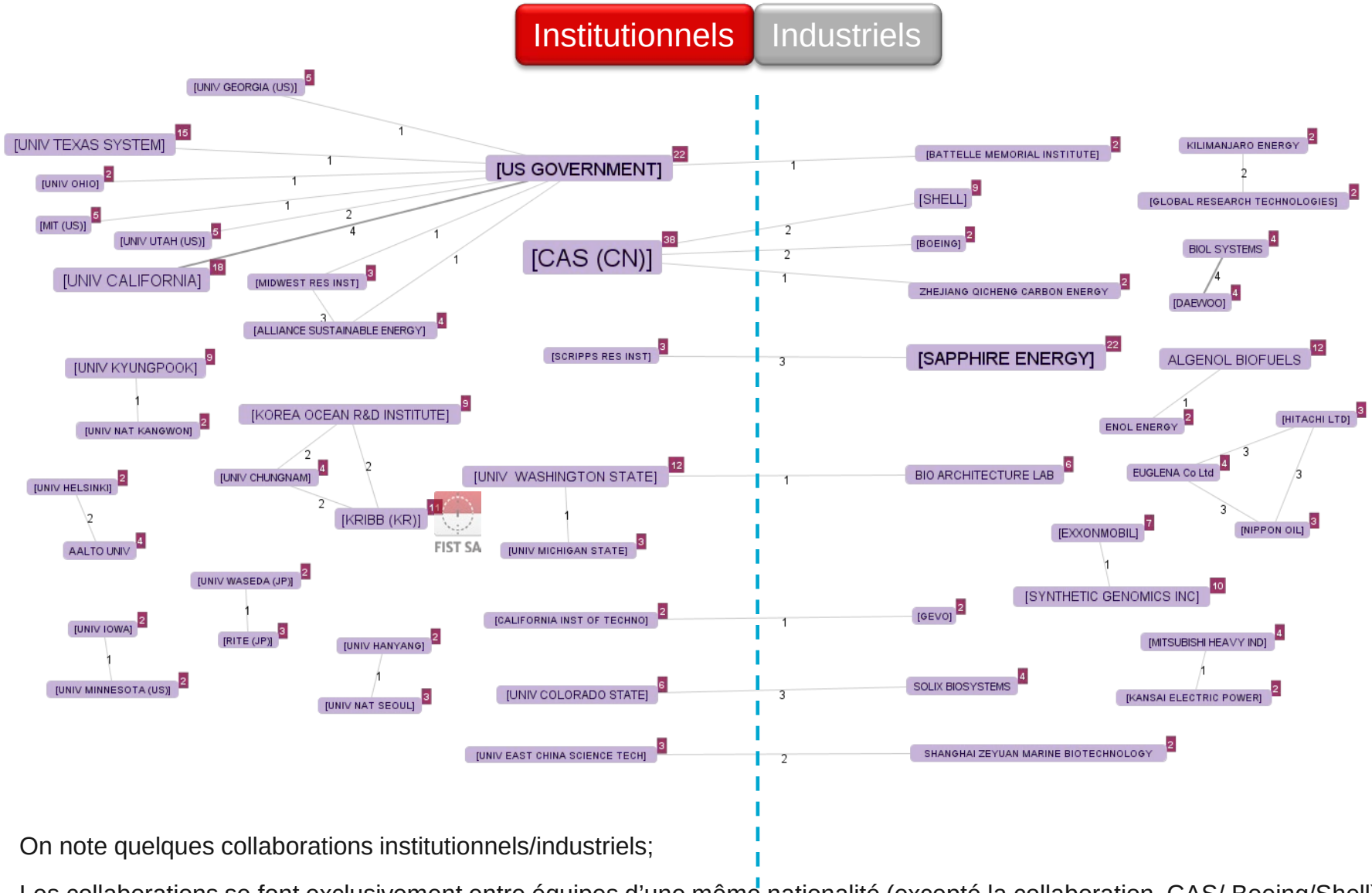
Inventeurs (Nombre de familles de brevets déposées)	Déposants (Nombre de familles de brevets en commun avec l'inventeur)
Ahn Chi yong (6)	KRIBB (KR) (6)
Chua Penelope (6)	SOLAZYME (6)
Cross Fred (6)	MATRIX GENETICS (6), TARGETED GROWTH (4)
Dunlop Eric h (6)	GENERAL ATOMICS (6)
Espina Karen (6)	SOLAZYME (6)
Im Chung-soon (6)	SOLAZYME (4), PHYCOSYSTEMS (2)
Kang Do hyung (6)	KOREA OCEAN R&D INSTITUTE (6)
Kim Hee sik (6)	KRIBB (KR) (6)
Lee Choul gyun (6)	UNIV INHA (6)
Miura Yoshiatsu (6)	KANSAI ELECTRIC POWER (1), MITSUBISHI HEAVY IND (1)
Oh Hee mock (6)	KRIBB (KR) (6)
Shuangxiu Wu (6)	UNIV SHANGHAI (4), CAS (CN) (2)
Skraly Frank a (6)	JOULE UNLIMITED (4), METABOLIX INC (2)
Sommerfeld Milton (6)	UNIV ARIZONA STATE (6), LV ADMINISTRATIVE SERVICES (1), PETROALGAE (1)
Stephen David (6)	LIVEFUELS (6)
Stroiazzo-mougin Bernard a (6)	BIO FUEL SYSTEMS (5), BIOFUEL SYSTEMS (1), TROY ATTU GRAPHICS O MOUGINS BERNARDO A JOTA (1)
Wu Hong (6)	ENN RES DEVELOPMENT (6)
Wu Xiaoxi (6)	GREENFUEL TECHNOLOGIES (3), ALGAE SYSTEMS (3), GENERAL ATOMICS (2)
Yoon Ho sung (6)	UNIV KYUNGPOOK (6), CHILGOK GUN (1)
Ahn Chi yong (6)	KRIBB (KR) (6)
Chua Penelope (6)	SOLAZYME (6)

FIST SA

Principaux co-dépôts
≥ 2 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

Cette carte met en évidence les co-dépôts entre déposants.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des déposants correspond au nombre de co-dépôts entre ces deux entités.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette du déposant (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte ce déposant sur la thématique étudiée.

Principaux co-dépôts
≥ 2 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

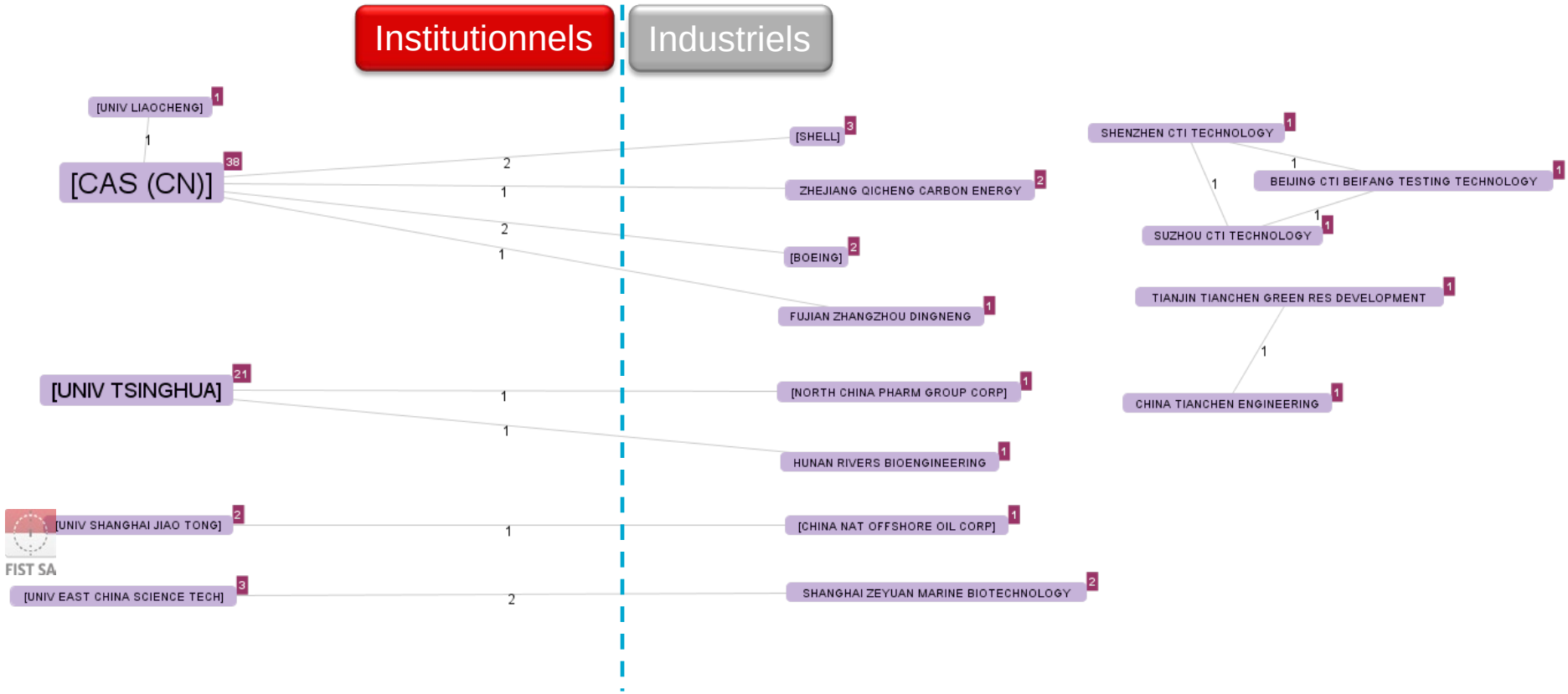


- On note quelques collaborations institutionnels/industriels;
- Les collaborations se font exclusivement entre équipes d'une même nationalité (excepté la collaboration CAS/ Boeing/Shell).

Principaux co-dépôts
≥ 2 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

Cette carte met en évidence les co-dépôts entre déposants.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des déposants correspond au nombre de co-dépôts entre ces deux entités.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette du déposant (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte ce déposant sur la thématique étudiée.

Principaux co-dépôts en Chine
≥ 1 dépôt et ≥ 1 co-dépôt

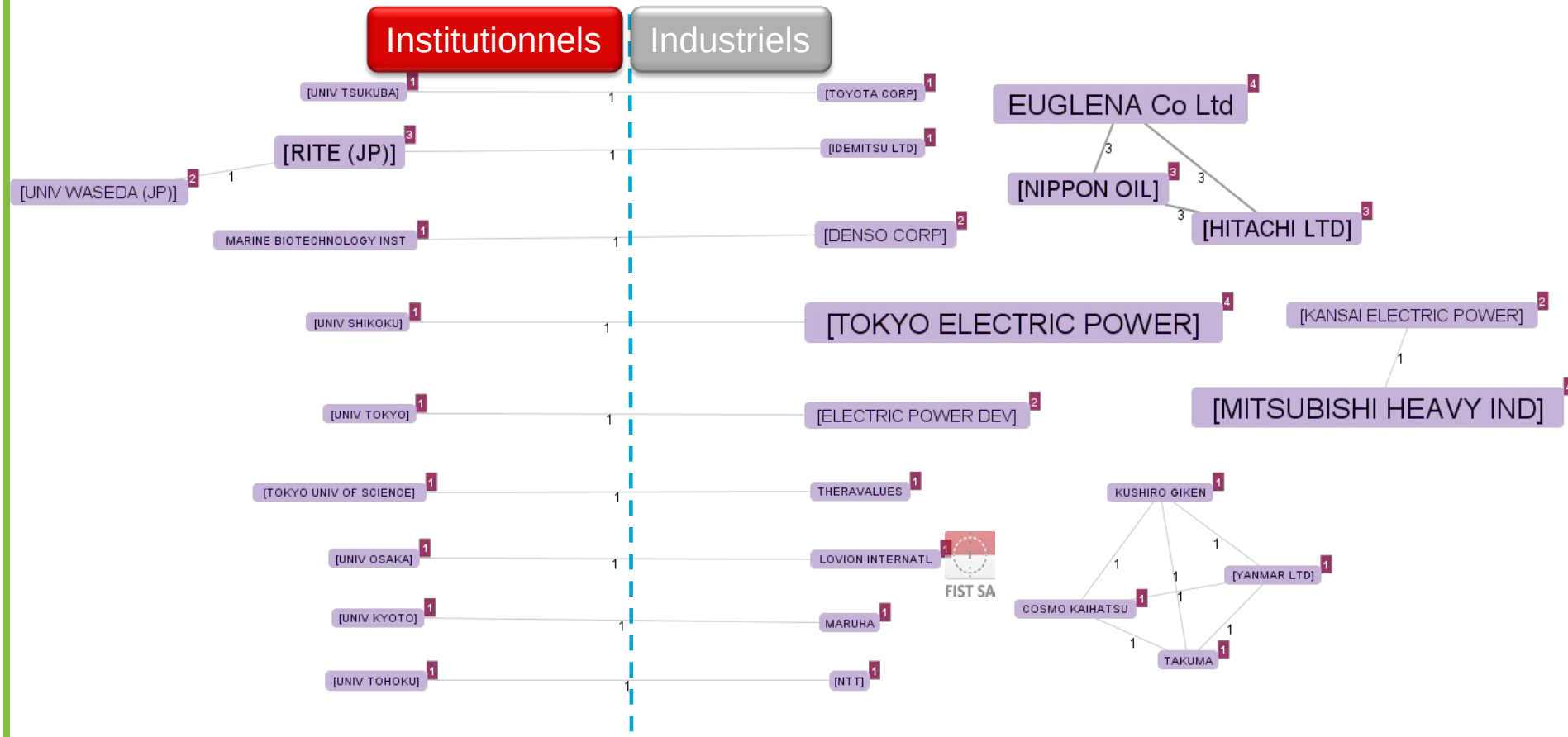


- La plupart des collaborations identifiées en Chine sur cette thématique sont des collaborations entre institutionnels et industriels.

Principaux co-dépôts
≥ 2 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

Cette carte met en évidence les co-dépôts entre déposants.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des déposants correspond au nombre de co-dépôts entre ces deux entités.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette du déposant (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte ce déposant sur la thématique étudiée.

Principaux co-dépôts au Japon
≥ 1 dépôt et ≥ 1 co-dépôt

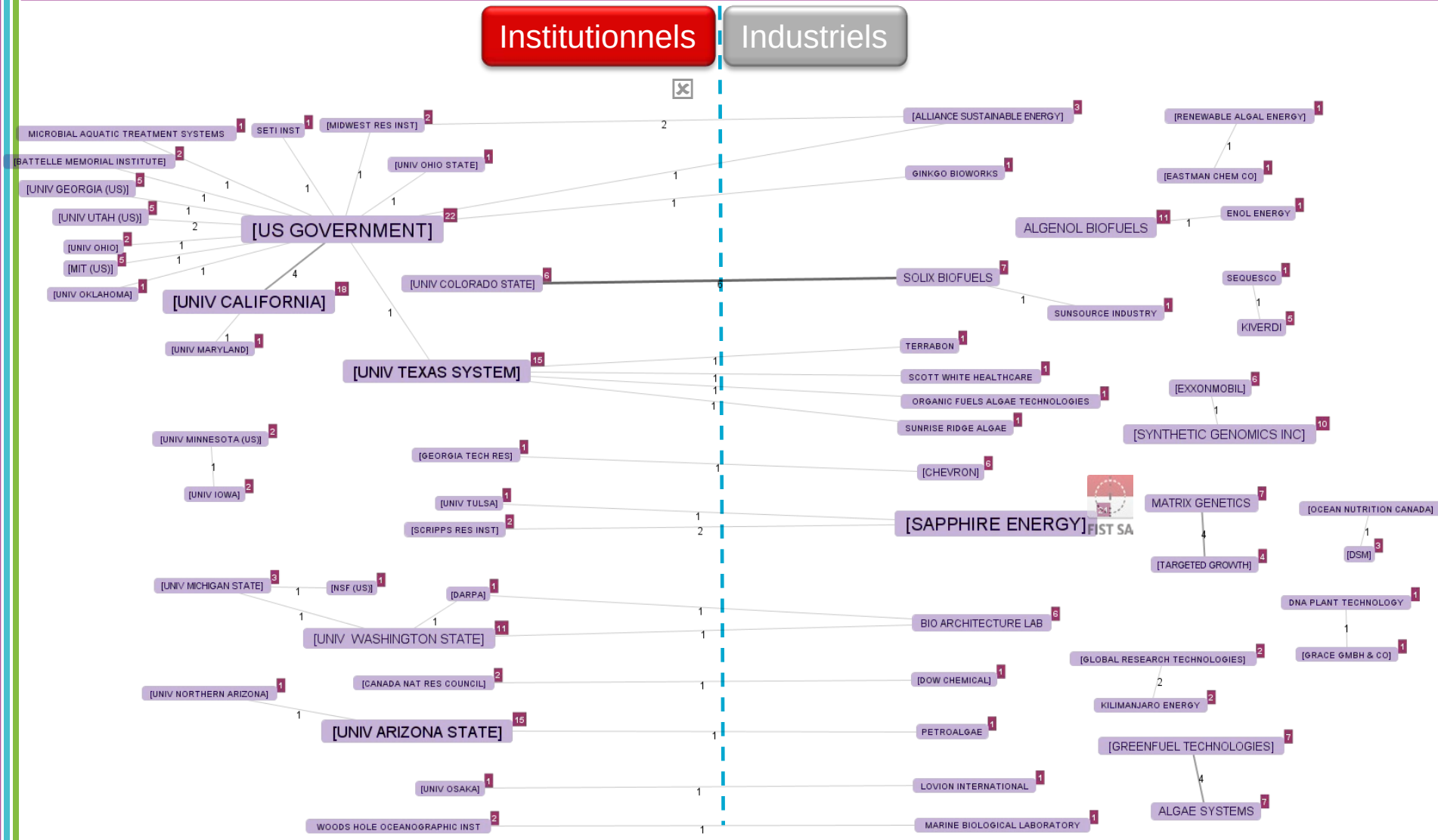


- La plupart des collaborations identifiées au Japon sur cette thématique sont des collaborations entre institutionnels et industriels.

Principaux co-dépôts aux USA
≥ 1 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

Cette carte met en évidence les co-dépôts entre déposants.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des déposants correspond au nombre de co-dépôts entre ces deux entités.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette du déposant (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte ce déposant sur la thématique étudiée.

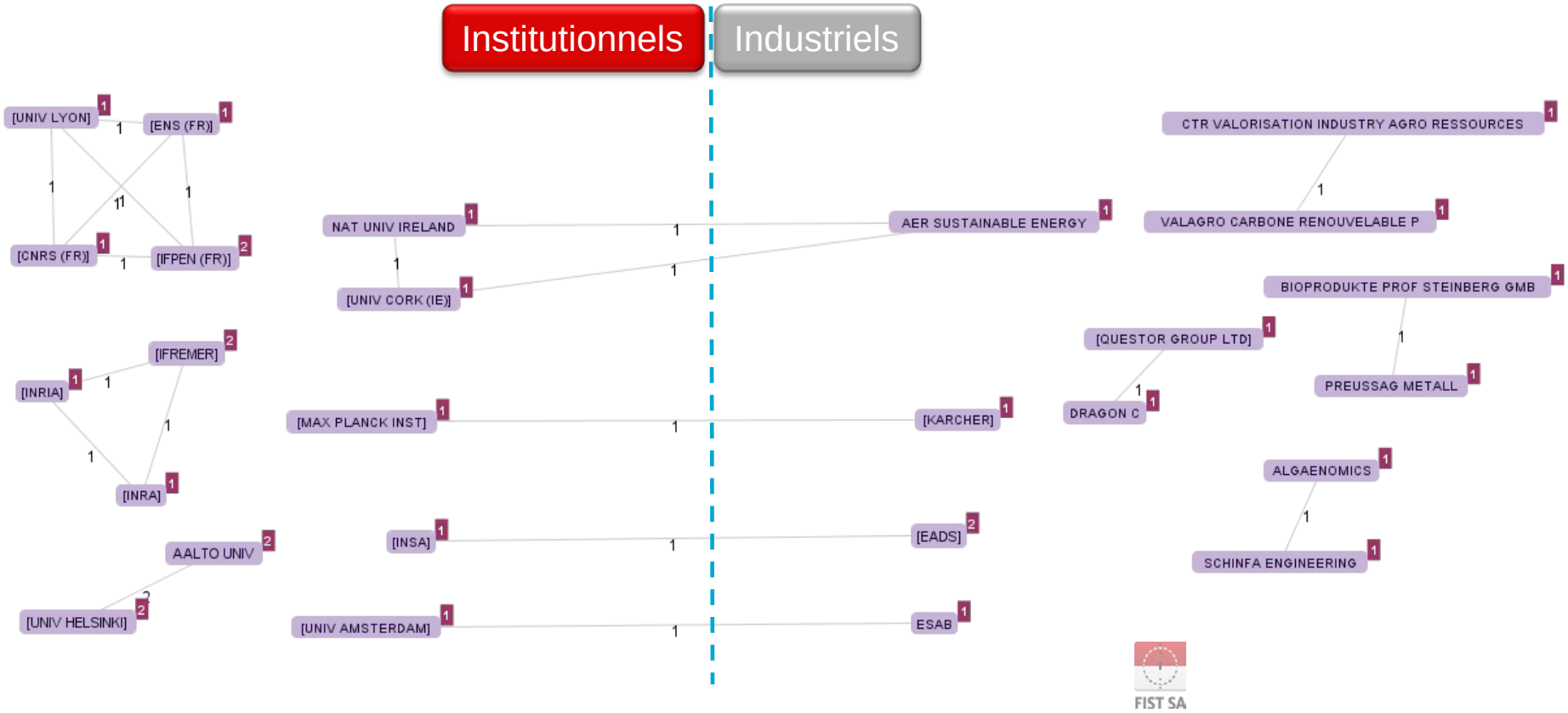
Principaux co-dépôts aux USA
≥ 1 dépôt et ≥ 1 co-dépôt



Principaux co-dépôts en Europe
≥ 1 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

Cette carte met en évidence les co-dépôts entre déposants.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des déposants correspond au nombre de co-dépôts entre ces deux entités.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette du déposant (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte ce déposant sur la thématique étudiée.

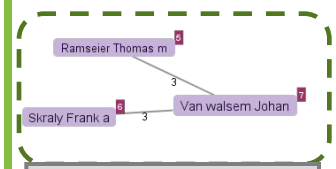
Principaux co-dépôts en Europe
≥ 1 dépôts et ≥ 1 co-dépôt



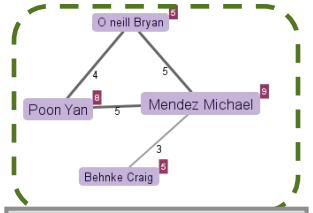
Principaux co-dépôts en Europe
≥ 1 dépôts et ≥ 1 co-dépôt

La carte des réseaux de collaboration permet de mettre en évidence les équipes de recherche travaillant sur le secteur technologique étudié.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des inventeurs correspond au nombre de co-dépôts entre deux inventeurs.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette de l'inventeur (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte cet inventeur sur la thématique étudiée.
Les déposants institutionnels sont entourés en bleu, les industriels en gris et les co-dépôts entre institutionnels et industriels sont entourés en rouge.

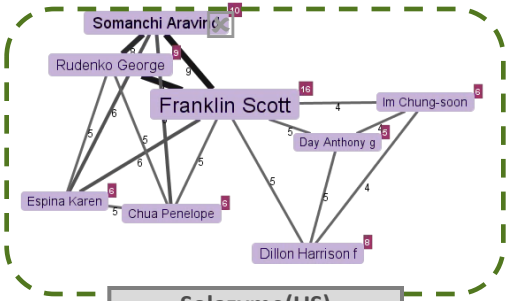
Equipes de recherche
≥ 5 dépôts et ≥ 3 co-dépôts



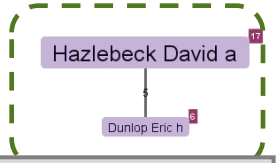
Metabolix Inc. (US)



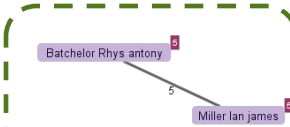
SCRIPPS Research Inst. (US), Sapphire energy (US)



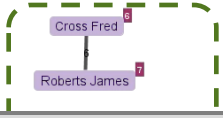
Solazyme(US)



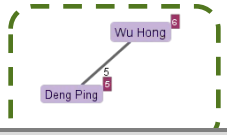
General atomics (US)



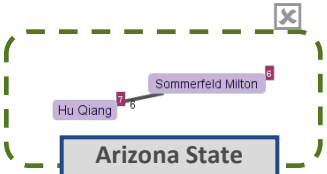
Aquaflow Bionomic (NZ)



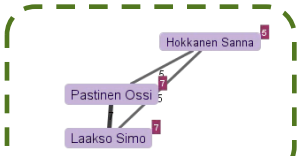
Targeted Growth Inc. (US), Matrix Genetics (US)



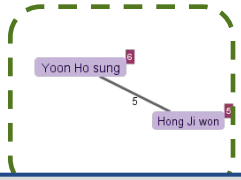
ENN R&D (CN)



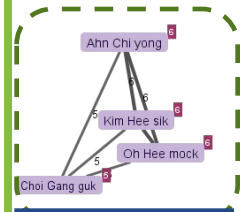
Arizona State University (US)



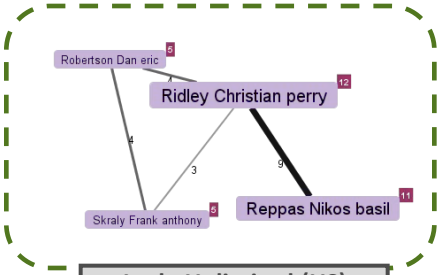
Helsinki University (FI), Aalto University (FI)



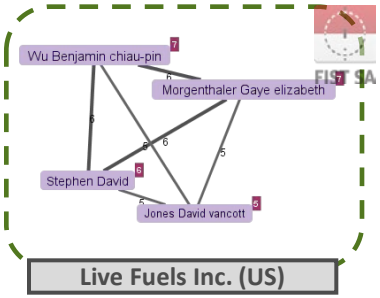
Kyungpook National University (KR)



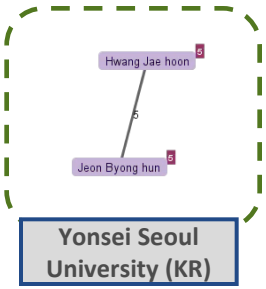
KRIBB (KR)



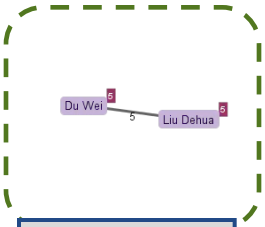
Joule Unlimited (US)



Live Fuels Inc. (US)



Yonsei Seoul University (KR)



Tsinghua University (CN)

Biomasse microalgale pour l'énergie

Partie A: Panorama brevets et publications

A.2 Panorama des publications

Réalisation: CNRS INIST

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Mars 2015

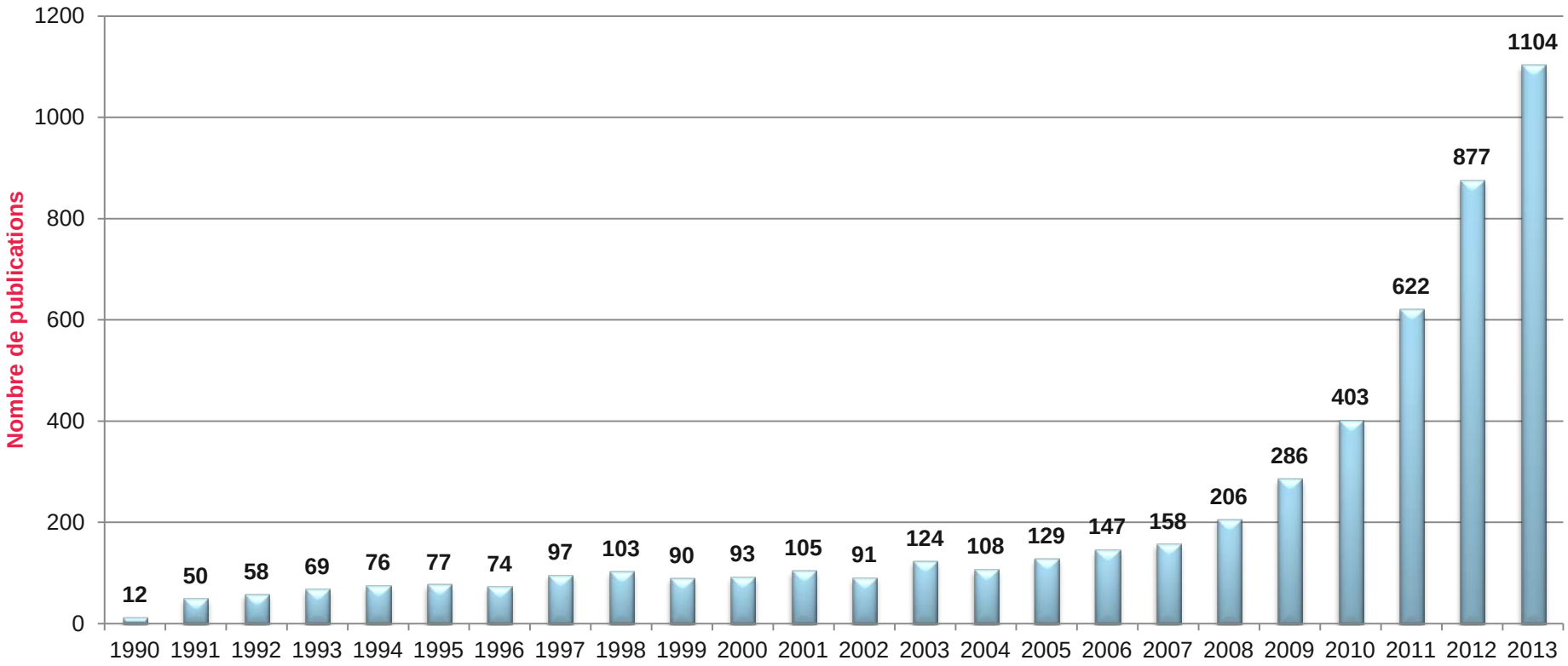
SOMMAIRE PANORAMA DES PUBLICATIONS

- Démarche et constitution du corpus
- Répartition des publications dans le temps
- Production scientifique des principaux acteurs :
  - distribution du nombre de publications par acteur
  - évolution du nombre de publications par acteur en fonction du temps
- Répartition géographique :
  - distribution du nombre de publications par pays
  - évolution du nombre de publications par pays en fonction du temps
- Coopérations par zone géographique :
  - Asie, Amérique du Nord, Amérique du Sud, Europe, Reste du monde
- Sous-thématiques :
  - distribution du nombre de publications par sous-thématique
  - évolution du nombre de publications par sous-thématique en fonction du temps
  - nombre de publications par sous-thématique et par acteurs principaux
- Principaux journaux
- Publications les plus citées

Démarche et constitution du corpus

- **Interrogation des bases du Web of Science TM Core Collection (WoS) de Thomson Reuters pour les années de publication 1990 à 2013**
- **Stratégie de recherche sur le thème de la « biomasse microalgale pour l'énergie »**
  - **requêtes déclinées en plusieurs sous-thématiques à l'aide des mots-clés fournis par les experts scientifiques et enrichis de diverses variantes**
  - **sous-thématique « Souches » combinée aux autres sous-thématiques**
- **Marquage des publications selon les 7 sous-thématiques définies**
- **Corpus mis à disposition en ligne pour consultation et validation par les experts**
- **Corpus de 5159 documents (validé en mars 2014) comprenant :**
  - **Production : 1336 documents**
  - **Biomass productivity : 612 documents**
  - **Genetic engineering : 318 documents**
  - **Harvesting : 588 documents**
  - **Oil extraction : 906 documents**
  - **Conversion : 386 documents**
  - **Energy (biofuel bioethanol hydrogen) : 3331 documents**

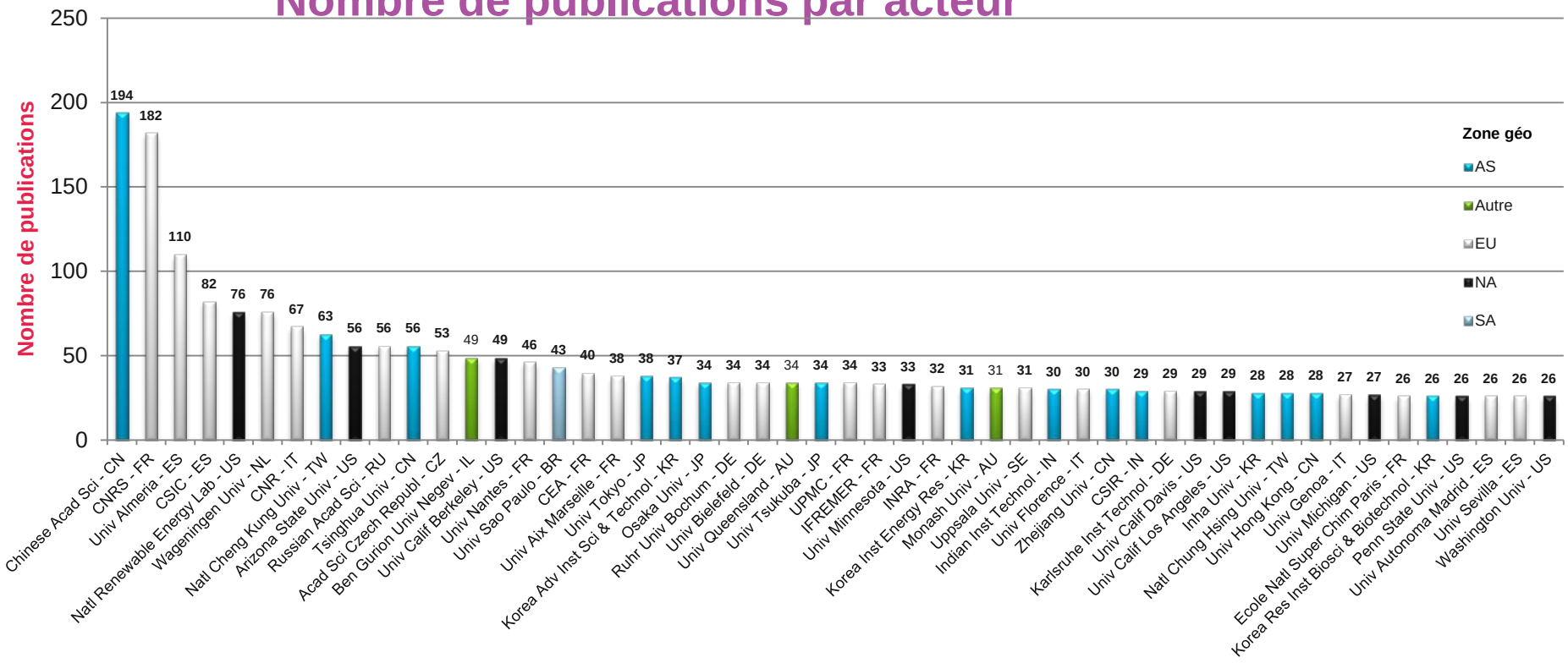
Répartition des publications dans le temps



- **Progression constante du nombre de publications**
  - **L'augmentation du nombre de publications est assez régulière mais faible de 1991 à 2004 (nombre de publications multiplié par 2). En revanche, de 2005 à 2013 la progression est très forte (nombre de publications presque multiplié par 10).**

Production scientifique des principaux acteurs

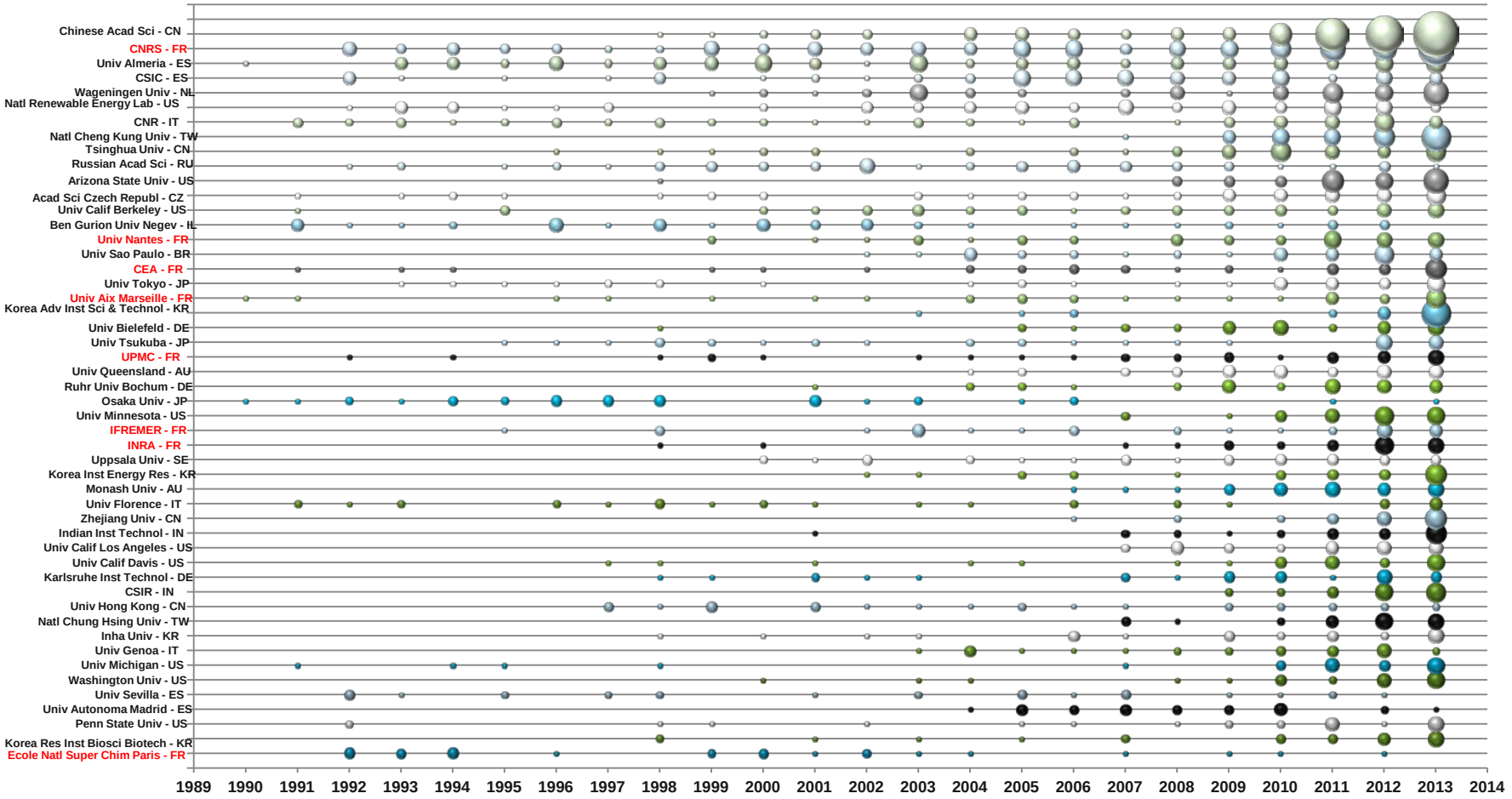
Nombre de publications par acteur



- **Distribution du nombre de publications par acteur (organisme)**
  - **Les deux acteurs publiant le plus sont le Chinese Acad Sci (CAS) et le CNRS.**
  - **Parmi ces 50 principaux organismes publiants, près de la moitié (22) sont européens, dont 8 français, 15 sont asiatiques, et 9 sont américains.**

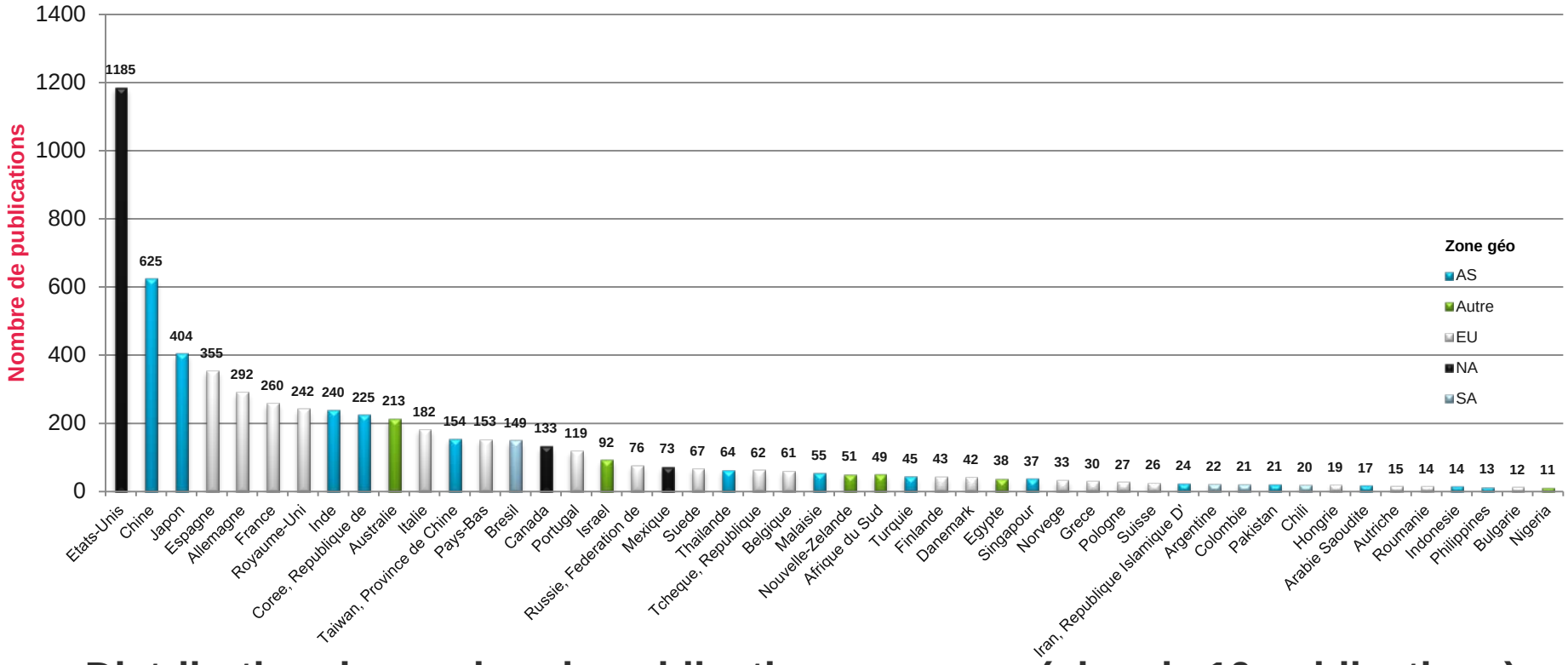
Production scientifique des principaux acteurs

Evolution du nombre de publications dans le temps



Pour beaucoup d'acteurs, la production est régulière au cours du temps, avec une augmentation significative pour le CAS depuis 2010. Certains ne commencent à publier qu'à la fin des années 90 (CAS, Université de Wageningen, …). On note également la présence récente et une progression rapide de plusieurs organismes : Natl Cheng Kung Univ – TW ; Arizona State Univ – US ; Korea Adv Inst Sci Tech – KR ; Zhejiang Univ – CN.

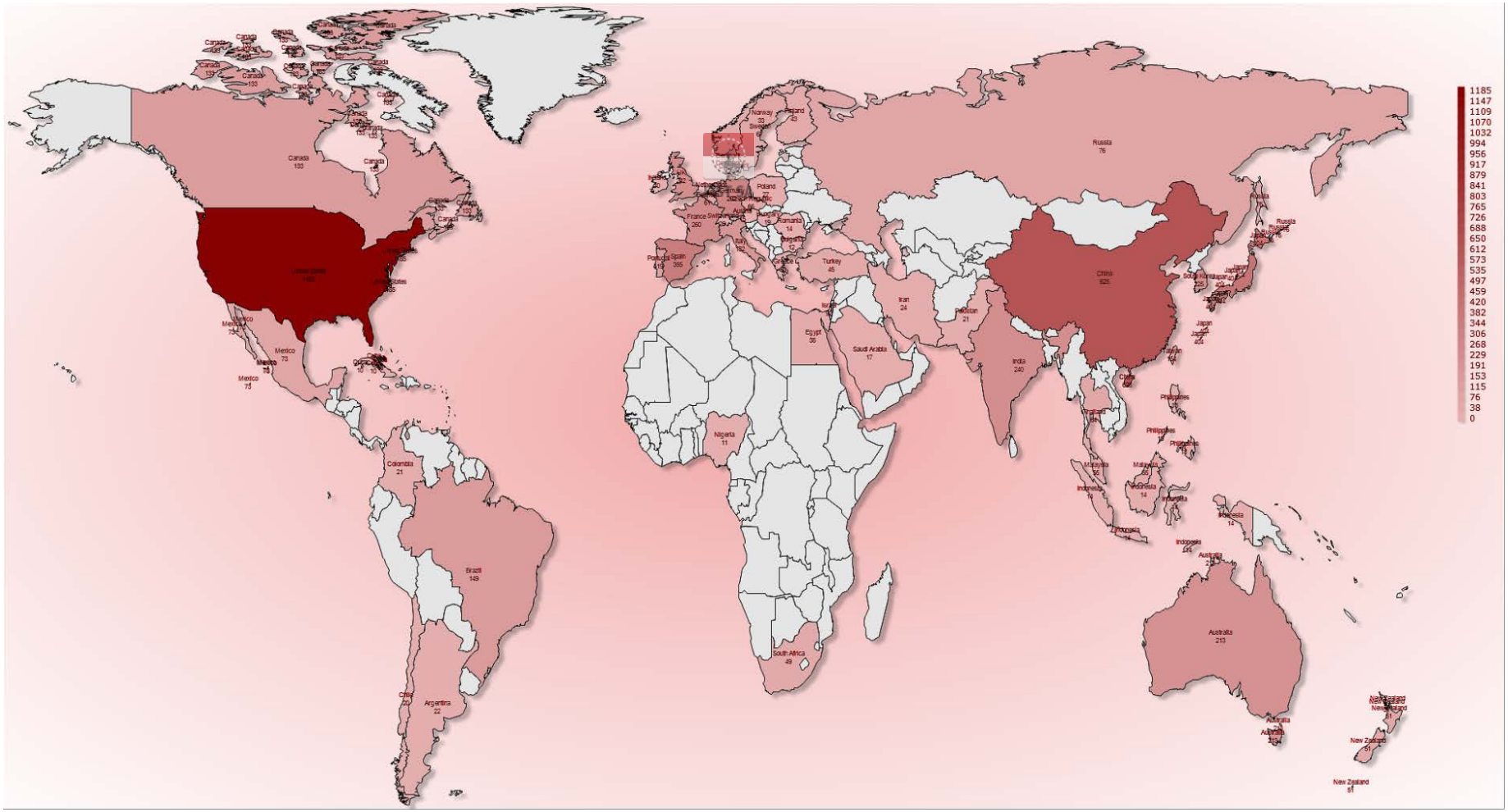
Répartition géographique
Nombre de publications par pays



- **Distribution du nombre de publications par pays (plus de 10 publications)**
  - **Les Etats-Unis sont le pays le plus présent (1185 publications provenant de 396 organismes), suivi de la Chine (625 publis issues de 200 organismes), du Japon (404 publis – 193 organismes), et de l'Espagne (355 publis – 86 organismes).**
  - **L'Allemagne, la France, le Royaume-Uni, l'Inde, la Corée du Sud, et l'Australie ont chacun publié entre 200 et 300 articles.**

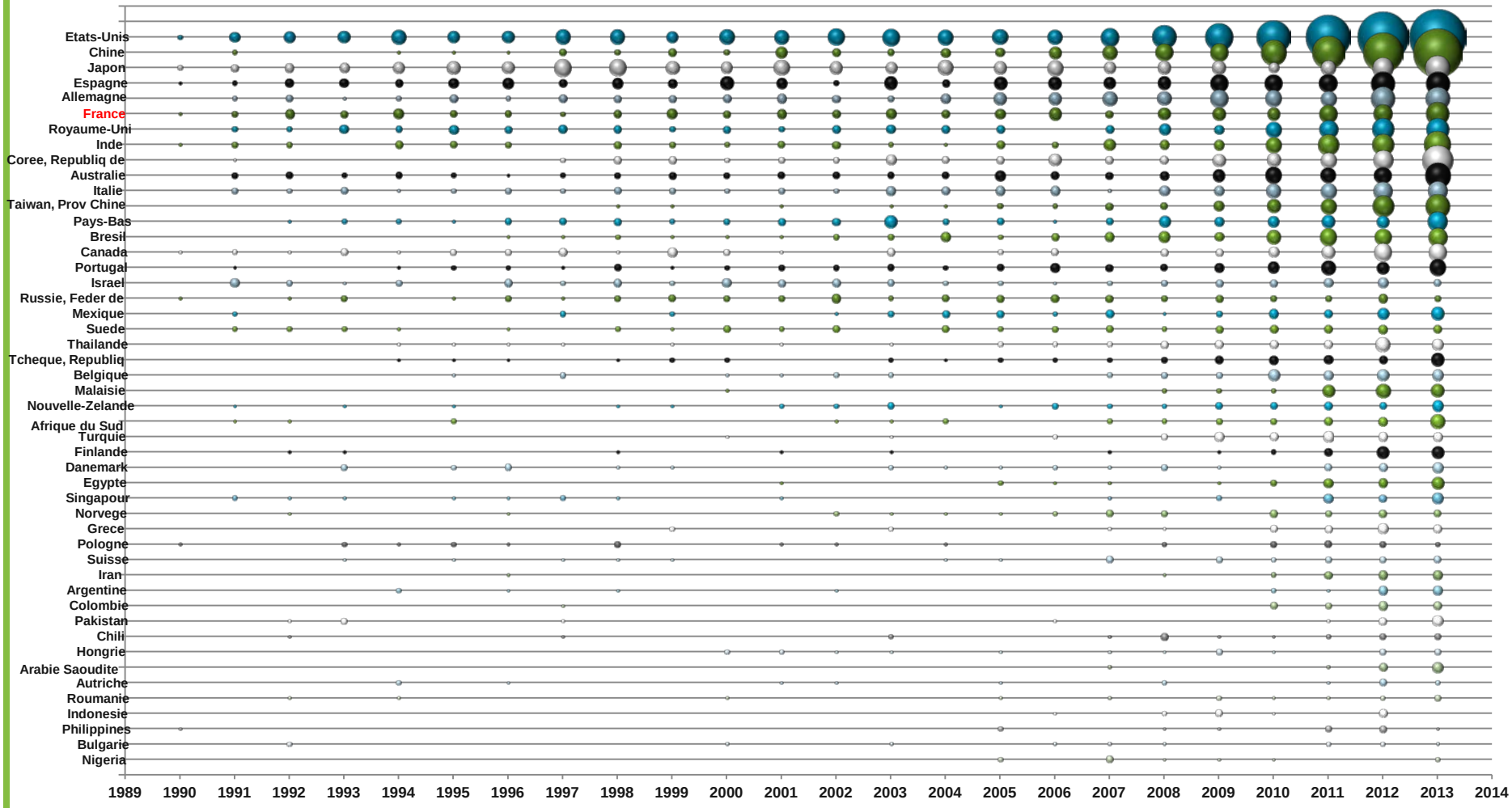
Répartition géographique

Cartographie de la distribution du nombre de publications par pays



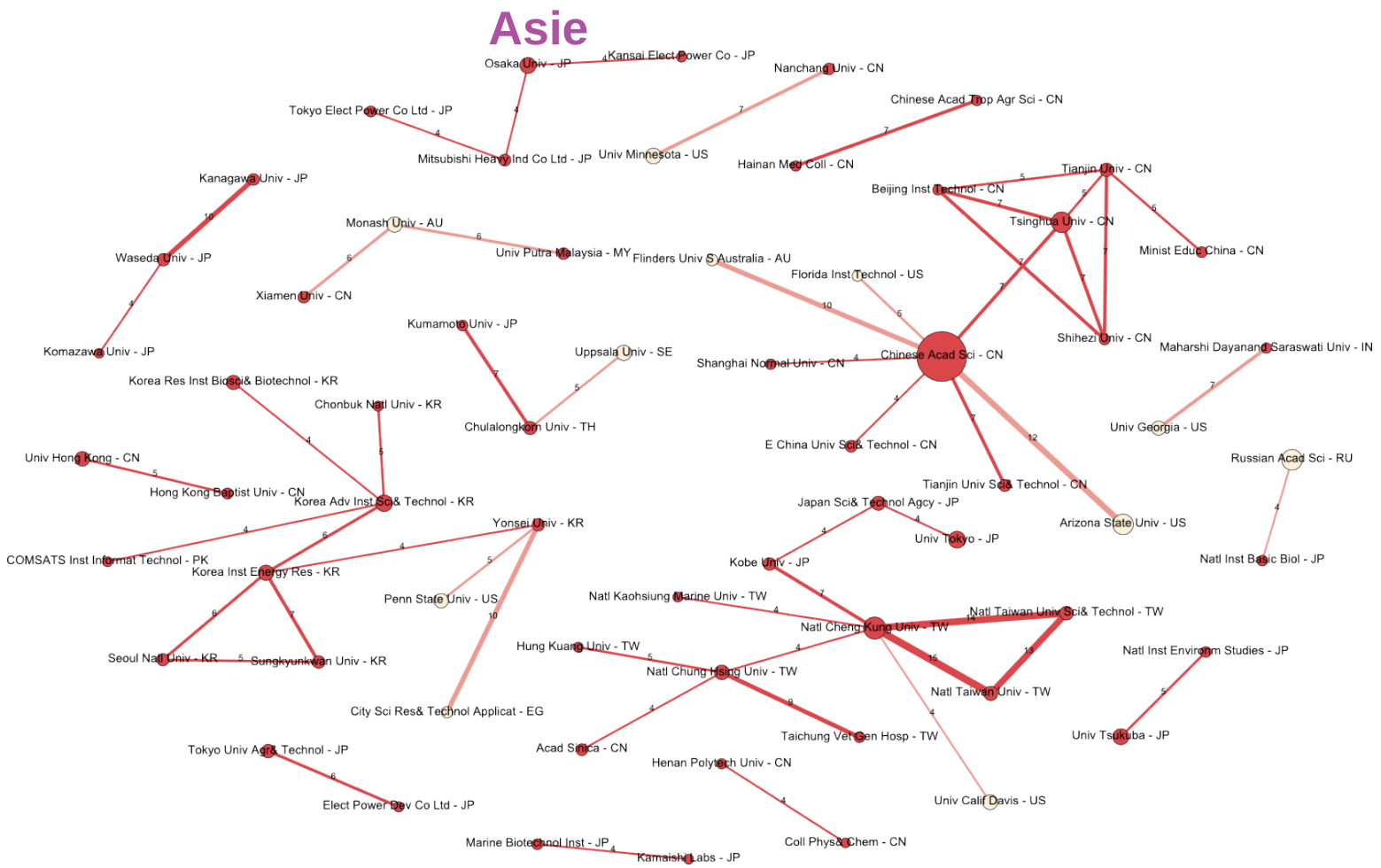
Répartition géographique

Evolution du nombre de publications dans le temps



- **Les Etats-Unis ont publié de manière régulière jusqu'en 2006, puis de façon de plus en plus soutenue entre 2007 et 2013. La Chine a commencé à augmenter son rythme de publications à partir de 2006. Le Japon s'est rapidement intéressé au sujet mais publie plus irrégulièrement.**
- **Globalement le nombre de publications augmente fortement à partir de 2010.**

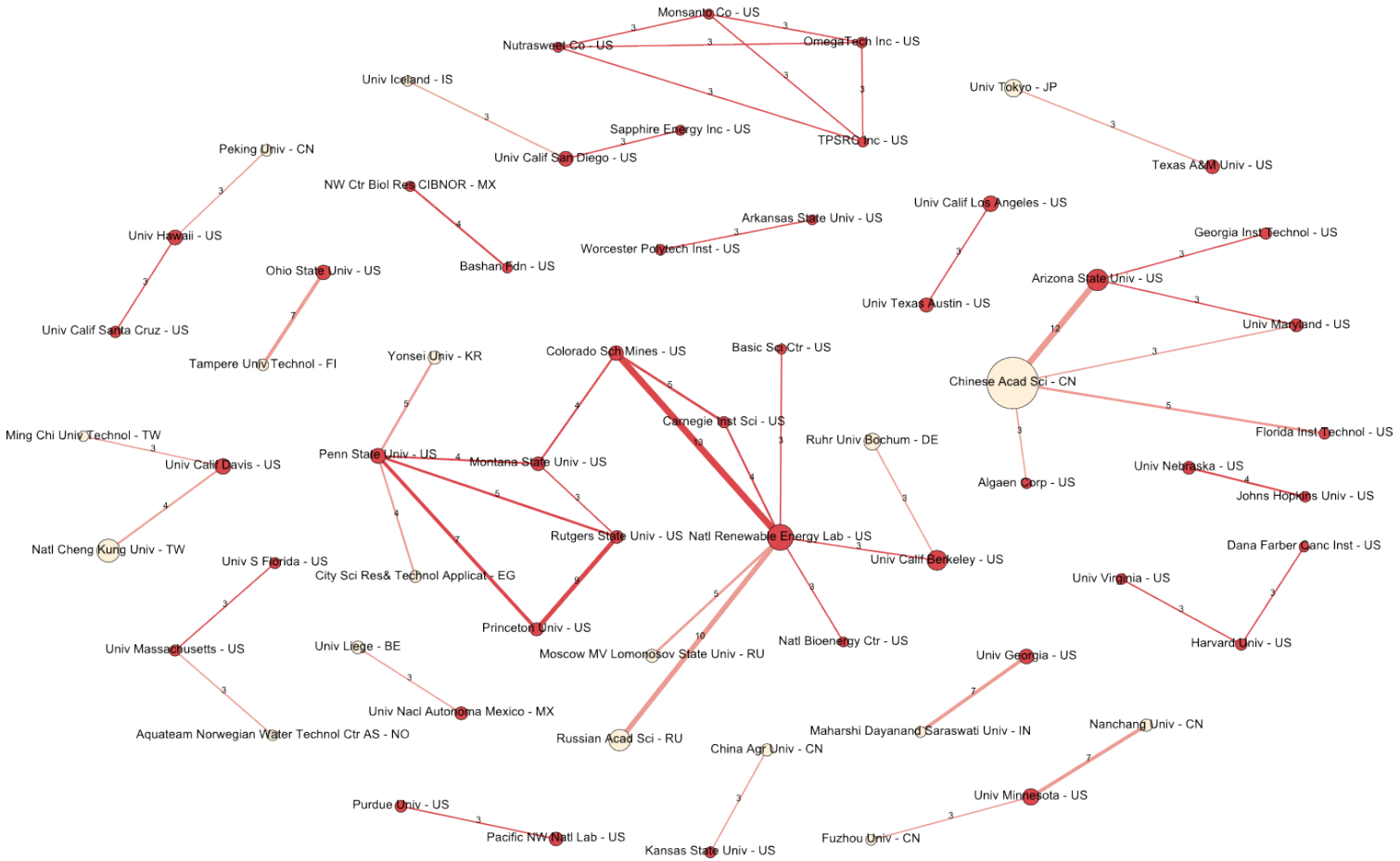
Coopérations par zone géographique



Principales coopérations pour la zone Asie (au dessus de 3 co-publications)

- **Les pays asiatiques co-publient majoritairement avec d'autres pays de la même zone. On observe quelques collaborations avec les Etats-Unis, l'Australie, et l'Europe.**
- **Plusieurs sociétés japonaises (Mitsubishi Heavy Ind Co Ltd, Tokyo Elect Power Co Ltd, Kansai Elect Power Co, Elect Power Dev Co Ltd) figurent dans ce réseau de coopérations.**
- **Le CAS et le Natl Cheng Kung Univ – TW sont les 2 organismes qui ont le plus de partenaires.**

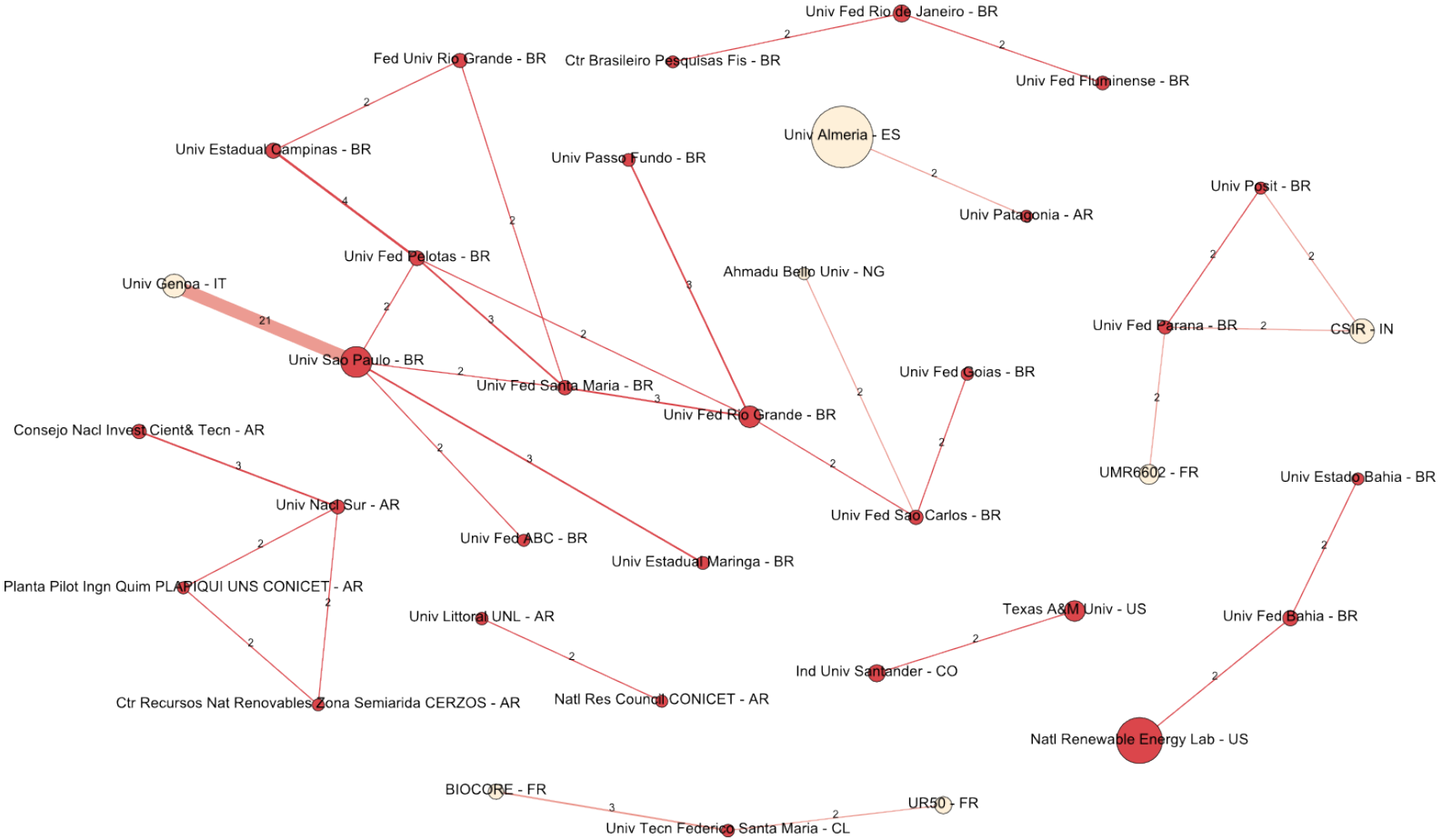
Coopérations par zone géographique
Amérique du Nord



Principales coopérations pour la zone Amérique du Nord (au dessus de 2 co-publications)

- **On observe beaucoup de co-publications intra-zone, et plusieurs collaborations avec l'Asie et l'Europe.**
- **Plusieurs sociétés américaines (Algaen Corp, OmegaTech Inc, Sapphire Energy Inc, Nutrasweet Co, Monsanto Co, TPSRC Inc) sont présentes dans ce réseau de coopérations.**
- **Le Natl Renewable Energy Lab et la Penn State Univ sont les acteurs qui ont le plus de partenaires.**

Coopérations par zone géographique
Amérique du Sud



Principales coopérations pour la zone Amérique du Sud (au dessus de 1 co-publication)

- **La plupart des organismes sud-américains co-publient avec d'autres acteurs de la même zone, plusieurs collaborent avec l'Europe.**
- **L'Université de Sao Paulo est l'organisme qui a le plus de partenaires. On note un fort taux de co-publications avec l'Université de Gênes .**

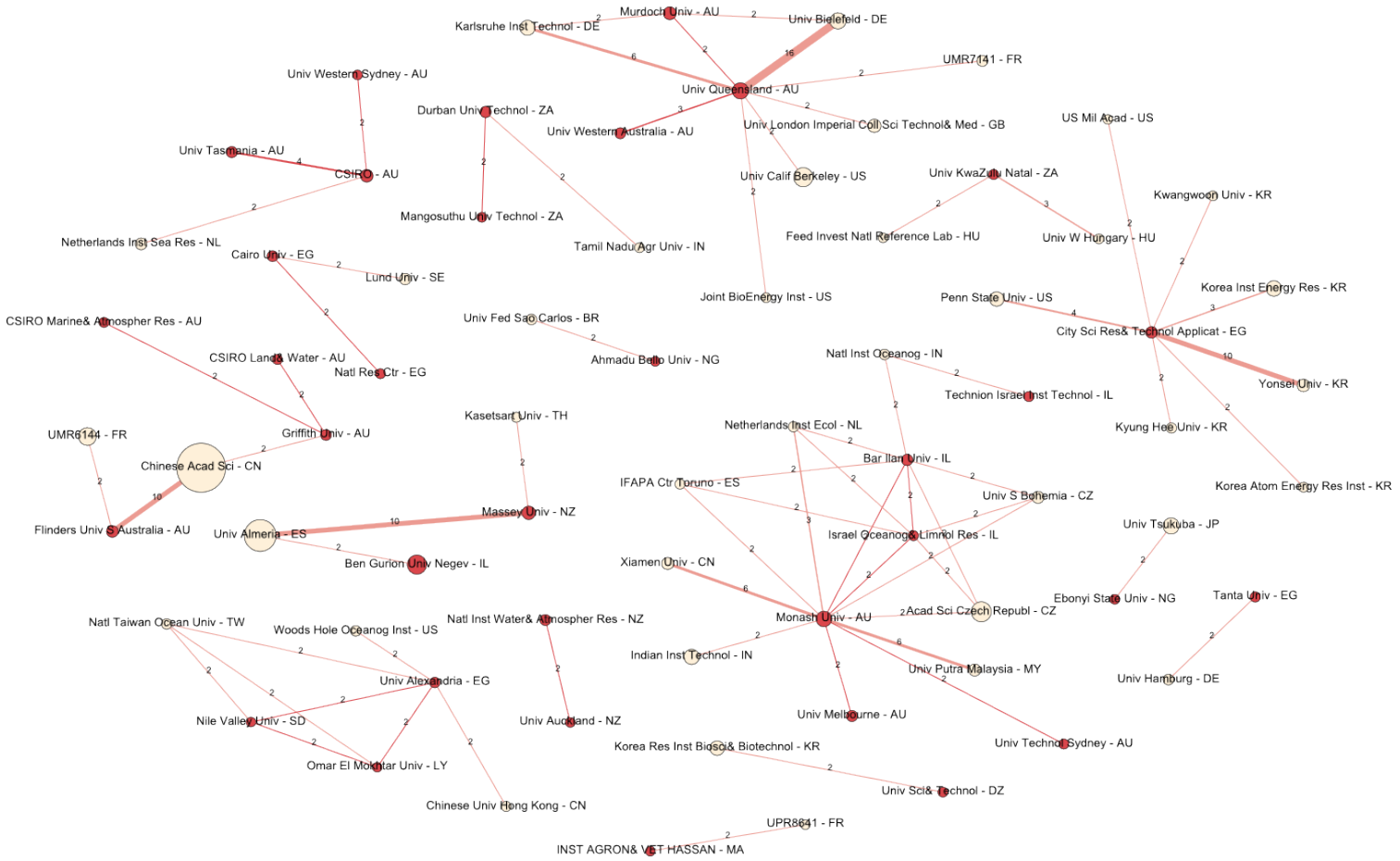
Coopérations par zone géographique
Europe



Principales coopérations pour la zone Europe (au dessus de 3 co-publications)

- **La majorité des co-publications ont lieu dans la zone Europe. Le CSIC – ES et la Russian Acad Sci sont les organismes qui ont le plus de partenaires.**
- **Des industriels français (Naskeo) sont présents dans ce réseau de collaborations.**
- **Certaines coopérations sont soutenues (au moins 10 publications en commun).**

Coopérations par zone géographique
Reste du monde



Principales coopérations pour le Reste du monde (au dessus de 1 co-publication)

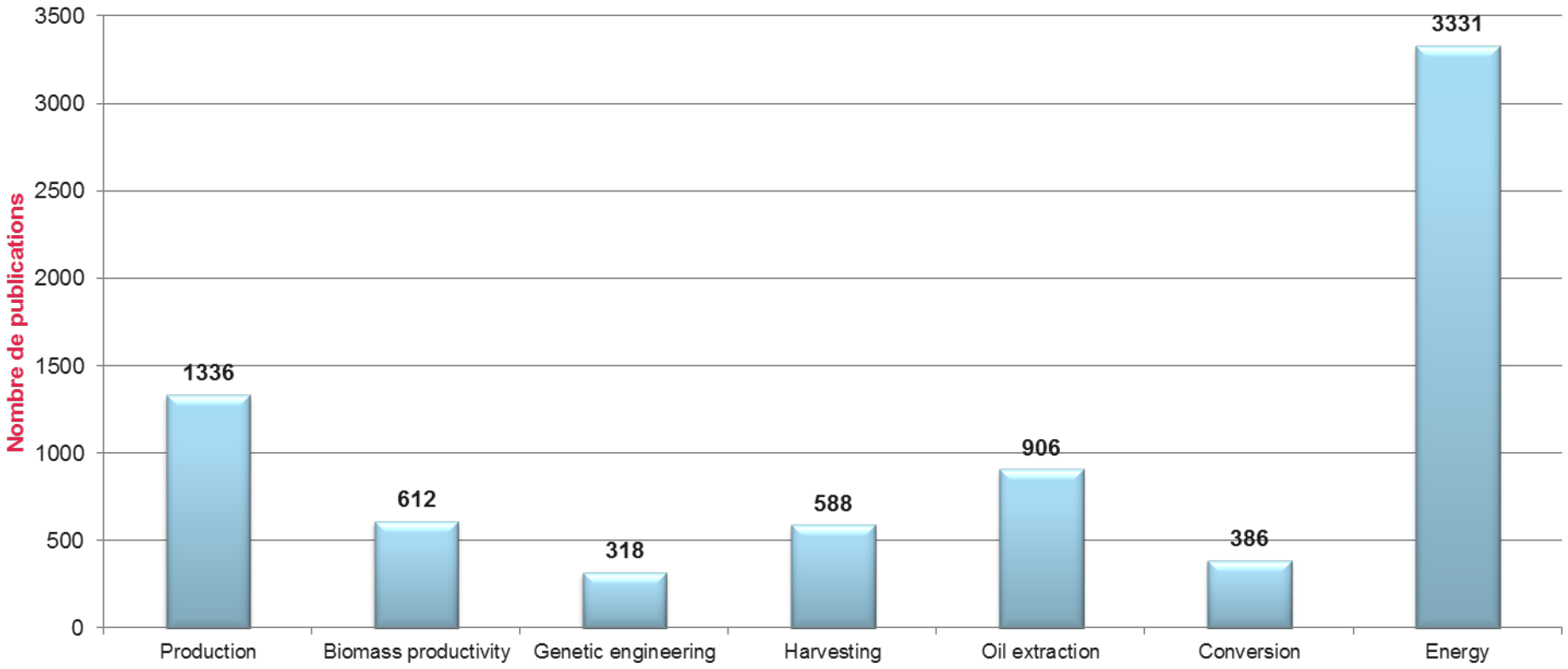
- **On note la présence de beaucoup d'organismes australiens, puis égyptiens, israéliens, néo-zélandais, et sud-africains.**
- **Ces acteurs coopèrent avec divers organismes asiatiques et européens.**

Sous-thématiques

- **Nombre de publications par sous-thématique**
  - **Production : 1336 publications**
  - **Biomass productivity : 612 publications**
  - **Genetic engineering : 318 publications**
  - **Harvesting : 588 publications**
  - **Oil extraction : 906 publications**
  - **Conversion : 386 publications**
  - **Energy : 3331 publications**
- **Les indicateurs étudiés**
  - **Distribution du nombre de publications par sous-thématique**
  - **Evolution du nombre de publications par sous-thématique en fonction du temps**
  - **Nombre de publications par sous-thématique et par acteurs principaux**
- **Remarques**
  - **Une publication peut relever de plusieurs sous-thématiques. La somme du nombre de publications pour chaque sous-thématique est donc supérieure au nombre total de publications dans le corpus.**
  - **Concernant les acteurs : pour plus de précision, les publications françaises ont été ici comptabilisées au niveau des laboratoires et non pas des tutelles.**

Sous-thématiques

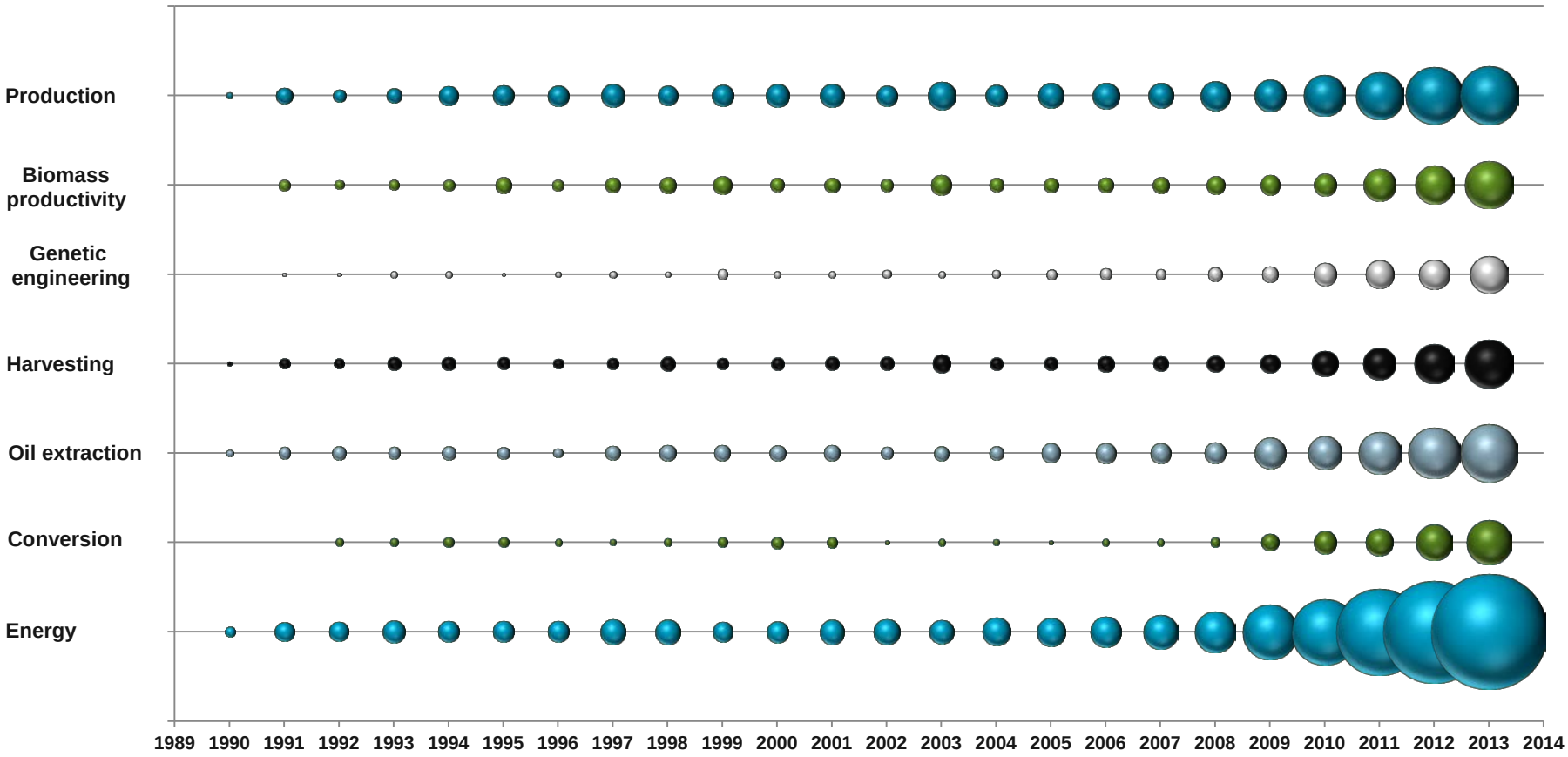
Nombre de publications par sous-thématique



- **On observe une prédominance des publications sur la production d'énergie (biocarburants, bioéthanol, hydrogène, biogaz) par les micro-algues (sujet de l'étude).**
- **Beaucoup d'études portent sur la production des micro-algues, de même que sur les procédés d'extraction des lipides issus de celles-ci.**
- **Les techniques de conversion des lipides issus des micro-algues semblent moins étudiées, peut-être parce qu'elles sont déjà connues par ailleurs.**

Sous-thématiques

Evolution du nombre de publications dans le temps

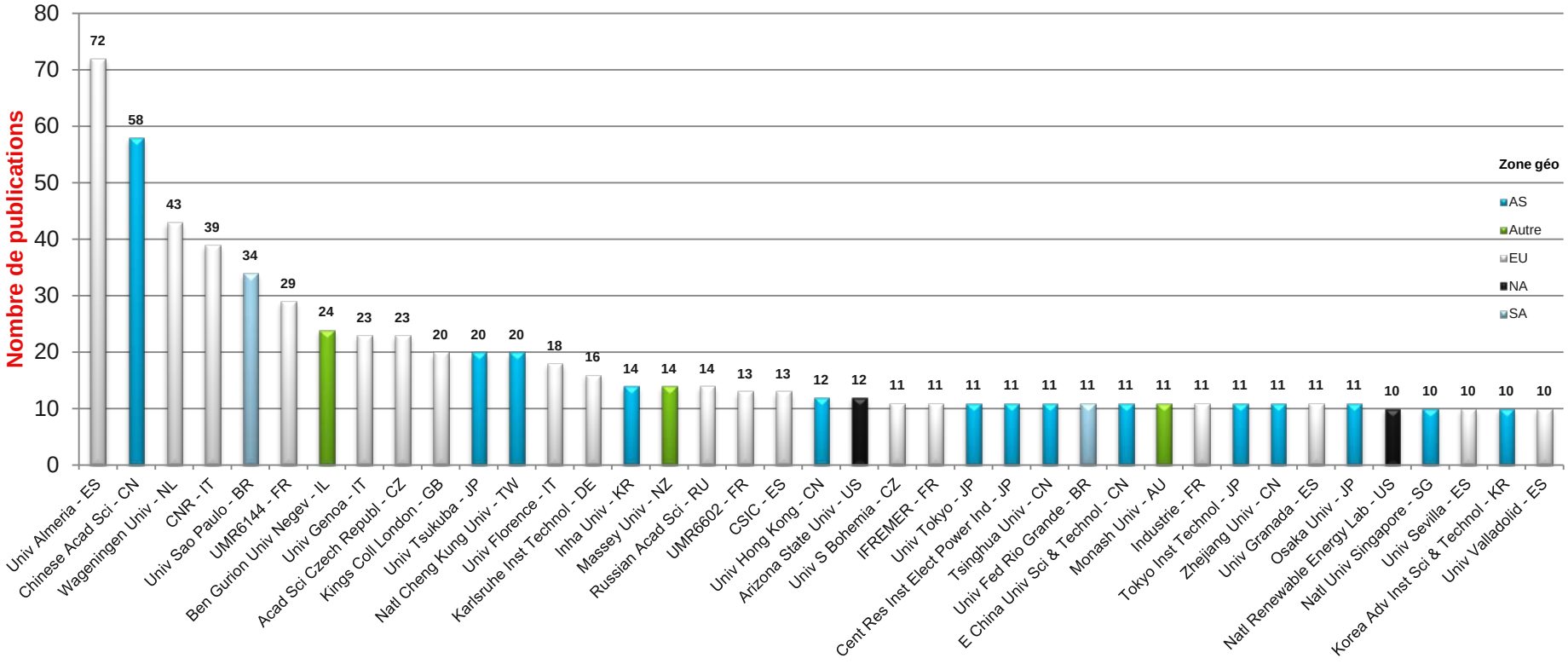


Répartition du nombre de publications dans le temps

- **Pour l'ensemble des sous-thématiques, la progression du nombre de publications à partir de 2010 est très forte.**

Production

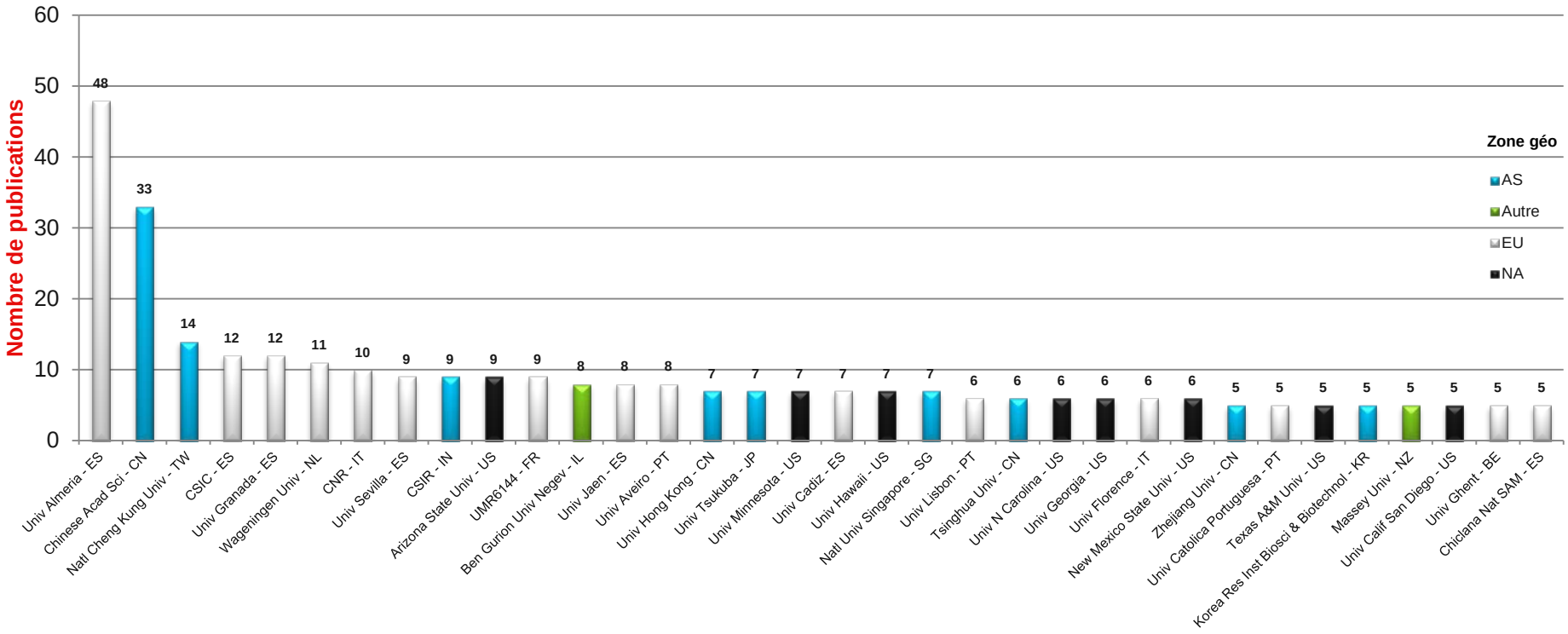
Nombre de publications par acteur



Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 10 publications)

- **L'Université d'Almeria est la plus productive sur le sujet, suivi par le CAS (qui a intensifié son volume de publications essentiellement en 2012 et 2013).**
- **Parmi ces acteurs principaux, on note la présence de beaucoup d'européens et d'asiatiques. Les Etats-Unis publient également abondamment mais de manière plus morcelée entre de nombreux organismes.**
- **Deux organismes brésiliens figurent parmi ces principaux acteurs.**

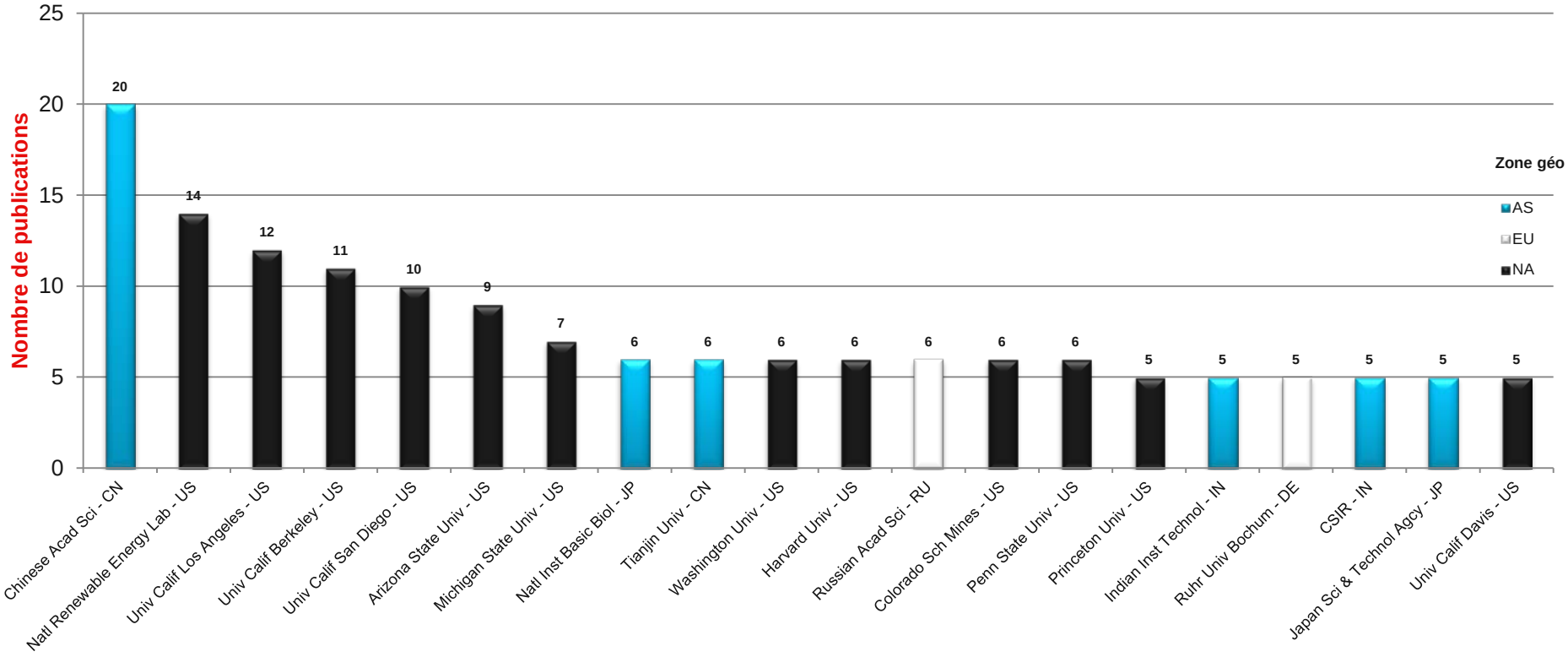
Biomass productivity
Nombre de publications par acteur



Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 5 publications)

- **Comme pour la sous-thématique « Production », l'Université d'Almeria et le CAS sont les acteurs qui publient le plus.**
- **Les acteurs sont surtout espagnols et asiatiques.**

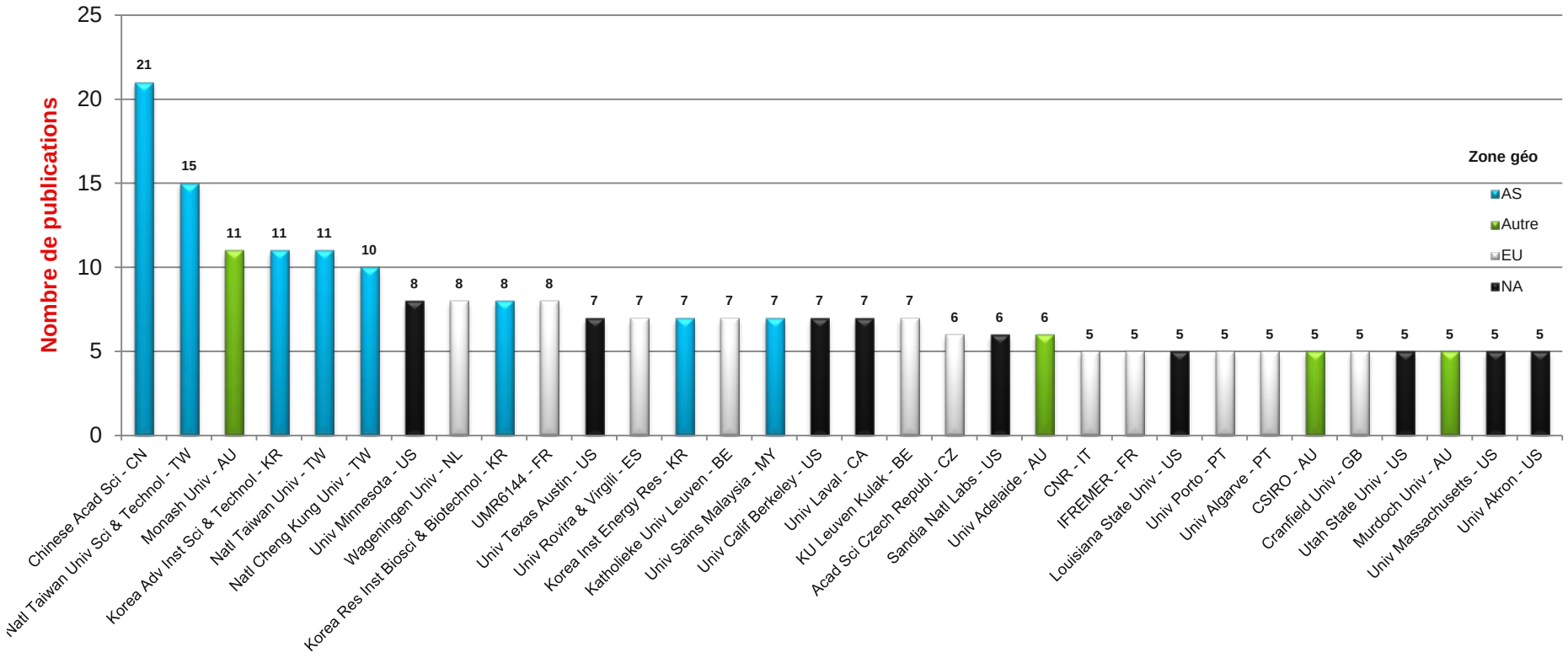
Genetic engineering
Nombre de publications par acteur



Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 5 publications)

- **L'acteur prédominant est le CAS.**
- **Cette sous-thématique est surtout étudiée par les américains et les asiatiques.**

Harvesting
Nombre de publications par acteur

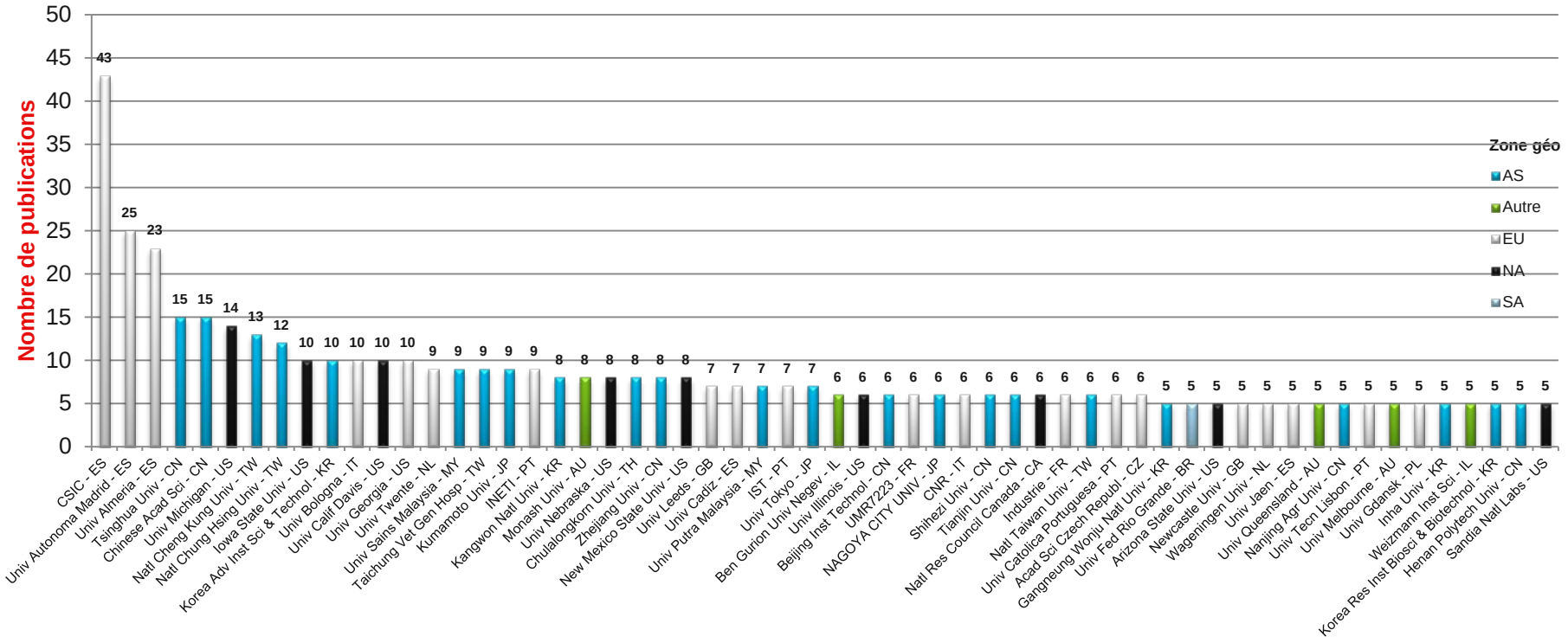


Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 5 publications)

- **L'acteur prédominant est également le CAS.**
- **Cette sous-thématique est étudiée de manière assez homogène par les européens, les américains et les asiatiques. Les Etats-Unis publient beaucoup mais de façon morcelée entre divers organismes.**
- **On note la présence de plusieurs acteurs australiens.**

Oil extraction

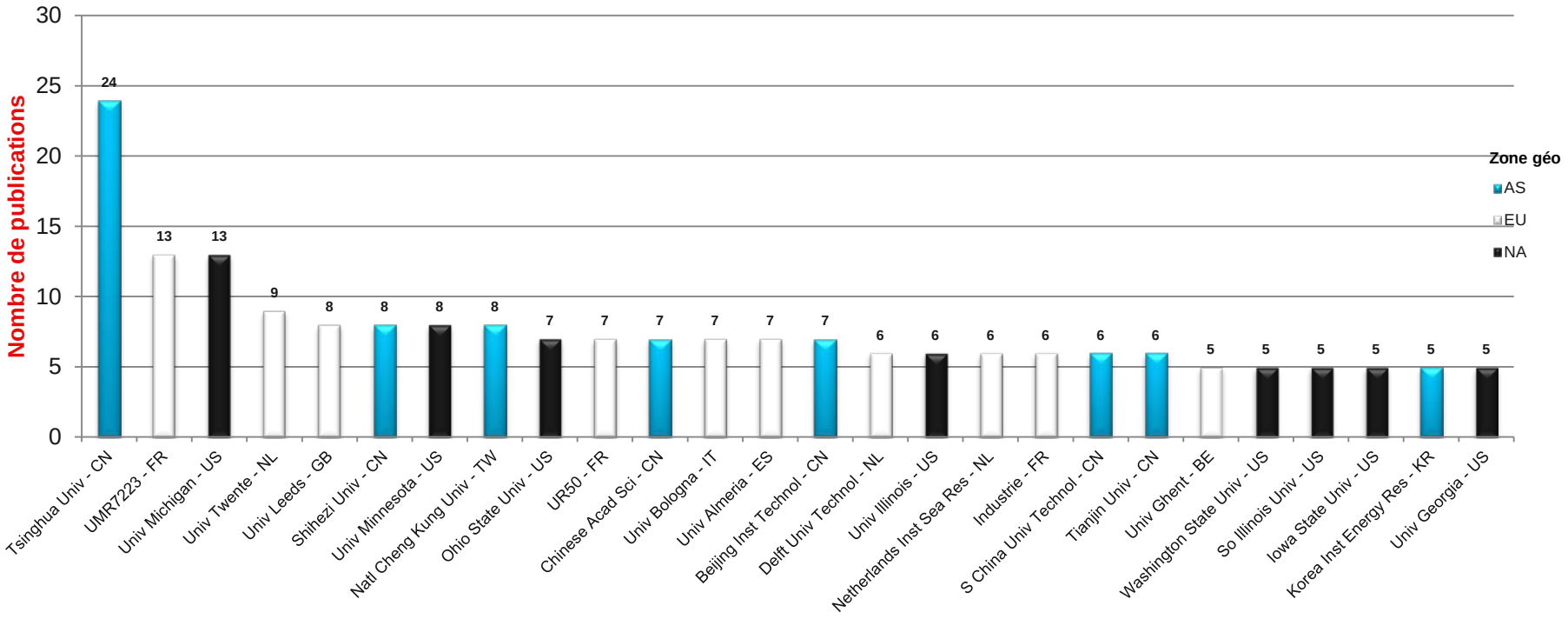
Nombre de publications par acteur



Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 5 publications)

- **Les organismes espagnols (CSIC, Université Autonome de Madrid, Université d'Almeria) sont très présents sur cette sous-thématique.**
- **Parmi ces acteurs principaux, on trouve beaucoup d'asiatiques et d'européens. Les américains publient toujours en nombre mais de manière partagée entre divers organismes.**
- **Plusieurs acteurs australiens s'intéressent à ce sujet.**

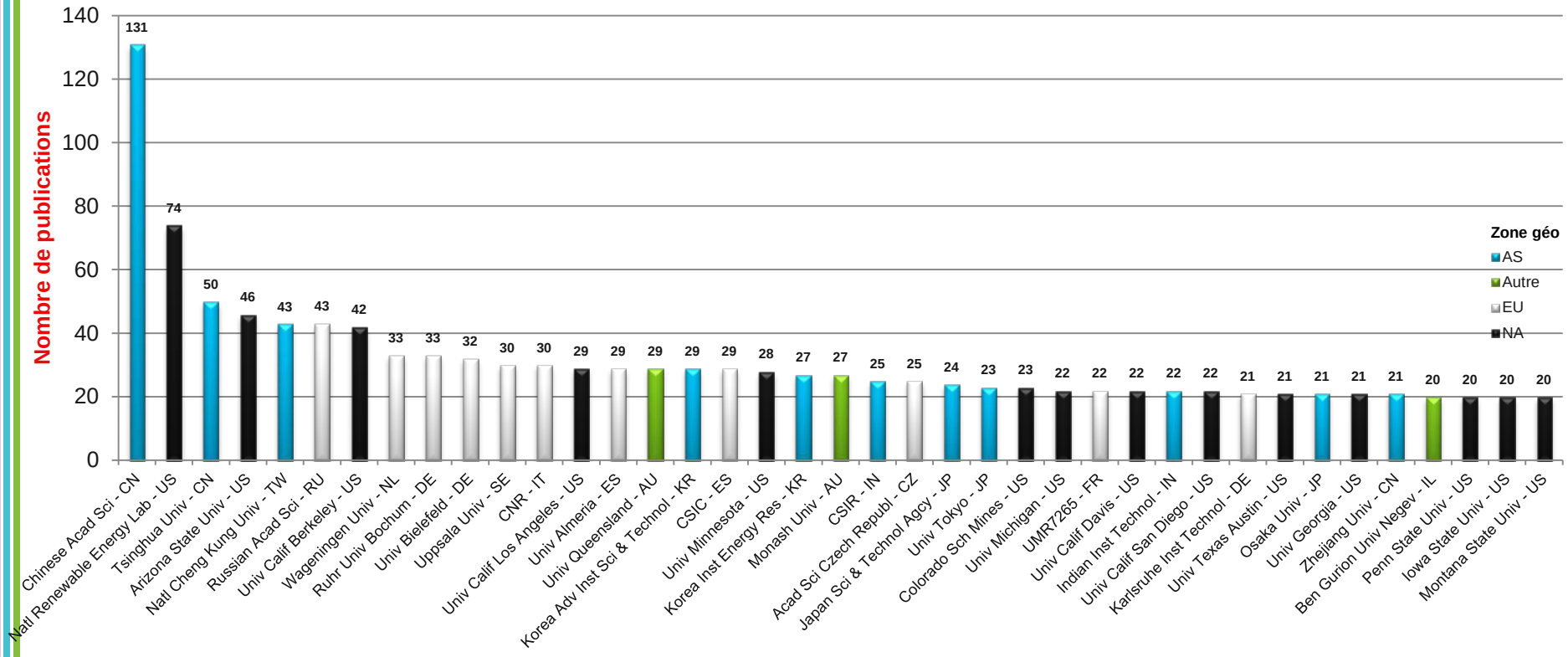
Conversion
Nombre de publications par acteur



Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 5 publications)

- **L'acteur principal est l'Université de Tsinghua – CN.**
- **Plusieurs acteurs français sont présents sur cette sous-thématique : UMR7223, UR50, Industriels (Naskeo).**

Energie
Nombre de publications par acteur



Distribution du nombre de publications pour les principaux acteurs (à partir de 20 publications)

- **L'acteur principal est le CAS.**
- **Un grand nombre d'organismes américains sont présents sur le sujet, ainsi que plusieurs acteurs allemands.**

Les principaux journaux

Journal	ISSN	Nb publis
BIORESOURCE TECHNOLOGY	0960-8524	605
JOURNAL OF APPLIED PHYCOLOGY	0921-8971	234
BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING	0006-3592	135
INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY	0360-3199	134
JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY	0168-1656	104
APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	0175-7598	98
APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY	0273-2289	76
APPLIED ENERGY	0306-2619	74
BIOMASS & BIOENERGY	0961-9534	70
JOURNAL OF PHYCOLOGY	0022-3646	54
PLOS ONE	1932-6203	51
ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	0065-7727	46
JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	0268-2575	45
ALGAL RESEARCH-BIOMASS BIOFUELS AND BIOPRODUCTS	2211-9264	45
PHOTOSYNTHESIS RESEARCH	0166-8595	41
ORGANIC GEOCHEMISTRY	0146-6380	40
BIOCHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	1369-703X	40
BIOTECHNOLOGY LETTERS	0141-5492	39
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA	0027-8424	38
PROCESS BIOCHEMISTRY	1359-5113	38
APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	0099-2240	37
JOURNAL OF BIOSCIENCE AND BIOENGINEERING	1389-1723	34
WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY	0959-3993	34
BIOTECHNOLOGY PROGRESS	8756-7938	33
BIOTECHNOLOGY ADVANCES	0734-9750	33
WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	0273-1223	33
ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	0196-8904	33
RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	1364-0321	32
ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY	0141-0229	31
AQUACULTURE	0044-8486	30
CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	1385-8947	28
ENERGY & FUELS	0887-0624	28
ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	0013-936X	27
HYDROBIOLOGIA	0018-8158	26
BIOPROCESS AND BIOSYSTEMS ENGINEERING	1615-7591	26
JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	1017-7825	25

Répartition des publications par titre de revue (à partir de 25 publications):

- **Le titre majoritaire est Bioresource Technology (plus de 10 % des publications).**
- **Le corpus comporte 932 titres de revues. 40 journaux (soit 4% des titres) couvrent plus de la moitié des publications.**

Les 5 publications les plus citées

Ut	**WOS:000246134500007**
Organisme / Laboratoire	Massey Univ
Pays	Nouvelle-Zelande
Au	Chisti, Y
Ti	**Biodiesel from microalgae**
So	BIOTECHNOLOGY ADVANCES - Volume: 25 - Issue: 3 - Pages: 294-306 DOI: 10.1016/j.biotechadv.2007.02.001
Dt	Review
De	biofuels; biodiesel; microalgae; photobioreactors; raceway ponds
Ab	Continued use of petroleum sourced fuels is now widely recognized as unsustainable because of depleting supplies and the contribution of these fuels to the accumulation of carbon dioxide in the environment. Renewable, carbon neutral, transport fuels are necessary for environmental and economic sustainability. Biodiesel derived from oil crops is a potential renewable and carbon neutral alternative to petroleum fuels. Unfortunately, biodiesel from oil crops, waste cooking oil and animal fat cannot realistically satisfy even a small fraction of the existing demand for transport fuels. As demonstrated here, microalgae appear to be the only source of renewable biodiesel that is capable of meeting the global demand for transport fuels. Like plants, microalgae use sunlight to produce oils but they do so more efficiently than crop plants. Oil productivity of many microalgae greatly exceeds the oil productivity of the best producing oil crops. Approaches for making microalgal biodiesel economically competitive with petrodiesel are discussed. (c) 2007 Elsevier Inc. All rights reserved.
C1	Massey Univ, Inst Technol & Engn, Palmerston North, New Zealand
Rp	Chisti, Y (reprint author), Massey Univ, Inst Technol & Engn, Private Bag 11 222, Palmerston North, New Zealand.
Tc (nb. de citations)	1513
Py	2007
Wc	Biotechnology & Applied Microbiology

Ut	**WOS:000166366600001**
Organisme / Laboratoire	Indian Inst Technol ; Univ Miami
Pays	Inde ; Etats-Unis
Au	Das, D; Veziroglu, TN
Ti	**Hydrogen production by biological processes: a survey of literature**
So	INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY - Volume: 26 - Issue: 1 - Pages: 13-28 DOI: 10.1016/S0360-3199(00)00058-6
Dt	Article
De	hydrogen; photosynthesis; fermentative; hybrid bioreactions
Ab	Hydrogen is the fuel of the future mainly due to its high conversion efficiency, recyclability and nonpolluting nature. Biological hydrogen production processes are found to be more environment friendly and less energy intensive as compared to thermochemical and electrochemical processes. They are mostly controlled by either photosynthetic or fermentative organisms. Till today, more emphasis has been given on the former processes. Nitrogenase and hydrogenase play very important role. Genetic manipulation of cyanobacteria (hydrogenase negative gene) improves the hydrogen generation. The paper presents a survey of biological hydrogen production processes. The microorganisms and biochemical pathways involved in hydrogen generation processes are presented in some detail. Several developmental works are discussed. Immobilized system is found suitable for the continuous hydrogen production. About 28% of energy can be recovered in the form of hydrogen using sucrose as substrate. Fermentative hydrogen production processes have some edge over the other biological processes. (C) 2000 International Association for Hydrogen Energy. Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved.
C1	Indian Inst Technol, Dept Biotechnol, Kharagpur 721302, W Bengal, India; Univ Miami, Coll Engn, Clean Energy Res Inst, Coral Gables, FL 33124 USA
Rp	Das, D (reprint author), Indian Inst Technol, Dept Biotechnol, Kharagpur 721302, W Bengal, India.
Tc (nb. de citations)	769
Py	2001
Wc	Chemistry, Physical; Electrochemistry; Energy & Fuels

Les 5 publications les plus citées

Ut	WOS:000255755000009
Organisme / Laboratoire	Arizona State Univ ; Colorado Sch Mines ; Natl Renewable Energy Lab
Pays	Etats-Unis
Au	Hu, Q; Sommerfeld, M; Jarvis, E; Ghirardi, M; Posewitz, M; Seibert, M; Darzins, A
Ti	**Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances**
So	PLANT JOURNAL - Volume: 54 - Issue: 4 - Pages: 621-639 DOI: 10.1111/j.1365-313X.2008.03492.x
Dt	Review
De	microalgae; lipids; triacylglycerol; fatty acids; biofuels; Chlamydomonas reinhardtii
Ab	Microalgae represent an exceptionally diverse but highly specialized group of micro-organisms adapted to various ecological habitats. Many microalgae have the ability to produce substantial amounts (e.g. 20-50% dry cell weight) of triacylglycerols (TAG) as a storage lipid under photo-oxidative stress or other adverse environmental conditions. Fatty acids, the building blocks for TAGs and all other cellular lipids, are synthesized in the chloroplast using a single set of enzymes, of which acetyl CoA carboxylase (ACCase) is key in regulating fatty acid synthesis rates. However, the expression of genes involved in fatty acid synthesis is poorly understood in microalgae. Synthesis and sequestration of TAG into cytosolic lipid bodies appear to be a protective mechanism by which algal cells cope with stress conditions, but little is known about regulation of TAG formation at the molecular and cellular level. While the concept of using microalgae as an alternative and renewable source of lipid-rich biomass feedstock for biofuels has been explored over the past few decades, a scalable, commercially viable system has yet to emerge. Today, the production of algal oil is primarily confined to high-value specialty oils with nutritional value, rather than commodity oils for biofuel. This review provides a brief summary of the current knowledge on oleaginous algae and their fatty acid and TAG biosynthesis, algal model systems and genomic approaches to a better understanding of TAG production, and a historical perspective and path forward for microalgae-based biofuel research and commercialization.
C1	[Jarvis, Eric; Ghirardi, Maria; Seibert, Michael; Darzins, Al] Natl Renewable Energy Lab, Golden, CO 80401 USA; [Hu, Qiang; Sommerfeld, Milton] Arizona State Univ, Dept Appl Biol Sci, Mesa, AZ 85212 USA; [Posewitz, Matthew] Colorado Sch Mines, Dept Chem & Geochem, Golden, CO 80401 USA
Rp	Darzins, A (reprint author), Natl Renewable Energy Lab, 1617 Cole Blvd, Golden, CO 80401 USA.
Tc (nb. de citations)	649
Py	2008
Wc	Plant Sciences

Ut	WOS:000239353900046
Organisme / Laboratoire	Univ Guelph ; Marine Biotechnol Inst ; Gwangju Inst Sci & Technol ; Korea Inst Sci & Technol ; Univ So Calif ; Univ Missouri ; Penn State Univ ; Pacific NW Natl Lab ; Univ Wisconsin
Pays	Canada ; Japon ; Coree, Republique de ; Etats-Unis
Au	Gorby, YA; Yanina, S; McLean, JS; Rosso, KM; Moyles, D; Dohnalkova, A; Beveridge, TJ; Chang, IS; Kim, BH; Kim, KS; Culley, DE; Reed, SB; Romine, MF; Saffarini, DA; Hill, EA; Shi, L; Elias, DA; Kennedy, DW; Pinchuk, G; Watanabe, K; Ishii, S; Logan, B; Nealson, KH; Fredrickson, JK
Ti	**Electrically conductive bacterial nanowires produced by Shewanella oneidensis strain MR-1 and other microorganisms**
So	PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA - Volume: 103 - Issue: 30 - Pages: 11358-11363 DOI: 10.1073/pnas.0604517103
Dt	Article
De	biofilms; cytochromes; electron transport; microbial fuel cells
Ab	Shewanella oneidensis MR-1 produced electrically conductive pilus-like appendages called bacterial nanowires in direct response to electron-acceptor limitation. Mutants deficient in genes for c-type decaheme cytochromes MtrC and OmcA, and those that lacked a functional Type 11 secretion pathway displayed nanowires that were poorly conductive. These mutants were also deficient in their ability to reduce hydrous ferric oxide and in their ability to generate current in a microbial fuel cell. Nanowires produced by the oxygenic phototrophic cyanobacterium Synechocystis PCC6803 and the thermophilic, fermentative bacterium Pelotomaculum thermopropionicum reveal that electrically conductive appendages are not exclusive to dissimilatory metal-reducing bacteria and may, in fact, represent a common bacterial strategy for efficient electron transfer and energy distribution.
C1	Pacific NW Natl Lab, Div Biol Sci, Richland, WA 99352 USA; Univ Guelph, Dept Mol & Cell Biol, Guelph, ON N1G 2W1, Canada; Korea Inst Sci & Technol, Water Environm & Remediat Res Ctr, Seoul 136791, South Korea; Gwangju Inst Sci & Technol, Dept Environm Sci & Engn, Kwangju 500712, South Korea; Univ Wisconsin, Dept Biol Sci, Milwaukee, WI 53211 USA; Univ Missouri, Dept Agr Biochem, Columbia, MO 65211 USA; Maryland Biotechnol Inst, Kamaishi, Iwate 0260001, Japan; Penn State Univ, Dept Environm Engn, University Pk, PA 16802 USA; Univ So Calif, Dept Earth Sci, Los Angeles, CA 90089 USA
Rp	Gorby, YA (reprint author), Pacific NW Natl Lab, Div Biol Sci, POB 999,MS P7-50, Richland, WA 99352 USA.
Tc (nb. de citations)	560
Py	2006
Wc	Multidisciplinary Sciences

Les 5 publications les plus citées

Ut	WOS:000236617800001
Organisme / Laboratoire	Ecole Cent Paris ; EA4038 ; Evaflor (Industrie)
Pays	France
Au	Spolaore, P; Joannis-Cassan, C; Duran, E; Isambert, A
Ti	**Commercial applications of microalgae**
So	JOURNAL OF BIOSCIENCE AND BIOENGINEERING - Volume: 101 - Issue: 2 - Pages: 87-96 DOI: 10.1263/jbb.101.87
Dt	Review
De	microalgae; carotenoids; phycobiliproteins; polyunsaturated fatty acids
Ab	The first use of microalgae by humans dates back 2000 years to the Chinese, who used Nostoe to survive during famine. However, microalgal biotechnology only really began to develop in the middle of the last century. Nowadays, there are numerous commercial applications of microalgae. For example, (i) microalgae can be used to enhance the nutritional value of food and animal feed owing to their chemical composition, (ii) they play a crucial role in aquaculture and (iii) they can be incorporated into cosmetics. Moreover, they are cultivated as a source of highly valuable molecules. For example, polyunsaturated fatty acid oils are added to infant formulas and nutritional supplements and pigments are important as natural dyes. Stable isotope biochemicals help in structural determination and metabolic studies. Future research should focus on the improvement of production systems and the genetic modification of strains. Microalgal products would in that way become even more diversified and economically competitive.
C1	Ecole Cent Paris, Lab Genie Procedes & Mat, F-92295 Chatenay Malabry, France; Evaflor, F-75017 Paris, France
Rp	Spolaore, P (reprint author), Ecole Cent Paris, Lab Genie Procedes & Mat, F-92295 Chatenay Malabry, France.
Tc (nb. de citations)	555
Py	2006
Wc	Biotechnology & Applied Microbiology; Food Science & Technology

- Ces 5 publications ont été citées plus de 500 fois au 20 février 2014 dans le Web of Science Core Collection.
- Il s'agit surtout d'articles de synthèse publiés dans les années 2000.
- L'une de ces publications est française. Les auteurs en sont l'Ecole Centrale Paris, le laboratoire EA4038, et l'industriel Evaflor.

Partie A: Panorama brevets et publications

A.3 Comparaison Panorama brevets / Panorama publications

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

The data in this study is provided for information purposes only. Although the objective is to communicate accurate and up to date information, FIST SA cannot guarantee the outcome and any damages that could result. In this context, FIST SA cannot be held responsible in any way for uses made of these information.

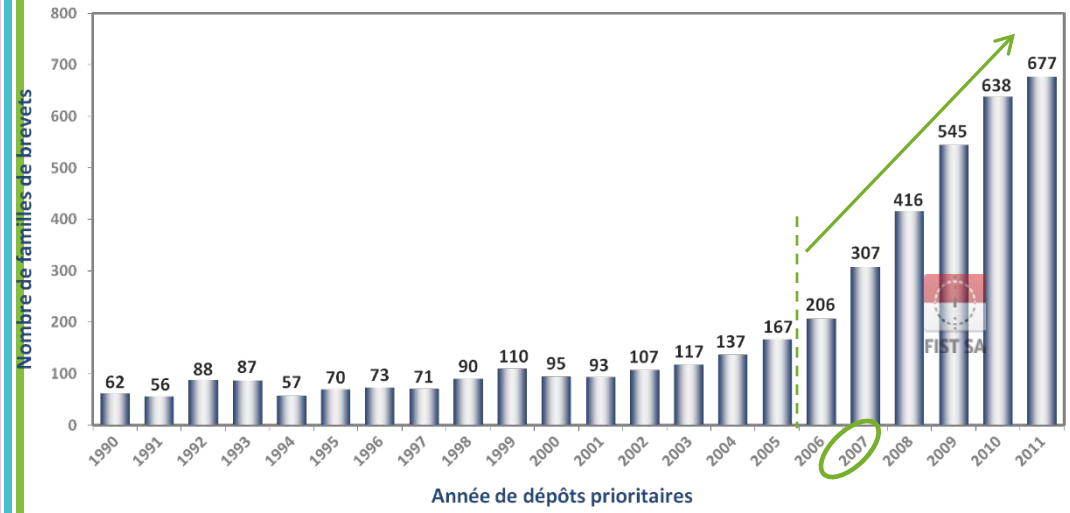
The use or the reproduction of all or part of this document is prohibited without the prior agreement of FIST SA.

For full details on the conditions governing the use of this study, please refer to the general sales terms and conditions in force.

Ces graphiques montrent l'évolution temporelle des dépôts de demandes de brevets/publications scientifiques. L'année de priorité correspond à l'année de dépôt de la première priorité de la famille.

Remarque : les données des années 2012 et 2013 sont incomplètes sur le premier graphique; ceci est dû au délai de publication de brevets de 18 mois.

Evolution temporelle des dépôts/publications scientifiques

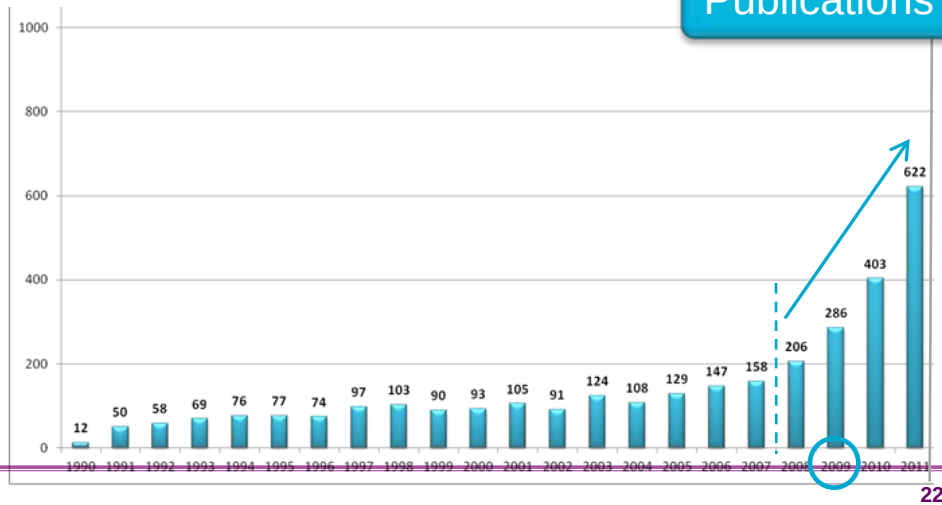


- Pools de documents relatifs à la valorisation de la biomasse algale, publiés entre 1990 et 2011 et étudiés dans les deux panoramas : 4269 brevets et 3178 publications scientifiques
- Le nombre de brevets déposés sur cette thématique entre 1990 et 2011 est plus important que le nombre de publications scientifiques.

Brevets

Publications

- Les dépôts/publications scientifiques pour l'année 2011 sont comparables;
- On note une explosion des dépôts de brevets à partir de l'année 2007 (+101 brevets en un an);
- L'augmentation importante des publications scientifiques n'intervient que deux ans plus tard, en 2009 (+80 publications scientifiques en 1 an).



Ces tableaux mettent en avant les pays dans lesquels ont été déposés/publiés le plus de brevets/publications scientifiques.

La localisation des dépôts prioritaires donne une indication du pays d'origine du déposant et de la dynamique d'innovation dans ces pays.

Localisation géographique des dépôts prioritaires/publications (1990-2014)

Brevets

	1419
	1282
	653
	415
	172
EP	150
	130
	70
	68
PCT	62
	56
	42
	40
	38
	35

Publications

Pays	Total
Etats-Unis	1185
Chine	625
Japon	404
Espagne	355
Allemagne	292
France	260
Royaume-Uni	242
Inde	240
Corée	225
Australie	213
Italie	182
Taiwan	154
Pays-Bas	153
Bresil	149
Canada	133

- les Etats-Unis, la Chine, le Japon et l'Europe sont les 4 régions géographiques dans lesquelles sont déposés/publiés le plus souvent les brevets/publications scientifiques dans cette thématique. Les Etats-Unis sont de loin la première zone de dépôts/publications scientifiques.
- La Corée occupe une place importante (4e) dans les zones géographiques dans lesquelles sont déposés les brevets (dépôts prioritaires). Elle est néanmoins 9e dans le classement des pays de publications scientifiques, après l'Inde.
- L'Espagne se positionne en 4e position dans le classement proposé pour les publications. Par ailleurs, l'Espagne n'est que 11e dans le classement correspondant aux dépôts de brevets
- Dans ce paysage, la France se place en 6e position en ce qui concerne les brevets (deuxième pays européen après l'Allemagne) et en 6e position pour les publications scientifiques (troisième pays européen après l'Allemagne et l'Espagne)

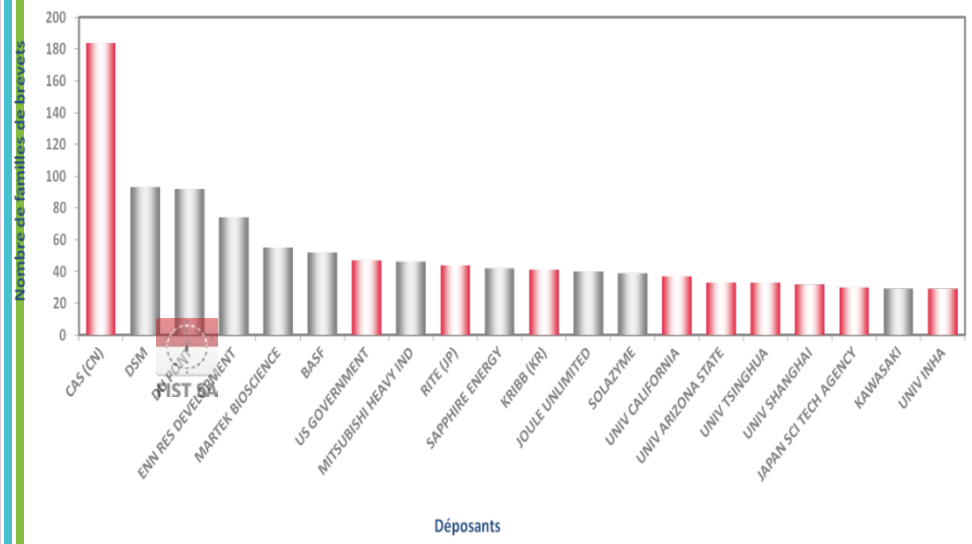
Le graphique à gauche classe les déposants en fonction de la taille de leur portefeuille de familles de brevets. Deux types de déposants peuvent être distingués, les déposants industriels (en gris) et institutionnels (en rouge).

Remarque : Les co-dépôts sont comptabilisés pour chaque co-déposant.

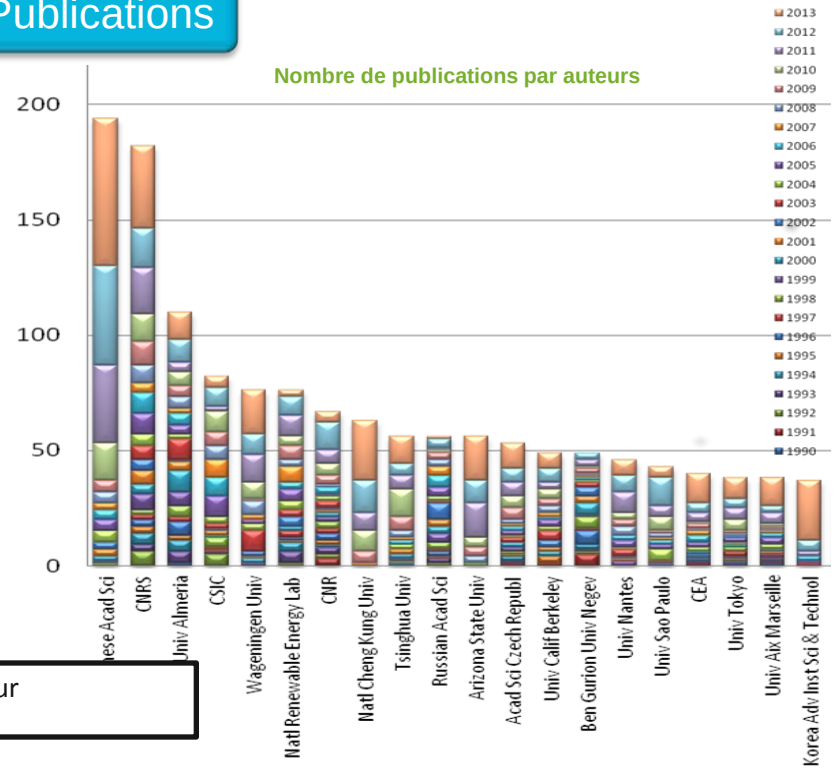
Le graphique à droite classe les auteurs en fonction du nombres d'articles scientifiques qu'ils ont publiés.

Principaux déposants / Principaux auteurs (1990-2014)

Brevets



Publications



- Le CAS est premier déposant et auteur

- Il y a autant d'industriels que d'institutionnels dans le top 20 des déposants sur la thématique
- Les industriels DSM, DuPont, ENN RES Development, Martek Bioscience et BASF sont des acteurs prolifiques dans la thématique en ce qui concerne les dépôts de brevets mais ne font pas partie des principaux auteurs

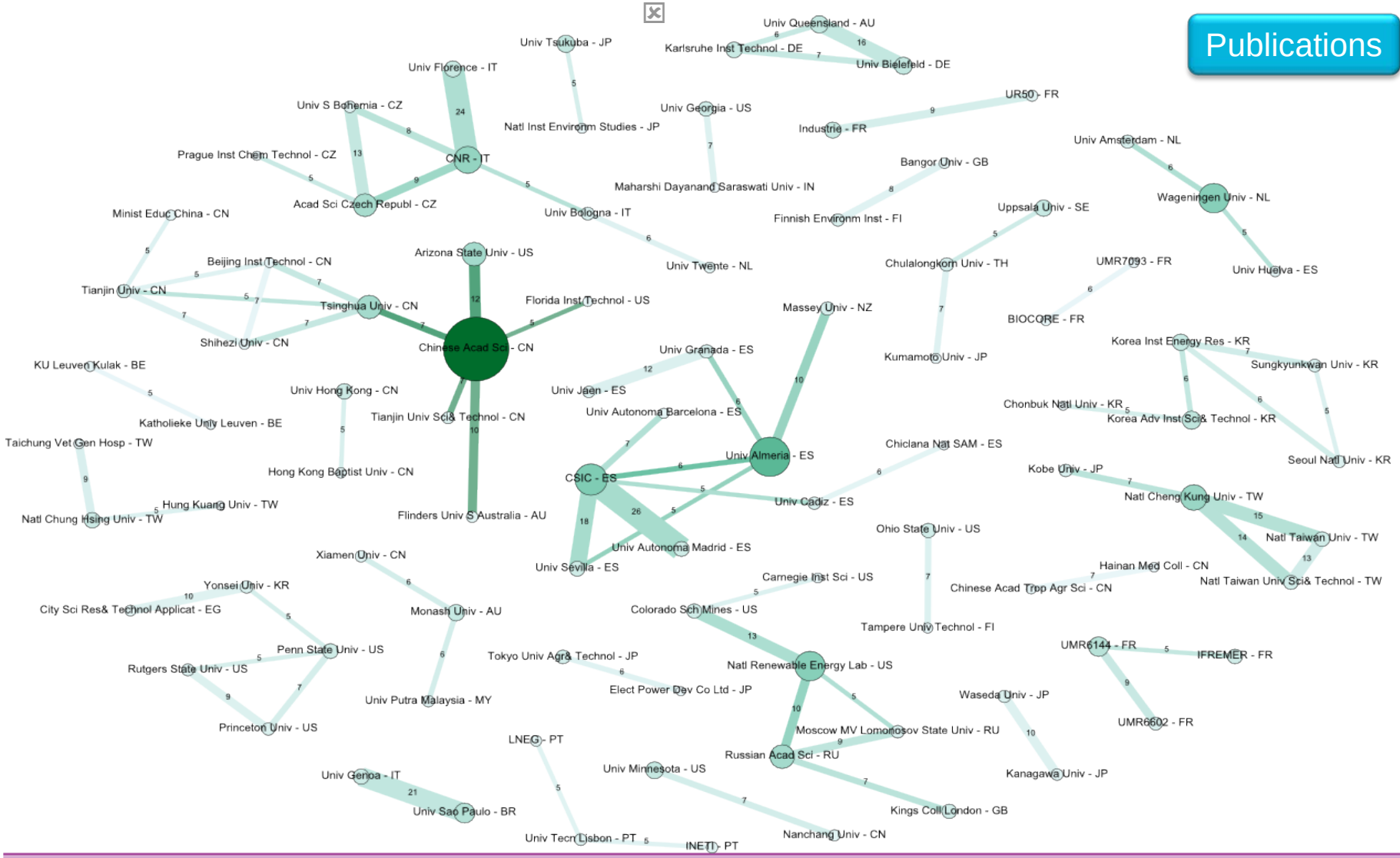
- Le top 20 des auteurs est exclusivement porté par des institutionnels
- La France est bien représentée: CNRS (2e), Université de Nantes (15e), le CEA (17e) et l'Université Aix Marseille (19e)

- Autres acteurs à la fois déposants et auteurs majeurs dans la thématique: les américains Univ California, Univ Arizona State et le chinois Univ Tsinghua

Cette carte met en évidence les collaborations dont sont issues certaines publications scientifiques du pool d'études.
Le nombre indiqué sur le lien entre les auteurs correspond au nombre de publications collaboratives entre ces deux entités.

Collaborations (1990-2014) (1/3)

≥ *5 co-publications*

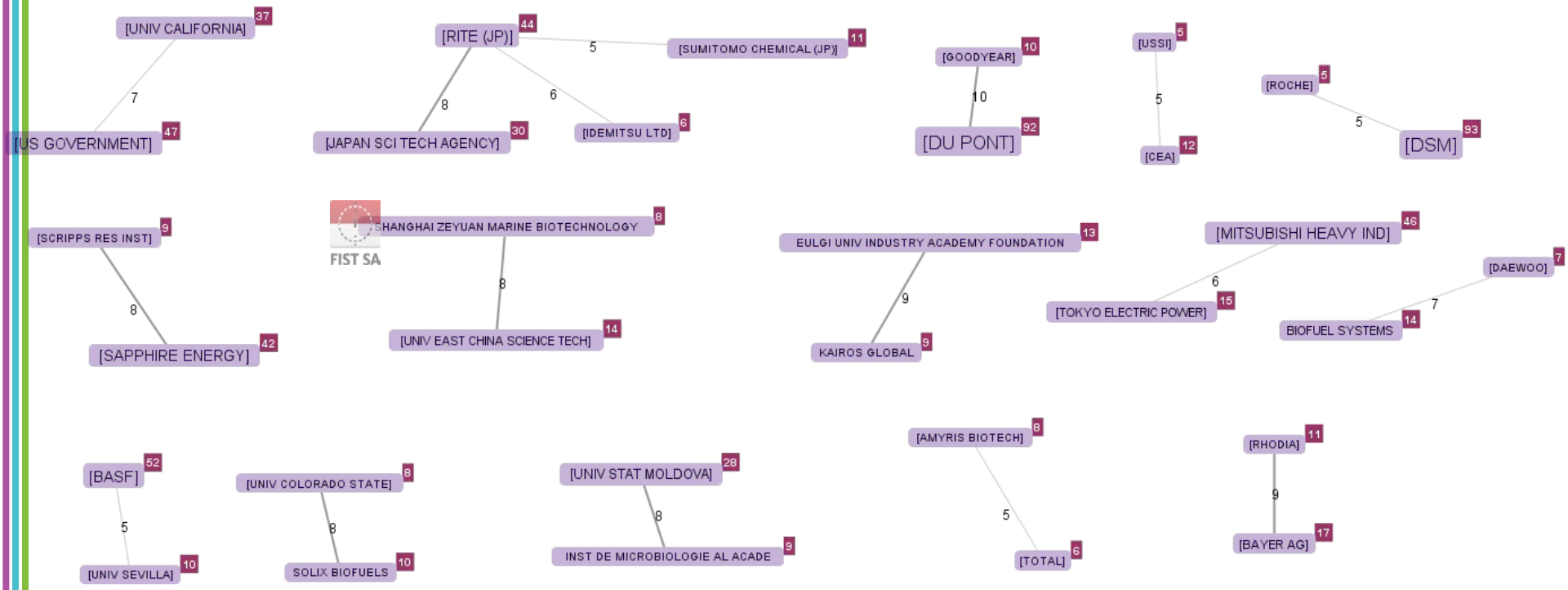


Cette carte met en évidence les co-dépôts entre déposants.
Le nombre indiqué sur le lien entre les étiquettes des déposants correspond au nombre de co-dépôts entre ces deux entités.
Le nombre en haut à droite de l'étiquette du déposant (nombre blanc dans le cadre bordeaux) correspond au nombre total de familles de brevets que compte ce déposant sur la thématique étudiée.

Collaborations (1990-2014) (2/3)

≥ 5 co-dépôts

Brevets



Collaborations (1990-2014) (3/3)

≥ 5 co-publications ou co-dépôts

- Les co-publications (≥ 5) sont plus nombreuses que les co-dépôts;
- Les co-dépôts se font le plus souvent entre deux déposants d'une même nationalité, ce qui n'est pas le cas dans les co-publications.

Publications

- Les collaborations les plus prolifiques en terme de publications scientifiques sont celles qui mettent en jeu le CAS (avec majoritairement des universités chinoises, mais aussi deux universités américaines et une australienne). On note également un réseau de collaborations important, principalement espagnol, autour du CSIC (ES) et de l'université d'Almeria (ES). Une collaboration très prolifique est aussi établie dans cette thématique entre l'université de Sao Paulo (BR) et l'université de Genoa (IT) avec 21 publications communes. Enfin, d'autres réseaux forts sont organisés autour du CNR (IT), du National Cheng Kung University (TW), du National Renewable Energy Lab (US) ou encore de l'université de Bielefeld (DE);
- La quasi-totalité des acteurs impliqués dans la rédaction des publications scientifiques identifiées sont des institutionnels.

Brevets

- Peu de collaborations ont mené à au moins 5 co-dépôts de brevets;
- Les collaborations identifiées à travers les co-dépôts sont principalement issues de projets R&D montés entre deux industriels ou entre institutionnels et industriels. On peut noter par exemple les collaborations SCRIPPS/Sapphire Energy (8 co-dépôts), université de Séville/BASF (5 co-dépôts), Colorado State University/Solix biofuels (8 co-dépôts), Du Pont/Goodyear (10 co-dépôts) ou encore Rhodia/Bayer (9 co-dépôts).

Cette liste met en évidence les familles de brevets et les publications scientifiques les plus citées sur le secteur étudié (au sein de la base de donnée analysée). Une telle liste met en évidence des brevets/publications clés du domaine étudié. Cependant, il doit être rappelé le fait qu'un/une brevet/publication soit cité(e) ne garantit pas sa valeur. Cette liste doit donc être évaluée avec précautions.

Publications scientifiques/ brevets les plus cités

Publications

- **MASSEY UNIV (NZ)** - WOS:000246134500007 **Review biofuel**
- **INDIAN INST TECHNOL; UNIV MIAMI (IN/US)** - WOS:000166366600001 – **Review production H_2**
- **ARIZONA STATE UNIV ; COLORADO SCH MINES ; NATL RENEWABLE ENERGY LAB (US)** - WOS:000255755000009- **Review biofuel**
- **UNIV GUELPH ; MARINE BIOTECHNOL INST ; GWANGJU INST SCI & TECHNOL ; KOREA INST SCI & TECHNOL ; UNIV SO CALIF ; UNIV MISSOURI ; PENN STATE UNIV ; PACIFIC NW NATL LAB ; UNIV WISCONSIN (CA, JP, KR, US)** - WOS:000239353900046 - **fuel cell**
- **ECOLE CENTRALE PARIS ; EVAFLOR (FR)** - WOS:000236617800001 – **Review applications micro algues**

Brevets

- **SOLIX BIOFUELS** (**US**, 87 citations) - EP1928994 - **PBR tubulaire pour production de biodiesel** (*plus en vigueur*)
- **GREENFUEL TECH.** (**US**, 78 citations) – US2005260553 – **PBR plan pour production d'H2** (*plus en vigueur à part au Mexique*)
- **SOLAZYME** (**US**, 66 citations) – WO2008151149 – **Production de carburant ou substances chimiques à partir d'une algue hétérotrophe capable de stocker au moins 10% de lipides** (*en vigueur*)
- **GENIFUEL** (**US**, 65 citations) – US2008160593 – **Production de carburant à partir d'algues en mode photo- puis hétérotrophe par adjonction de sucre** (*en vigueur uniquement aux US, pas d'extension*)
- **UNIV COLORADO STATE; SOLIX BIOFUELS** (**US**, 57 citations) – US2008160591 – **PBR partiellement immergé dans un bassin d'eau pour la production de biocarburant** (*en vigueur*)
- **CEA** (**FR**, 52 citations) – EP0310522 - **PBR constitué de tubes partiellement immergé dans un bassin d'eau** (*plus en vigueur - 1987*)

- La plupart des brevets/publications scientifiques les plus cités proviennent de laboratoires américains;
- La France a un brevet et une publication scientifique dans les 6 brevets/publications les plus cités;
- Cinq de ces 11 références sont issues de projets collaboratifs.

Brevets/publications issus
De la recherche institutionnelle

Conclusions

Publications | Brevets



Nombre de dépôts/publications et évolution temporelle

Taille des pools: brevets (5439 depuis 1962) ● publications scientifiques (5139 depuis 1990)

Explosion des dépôts/publications: brevets en **2007** ● publications en **2009**

Localisation des dépôts/publications scientifiques

Top 3: Etats-Unis (1ère zone et de loin) ● Chine ● Japon

Place de la France: 6e pour les brevets (2e pays européen après l'Allemagne) et les publications scientifiques (3e pays européen après l'Allemagne et l'Espagne)

Acteurs majeurs

Brevets/Publications: CAS (CN, 1er) ● Univ California (US) ● Univ Arizona State (US) ● Univ Tsinghua (CN)

Top 20 déposants - brevets: autant d'industriels (DSM ● DuPont ● ENN RES Development ● BASF) que d'institutionnels (RITE (JP) ● KRIBB (KR) ● Univ. Shanghai (CN))

Top 20 organismes - publications: exclusivement institutionnels. La France est bien représentée : CNRS (2e) ● Univ. de Nantes (15e) ● CEA (17e) ● l'Univ. Aix Marseille (19e)

Collaborations

Co-dépôts: SCRIPPS/Sapphire Energy ● univ. de Séville/BASF ● Colorado State University/Solix biofuels ● Du Pont/Goodyear ● Rhodia/Bayer

Co-publications: CAS/univ. Chinoises, américaines et australienne ● Un réseau de collaborations important, principalement espagnol, autour du CSIC (ES) et de l'université d'Almeria (ES) ● université de Sao Paulo (BR)/université de Genoa (IT)

Biomasse microalgale pour l'énergie

Partie A: Panorama des brevets et publications

Annexe: Informations diverses

Réalisation: FIST SA

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

CONFERENCES

Conférences domaine des algues: Europe

EABA Expo and Conference 2013

- 28-29 May 2013 Florence, Italy http://www.eabaconference.org/

International Algae Congress 2013

- 3-4 December 2013 Germany http://www.algaecongress.com/page/3789

Algae Technology Platform

- 5-7 December 2012 Ghent, Belgium http://www.smartshortcourses.com

Algae Europe 2012

- 17-19 October 2012 Fiera Milano City, Milano, Italy http://www.tradeshowalerts.com/agro-food-products/algae-europe-italy-2012.html
- Algae Europe 2012 will be the very comprehensive show where the visitors can see the participation of the most important industrial biotech companies, services, institutions, associations, universities, laboratories, research centers and investors. Here the permission for meeting face to face will provided. -

6th International Algae Congress 2012

- December 4 & 5 2012 Rotterdam Netherlands http://www.algaecongress.com/page/3789

Conférences domaine des algues: Europe

3rd European Algae Biomass Conference

- 24-25 April 2013 Vienna, Austria http://www.wplgroup.com/aci/conferences/eu-eal3.asp
- 22-23 April 2015, Amsterdam. Industrie algale globale : optimization culture , tendances des marches algaux, challenges de la commercialisation

Algae Europe 2012

7 September 2012 Rome, Italy http://www.eventseye.com/fairs/f-algae-europe-14632-1.html

European Workshop Biotechnology of Microalgae

4 - 5 June 2012 Nuthetal, Germany : http://www.microalgal-biotechnology.com/

Advances is Modern Phycology

23-25 May 2012 Kyev, Ukraine http://www.botany-center.kiev.ua/algae2012_eng.htm

Algae Around the World Symposium, Cambridge,UK

19 March 2015 Algae Around the World Symposium : Algal biotechnology research in the UK (in particular PHYCONET funded through BBSRC) / Algae in Northwest Europe: Results from the EnAlgae - INTERREG-funded program investigating algal bioenergy pathways/) Exploring and exploiting diversity in polar algae

Conférences domaine des algues: Europe

- **ACI's European Algae Biomass**

25-26 April 2012 London, UK http://www.wplgroup.com/aci/conferences/eu-eal2.asp

- **European Workshop Biotechnology of Microalgae**

29-30 November 2011 MCE Congress Centre, Brussels (Belgium) http://www.eaba-association.eu/

- **8th International Algae Congress**

benchmark et échange de bonnes pratiques, présentation de produits et procédés sur toute la chaine de valeur. http://www.algaecongress.com

2014 fusion du 8e IAC (DLG BENELUX) et de l'EABA Global Conference 1-3 Déc. 2014 Florence

Conférences domaine des algues: USA

- **Algal Biomass Summit**

Phoenix, Arizona, 2012

- **3rd International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts**

16-19 June 2013 Toronto, Canada http://www.algalbbb.com/

- **7th Annual Biomass Summit**

30/09 -03/10/2013 Orlando : commercialisation, R&D, finance. Industrie et académiques www.algaebiomasssummit.org. organisé par Algae Biomass Organization

Conférences domaine des algues: Asie

- **5th Algae World Asia**

Date: 8-9 November 2012 Singapore, Asia

Website: http://www.cmtevents.com/aboutevent.aspx?ev=121141

- **International Symposium on Algal Biomass (ISAB) ～ The Benefits of Algae to All Humankind**

September 5-6, 2013 Nomura Conference Plaza Nihonbashi

Website : https://algae-consortium.jp/isab2013/en/program/index.html

- **AOAIS (Asia-Oceania Algae Innovation Summit)**

Conférences domaine des algues: Reste du monde

- **AlgaeWorld MENA**

Date: 25-27 Feb, 2013 – Dubai

Website : http://www.cmtevents.com/aboutevent.aspx?ev=130210&

- **3rd AlgaeWorld Australia**

Date: 26-28 August 2013 Adelaide, AustraliaWebsite: http://www.cmtevents.com/aboutevent.aspx?ev=130835

- **Bioenergy Australia 2014**

Date: 1st Dec, 2014 - 2nd Dec, 2014 Stamford Grand Adelaide, Australia

Email bioenergyconf@theassociationspecialists.com.au

Website http://www.bioenergyaustralia.org/pages/bioenergy-australia-conference.html
Biomass resources and supply : Conventional and advanced liquid biofuels / Algae and other future feedstocks / Pyrolysis and bio-char / Anaerobic digestion and livestock wastes / Energy-from-waste / Heat and power / Overarching aspects of bioenergy, such as policies, finance and investment, life cycle emissions and sustainability.

Conférences domaine biomasse: Europe

- **European Biomass Conference and Exhibition**

23-26 Juin 2014 Hamburg, Germany http://www.conference-biomass.com/

Celle de 2012 18-22 June Milano Convention Center, MiCo, Italy http://www.conference-biomass.com/

- **21st European Biomass Conference and Exhibition**

3-7 June 2013 Copenhagen, Denmark http://www.conference-biomass.com/

- **European Biomass to Power**

9-10 April 2013 London, UK : http://www.wplgroup.com/aci/conferences/eu-ebp3.asp

5th EU Biomass Market Forum

10-12 September 2012 : Amsterdam, The Netherlands

http://www.marcusevansassets.com/HTMLEmail/OG227.pdf?MEC_Title=OG227-5th_Annual_European_Biomass_Market_Forum&MEC_ID=604799355

- **3rd Biomass Trade and Power**

23-24 February 2012 Brussels, Belgium http://www.cmtevents.com/eventschedule.aspx?ev=120208&

- **World Biomass Power Markets**

3-5 February, 2014 Amsterdam, Netherlands http://www.greenpowerconferences.com/EF/?sSubSystem=Prospectus&sEventCode=BP1401NL&sSessionID=t1impvnvdo0ir7a3oafkh3avf5-5457718

Conférences domaine biomasse énergie: Europe

- **Biofuels International Conference 2013**

11-12 September 2013 Antwerp, Belgium http://www.biofuels-news.com/conference/

- **European Biodiesel 2013**

12-13 June 2013 Lisbon, Portugal : http://www.wplgroup.com/aci/conferences/eu-eaf6.asp

- **Algae Biofuels World Summit**

http://www.certh.gr/dat/9E5236B5/file.pdf

- **1st Platts Biofuels Conference 2012**

28-29 June 2012 : Amsterdam http://www.platts.com/ConferenceDetail/2012/pc299/index

- **3rd AEBIOM EU Bioenergy Conference 2012**

25-27 June 2012 Brussels, Belgium http://www.aebiom.org/conference2012/

- **Fuels of the Future 2012**

23-24 January 2012 Berlin, Germany
: http://event.bioenergie.de/index.php?option=com_content&view=article&id=132&Itemid=26

- **Energy from waste 2013**

25-26 September 2013 Jyväskylä, Finland : http://www.bioenergy-noe.com/?_id=149&action=20&eventid=412

Conférences domaine biomasse energie: Europe

- **Bioenergia - Bioenergy Exhibition & Conference 2013**

4-6 September 2013 Germany http://www.algaecongress.com/page/3789

- **World Biofuels Markets (annuel)**

13-15 March 2012 Beurs-World T. Center, otterdam, http://www.worldbiofuelsmarkets.com/

March 2014 Rotterdam

http://www.worldbiofuelsmarkets.com/EF/?sSubSystem=Prospectus&sEventCode=BF1303NL&sSessionID=458fe169b08ad0944a83f314db6ebd40-20641896

- **World Bioenergy 2014**

- 3-5 June 2014 Jönköping, Sweden :http://www.elmia.se/worldbioenergy/

- **World Bio Markets 2015, Amsterdam**

On 2 - 4 March 2015, World Bio Markets 2015

- **New Biofuels 2015 Symposium, Berlin**

2 - 3 March 2015 the "New Biofuels 2015" (BMEL et FNR). state of the art of biofuels that have not yet been launched on the market . Presentation of projects funded by the BMEL

- **Biofuels for Low Carbon Transport and Energy Security –**

14-15 October 2014, Brussels, 6th Stakeholder Plenary Meeting (SMP6)

Conférences domaine biomasse énergie: Asie

- **1st International workshop of biorefinery of lignocellulosic Materials**

9-12 juin , Cordba Espagne

http://iwblcm2015.com/

- **World bio markets (Fuel/Chemicals)**

2—4 March 2015, Hotel Okura, Amsterdam, Netherlands

http://www.worldbiomarkets.com/

Conférences autres domaines: Europe

- **ACI Biochemicals and Bioplastics 2013**

19-20 June 2013 Frankfurt, Germany : http://www.wplgroup.com/aci/conferences/eu-cbc1.asp

- **Bio Europe 2013**

04-06 November 2013 **:** Vienna, Austria :
http://www.ebdgroup.com/bioeurope/index.php
BIO-Europe® is Europe's largest partnering conference serving the global biotechnology industry. The conference annually attracts leading dealmakers from biotech, pharma and finance along with the most exciting emerging companies. Produced with the support of BIO, it is regarded as a “must attend” event for the biotech industry. **more ►**

- **The Renewables Event**

10-11 September 2013 **:** Birmingham, UK http://www.therenewablesevent.com/
The Renewables Event is the only event in the UK focused solely on onsite energy generation for business energy and end users such as major corporations, manufacturers, retailers and the public sector.

Conférences domaine biomasse: USA

- **BIO Pacific Rim Summit on Industrial Biotechnology, San Diego, USA**

Date 16th Jun, 2014 - 8th Aug, 2014

http://s36.a2zinc.net/clients/bio90/pacrim2014/Public/MainHall.aspx

Advanced biofuels, algae, biomass production, biopolymers, bioplastics, dedicated energy crops, marine-bio resources and synthetic biology for the following tracks**:**

Conférences biocarburants hors Eurpope

- **21st ISAF International Symposium on Alcohol Fuels, Gwangju, Korea**

10-14 March 2015 non-profit international organization which gathers together specialists, technologists, executives and technical experts from alcohol, alcohol fuels, methanol, ethers and biofuel industries.

SOURCES EN LIGNE / DOCUMENTS DIVERS

Sources d'informations : magazines, sites…

- http://advancedbiofuelsusa.info/
- http://www.algaeobserver.com/
- http://news.algaeworld.org/
- http://www.allaboutalgae.com./
- http://www.algaebiomass.org/
- http://www.alternative-energy-news.info/
- http://biofuel.org.uk/
- http://www.biofueldaily.com/
- http://www.biofuelstp.eu/
- http://www.bioenergynet.com/
- http://www.biodieselmagazine.com/
- http://cleantechnica.com/
- http://domesticfuel.com/
- http://www.globalbiofuelscenter.com/
- http://www.oilgae.com/
- http://task39.org/newsletters/
- http://www.greenaironline.com/

Sites et rapports gouvernementaux

- http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref_-_Filieres.pdf 2013
- Marches, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2010-2011 – prévisions 2012 novembre 2012 Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par In Numeri

Organisations / Associations

Organisations Internationales domaine énergie

- **ICAO – International Civil Aviation Organization: www.icao.int**
- **IATA – International Air Transport Association:www.iata.org**
- **IEA – International Energy Association :ww.ieabioenergy.com**

Associations autour de la biomasse:

- **http://www.asiabiomass.jp**
- **http://www.algaebiomass.org/**

Associations algales

- **EABA - European Algae Biomass Association** aims to act as a catalyst for fostering synergies among scientists, industrialists and decision makers in order to promote the development of research, technology and industrial capacities in the field of algae.
- **Algal Biomass Association** (US) - promotes the development of viable commercial markets for renewable and sustainable commodities derived from algae.

Biokérosène

CAAFI - Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative	www.caafi.org
European Biofuels Technology Platform	www.biofuelstp.eu
OMEGA Partnership:	www.omega.mmu.ac.uk
Air Transport Action Group:	www.enviro.aero
Spanish initiative for the production and consumption of bio jet fuel	www.bioqueroseno.es
ABRABA – Brasilianische Biokerosinallianz:	www.abraba.com.br
EABA- European Algae Biomass Association:	www.eaba-association.eu
Alfa-Bird – Alternative Fuels and Biofuels for Aircraft Development:	www.alfa-bird.eu-vri.eu
ECATS International Association:	www.ecats-network.eu
SWAFEA – Sustainable Way for Alternative Fuels and Energy for Aviation:	www.swafea.eu
ACARE – Advisory Council for Aeronautics Research in Europe	www.acare4europe.com

Biocarburants

- The future of industrial biorefineries A white paper edited and authored by Sir David King- © 2010 World Economic Forum
- Aymrys – Total Biojet fuel Breakthrough solution for aviation ICAO HQ Montreal 9-10 sept. 2014. F Garcia Amyris Ph Marchand Total New energies
- Status of Advanced Biofuels Demonstration Facilities in 2012 A report to IEA BIOENERGY TASK 39 _ 18 March 2013 Ref: T39-P1b Project manager Dina Bacovsky

Etudes technico-économiques

- Analyse du potentiel des microalgues en France horizon 2030 ENEA http://www.enea-consulting.com/wp-content/uploads/ADEME-ENEA-Consulting-Potentiel-algal-pour-lénergie-et-la-chimie-à-horizon-2030-Synthèse1.pdf
- ANL, NREL, PNNL (June 2012). "Renewable Diesel from Algal Lipids: Integrated Baseline for Cost, Emissions, and Resource Potential from a Harmonized Model." ANL/ESD/12-4; NREL/TP-5100-55431; PNNL-21437
- Quinn Jason, et al. "Current Large-Scale US Biofuel Potential from Microalgae Cultivated in Photobioreactors." BioEnergy Res. 2012; 5(1):49—60.
- Davis, Ryan, et al. "Integrated Evaluation of Cost, Emissions, and Resource Potential for Algal Biofuels at the National Scale." Environmental Science & Technology (2014).
- Process Design and Economics for the Conversion of Algal Biomass to Hydrocarbons: Whole Algae Hydrothermal Liquefaction and Upgrading

This report provides a preliminary analysis of the costs associated with converting whole wet algal biomass into primarily diesel fuel. Hydrothermal liquefaction converts the whole algae into an oil that is then hydrotreated and distilled. The secondary aqueous product containing significant organic material is converted to a medium btu gas via catalytic hydrothermal gasification. http://www.pnnl.gov/publications/abstracts.asp?report=487760

Généralités microalgues /algocarburants

Microalgues

- **PRODUCTS AND PROCESSES OF MICROALGAE – A REVIEW Binta Zakari Bello*1 Fatima Usman Madugu; Global Journal of Engineering Science and Research Management [Bello., 2(3): March, 2015] ISSN: 2349-4506 http: // www.gjesrm.com © Global Journal of Engineering Science and Research Management**

Algocarburants

- **Third generation biofuels from microalgae , Giuliano Dragone, Bruno Fernandes, António A. Vicente, and José A. Teixeira- 1355 1366 Current Res. Techn. And education Topics in App. Mucrobiology and Microbial Biotech. – A Mendez Vilas Ed 2010**
- **National Algal Biofuels Technology Roadmap - A technology roadmap resulting from the National Algal Biofuels Workshop December 9-10, 2008; Ed May 2010**
- **Composition of Algal Oil and Its Potential as Biofuel- P Schlagermann et al - Journal of Combustion Volume 2012, Article ID 285185, 14 pages**
- **http://www.iesf.fr/upload/pdf/microalgues.pdf**

- **Commercial Applications of Microalgae P. SPOLAORE, C. JOANNIS-CASSAN, E. DURAN, A. ISAMBERT. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioenginering, 101: pp. 87-96, 2006.**

Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Réalisation: FIST SA

(Confidentiel)

SOMMAIRE ETUDE STRATEGIQUE

PARTIE A : Panorama brevets et publications
- Introduction de l'étude stratégique
- Synthèse (document séparé)

A.1: Panorama des brevets
A.2: Panorama des publications
A.3: Comparaison panorama brevets/panorama publications

- Annexe Partie A: Informations diverses

……

PARTIE B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.1: Chaîne de valeur
B.2: Focus France
B.3: Programmes et sociétés hors France (voir aussi Partie C.2)
B.4: Résumé des plateformes académiques/ industrielles
B.5: Organisations

……

PARTIE C: Eléments de marché

C.1: Marché des microalgues
C.2: Positionnement du marché des biocarburants de 3ème génération
C.3: Aspects contractuels et financiers

SOMMAIRE PARTIE B

B.1 Chaîne de valeur

B.2 Focus France

B.2.1 Programmes

B.2.2 Laboratoires

B.2.3 Sociétés

B.2.4 Pôles de compétitivité

B.3 Programmes et sociétés hors France (voir aussi Partie C.2.1 Annexes)

B.3.1 Programmes Europe

B.3.2 Sociétés Europe

B.3.3 Programmes USA

B.3.4 Sociétés USA

B.3.5 Programmes et sociétés reste du monde

B.4 Résumé des plateformes académiques/industrielles

B.5 Organisations

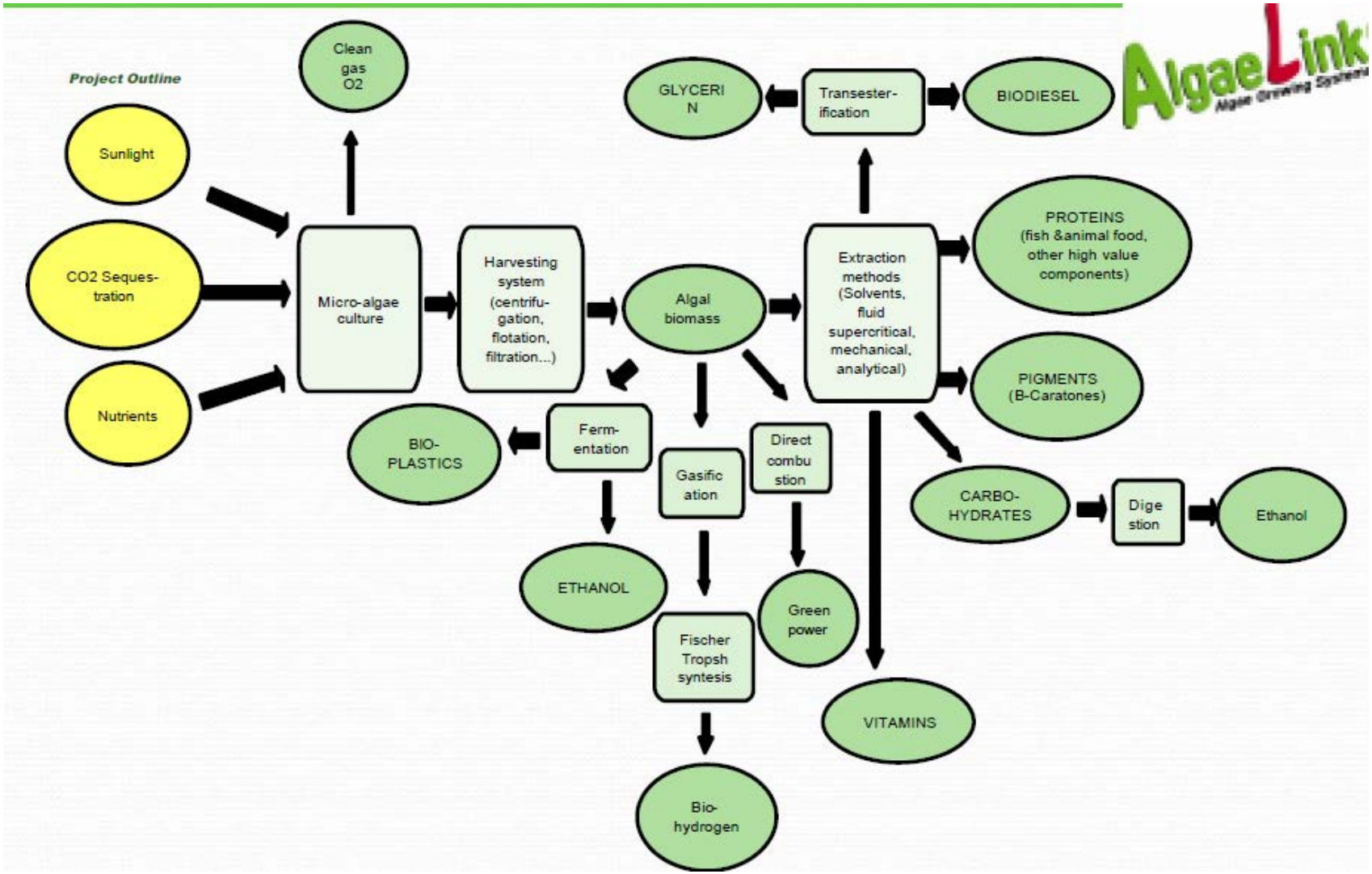
Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

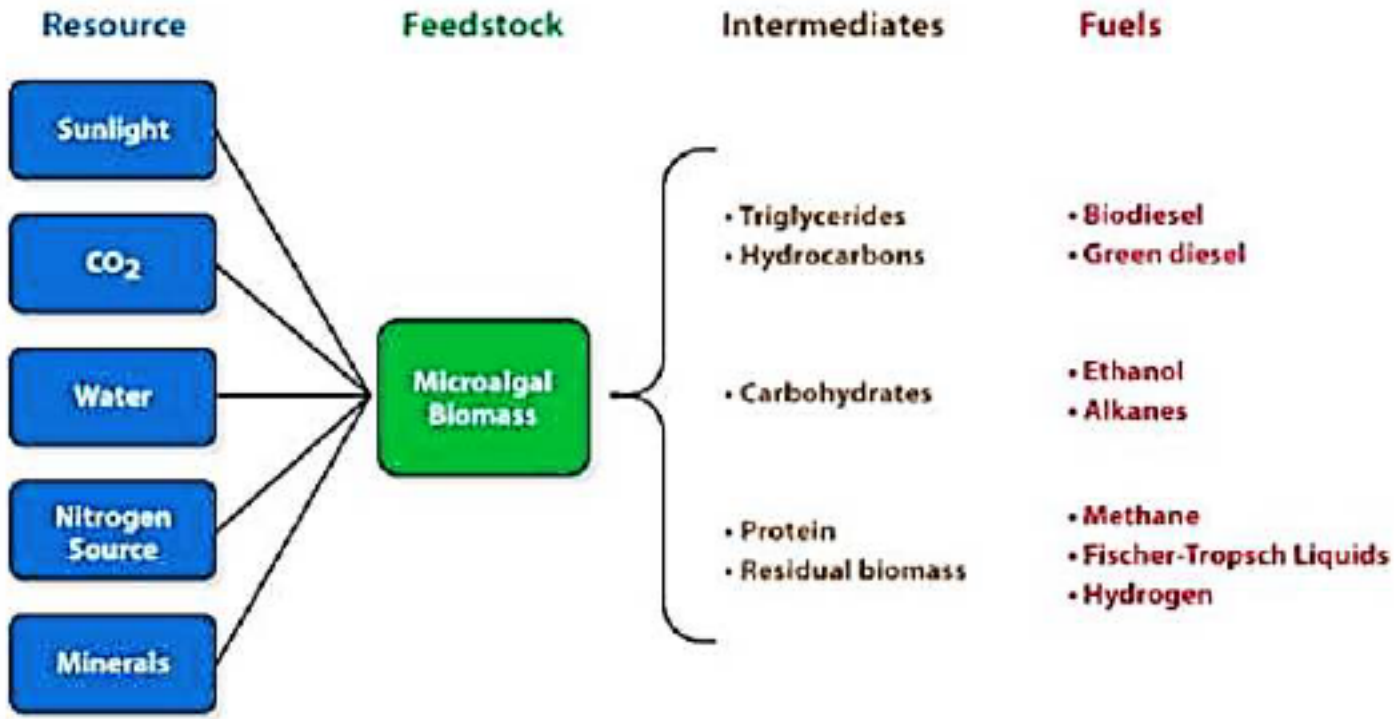
B.1: Chaîne de valeur

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Usages des microalgues



Algue-Energie : différentes voies



Algae Based Transport Fuels - Manfred Woergetter* BioEnergy 2020+; Eco-Mobility 2012 7th A3PS conference

Chaîne de valeur

Matières premières

- Biologie des algues
- Culture
- Récolte

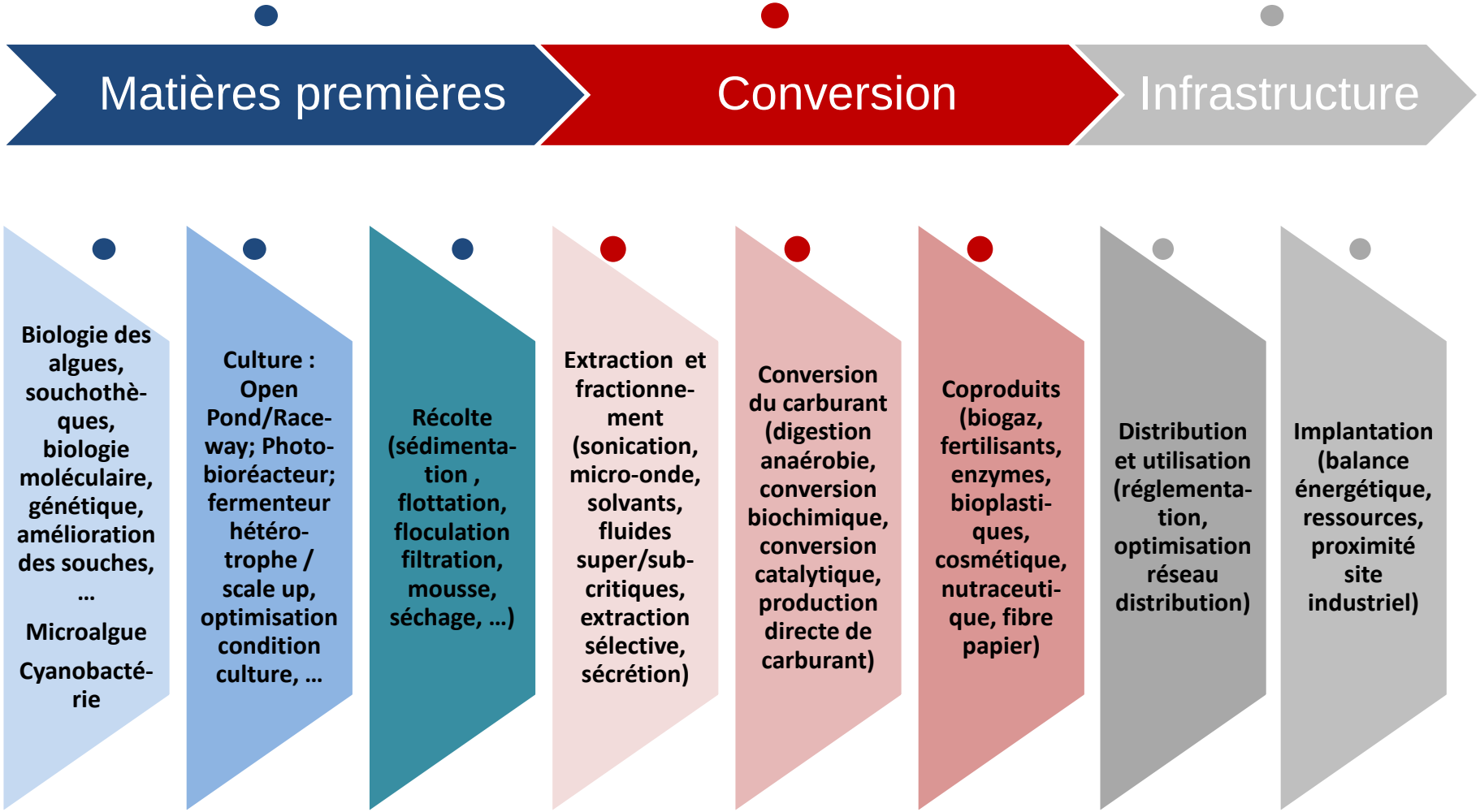
Conversion

- Extraction et fractionnement
- Conversion
- Co-produits

Infrastructure

- Distribution et utilisation
- Implantation

Chaine de valeur détaillée



Choix de la souche

Conditions de culture

- Eau (douce, saline, usée)
- Proximité source CO2/nutriments
- Nature (photoautotrophe : son énergie provident de la photosynthèse et le C de la fixation de CO2 ou hétérotrophe : sans lumière le C exogène est capté
- Vitesse de croissance
- Culture en pond ou PBR (en intérieur /extérieur)
- Zone géographique (T et DeltaT jour-nuit , RH%, éclairement)
- Taux de lipides total et répartition des différents acides gras. Autres molécules utilisables
- Résistance aux agresseurs/capacité de défense
- Survie en conditions de concentration
- Disponibilité des nutriments et de gaz de process
- Facilité de récolte et fragilité aux traitements

Microalgue/cyanobactérie

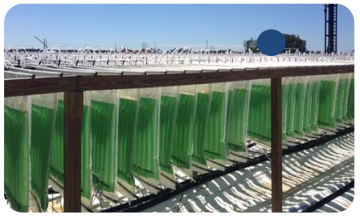
- Spirulina / Crypthecodinium cohnii / Chlorella / Dunaliella salina / Ulkenia sp. / Haematococcus pluvialis / Schizochytrium Aphanizomenon flos-aquae / Euglena / Odontella aurita / Nostoc /Porphyridium cruentum…
- > 40 000 espèces répertoriées !

Culture: les diverses voies



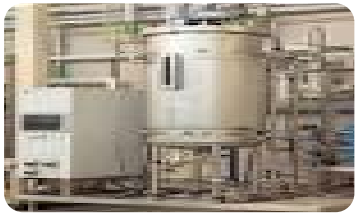
Open bond (OP)

- Infrastructure peu chère et en général pas d'usage de terre agricole
- système plutôt robuste, possibilité d'utiliser des zones de types carrières, lagunes
- Mais ouvert aux attaques/pollutions externes. Impact si déversé à l'extérieur (à priori les algues optimisées survivent mal en milieu naturel. Risque OGM?
- surface importante et plane (pente max 5%)
- Sensible aux variations de T (varier les cultures au fil de l'année est peu envisageable, Bâche (serre) pour tenir la T)
- Sensible à l'évaporation (1 to 3 $m^3 \cdot m^{-2}$ /an et variable selon le lieu)



Photobioréacteur (PBR)

- Place limitée; pas de terre agricole; risque perte souche OGM limité
- Possibilité de source lumineuse artificielle (financement) ;
- Meilleur contrôle de l'injection de CO2 et des conditions d'échange (turbulences, injections des gaz et nutriments)
- Productivité volumique plus grande
- Mais infrastructure/ investissement et opérationnel + cher
- Refroidissement nécessaire (Solix par ex immerge des sacs pour maintenir T)
- Accumulation d'oxygène



Fermenteur (hétérotrophe)

- Moins de risque de contamination et très haute productivité volumique
- Plus d'usage du CO2 (cycle de vie du biofuel moins bénéfique)
- Possibilité de mixer les approches (fermenteur avec flash lumineux)
- Mais moins de souches disponibles

Couplage possible : croissance PBR puis stress en OP pour augmenter rendement lipidique[1]
Concentration algale: 0,5% dans H2O soit beaucoup d'eau !

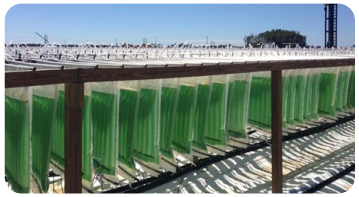
1 La production de biocarburant lipidique avec des microalgues: promesses et défis; J.-P. Cadoret et O.Bernard, journal de la Société de Biologie, 202 (3), 201-211 (2008)

Culture: exemples



Open bond

- Pour traitement d'effluent: Aquaflow Bionomic (NZ)
- Flottant sur l'ocean: Sea Green (UK)
- Raceway: Live Fuels (USA) – Seambiotic (Israel) – Rincon Renewables (USA)
- Fermés : Petrosun (USA) –Green Star Products (USA)



PBR

- Sacs plastiques immergés dans des ponds: Solix (USA)
- Tubes Horizontaux: AlgaeLink (NL)
- Tubes Verticaux ou plaques sous serre: Novagreen (D)
- Vertical annular: BioFuel Systems (Spain)
- Film mince vertical ou horizontal sous serre: GreenFuel Technologies (USA)
- Sacs plastiques verticaux sous serre: Valcent Vertigro (USA)



Fermenteur (hétérotrophe)

- Fermentation de sucres: Solazyme (USA); Nisshin Oil Mills (JP mais nutrition)



Mixtes/modulaires

- Système clos et ouvert avec stress: Petro Algae (USA)
- PBR + OP: Cellana (USA système ALDUO - image présentée); Biopetroleum (USA)
- Projet Shamash (F)
- Fermenteur hétérotrophe avec flash lumineux Fermentalg (F)

Culture: les limites

- **Lumière disponible et auto-ombrage (les algues en surface masquent la lumière);**
- **Quantité et qualité de l'eau: eau salée implique du sel dans le procédé ultérieur; eaux de process ou usées impliquent des usages non alimentaires des coproduits (métaux lourds, pesticides..);**
- **Transformation des nutriments en sucres: il semble que la photosynthèse ou la capture de CO2 ne soient pas des facteurs limitants;**
- **Température: chaque algue possède une fenêtre de T optimale ce qui implique une zone géographique et/ou des systèmes de contrôle/correction du milieu;**
- **Vitesse de capture du CO2 : diffusion CO2 dans le milieu – bullage et injection;**
- **Accès aux nutriments : N2, P, S, ..selon des fenêtres de teneurs spécifiques à chaque algue. Il existe aussi un optimum entre productivité de biomasse et production de corps gras;**
- **Photoinhibition: même en dessous de l'optimum;**
- **stabilité de la souche :**
  Un risque contrôlé : l'attaque des cultures par des organismes extérieurs (bactéries, virus..) qui tuent ou modifient l'algue (réaction). OGM pas plus sécurisé. Perte économique (arrêt, nettoyage de l'installation, réensemencement,…). Mais la culture à grande échelle impliquera une contamination: installer une contamination positive par des microorganismes choisis qui préviennent l'implantation des microorganismes indésirables/dangereux.

- **3 paramètres pour comparer :**
  - **Vitesse de croissance de la biomasse**
  - **Teneur en huile des microalgues**
  - **Densité maximale de cellules (quantité d'eau à éliminer)**

Culture: des solutions

- **Lumière artificielle amenée au cœur du PBR ou mélange et rapport Surface/volume élevé tant en OP que PBR;**

- **Injection de CO2 et nutriments;**

- **Divers systèmes de contrôle de T dans les PBR (radiateurs, matériaux à changement de phase...) croissance en sacs déposés sur un lac ou la mer qui fait tampon thermique;**

- **Sous certaines conditions de stress (manque de S ou O2), les microalgues peuvent produire de l'hydrogène; dans d'autres conditions (stress N2), la production lipidique peut atteindre 75% pour la *Botryococcus braunii.***

  Attention le stress ralentit la croissance

- **Recherche de mutations génétiques (France, par ex.: laboratoire de bioénergétique et biotechnologie des bactéries et microalgues du CEA) mais certains considèrent (Dr Leu, U Nen Gourhion)) que ces OGM ne seront pas plus productifs, seulement plus résistants aux attaques;**

- **Reconnaissance de la France sur les modifications non génétiques; expérience via Tara des bloom algaux, connaissance de la biodiversité;**

→ Chercher plutôt des algues vivant à nos T, modifiées par des techniques éprouvées et dont la culture dérivera moins (valider la stabilité des souches sur le long terme)

→ Contrôler l'apparition de microorganismes concurrents/dangereux en en implantant des compatibles et contrôlables

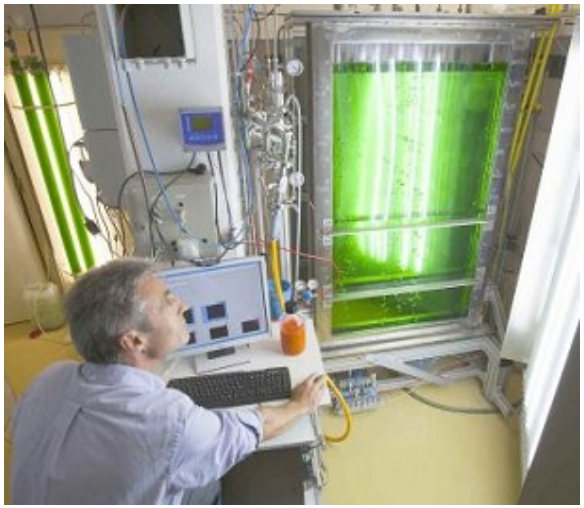
Culture: particularités des PBR

- **Nombreuses variantes de PBR plus ou moins adaptées à la production de grande quantité;**

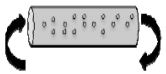
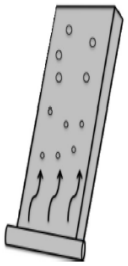
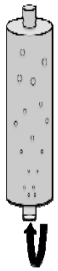
- **PBR = système complexe comprenant:**
  - ✓ **Système optique et de transmission de lumière**
  - ✓ **Système de gestion des entrées/sorties de gaz et échanges de gaz en interne: O2, CO2**
  - ✓ **Moyens de mélange et recirculation: filtration du «recirculat»**
  - ✓ **Alimentation en nutriments: pompe CO2**
  - ✓ **Instrumentation: capteurs T, CO2, O2, pH, éclairement**
  - ✓ **Système électrique et de contrôle**



Euglena GEPEA



Les divers PBR

Culture Systems	Advantages	Limitations
Tubular PBR 	Relatively cheap Large illumination surface area Suitable for outdoor cultures Good biomass productivities	Gradients of pH, dissolved oxygen and CO_2 along the tubes Fouling Some degree of wall growth Requires large land space Photoinhibition
Flat PBR 	Relatively cheap Easy to clean up Large illumination surface area Suitable for outdoor cultures Low power consumption Good biomass productivities Good light path Readily tempered Low oxygen build-up Shortest oxygen path	Difficult scale-up Difficult temperature control Some degree of wall growth Hydrodynamic stress to some algal strains Low photosynthetic efficiency
Column PBR 	Low energy consumption Readily tempered High mass transfer Good mixing Best exposure to light-dark cycles Low shear stress Easy to sterilize Reduced photoinhibition Reduced photo-oxidation High photosynthetic efficiency	Small illumination surface area Sophisticated construction materials Shear stress to algal cultures Decrease of illumination surface area upon scale-up Expensive compared to open ponds Support costs Modest scalability

- **Avantages et inconvénients des diverses familles de PBR selon:**

  - ***Third generation biofuels from microalgae , Giuliano Dragone, Bruno Fernandes, António A. Vicente, and José A. Teixeira- 1355 1366 Current Res. Techn. And educaiton Topics in App. Mucrobiology and Microbial Biotech. – A Mendez Vilas Ed 2010***

- **Ne sont pas représentés ici les versions « sacs plastiques » posés sur l'eau ou immergés**

Conclusions

- **Avis partagés sur les cultures en PBR ou Open Bond: l'optimum dépend de la souche, de l'application, de la zone géographique, de la disponibilité des intrants, de l'échelle de l'installation…**
- **Sans doute une polyculture: installer des organismes qui se développent en harmonie avec l'algue désirée et empêchent l'installation de prédateurs. Certains imaginent une rotation annuelle pour tenir compte de la saison;**
- **Selon le Dr. Lemmens (VITO, BE), en oct 2010 (réunion Aquafuel à Bruxelles): comparaison OP /PBR produisant 50 kt de matière sèche/an sous forme d'une pâte à 20% de solide. Il conclut que malgré une plus haute productivité (facteur 10), les PBR n'offrent pas de bénéfice de durabilité.**

Paramètre	Open pond	PBR
Surface de production (ha)	1250 – 2500	625 -1000
Concentration en biomasse (g/L)	0,5	5,0
Récolte (m^3/a)	100 000 000	10 000 000
paste (m^3/a)	250 000	250 000
Besoin en eau (m^3/a) soit (m^3/h)	99 750 000 soit 11 400	9 750 000 soit 1 100

Le choix définitif OP/PBR ne semble pas tranché mais plutôt lié au contexte local

Méthodes de recolte

- **Le problème de la récolte est la faible densité d'algue dans l'eau; longtemps LE problème majeur de la filière;**
- **Il n'existe pas de méthode universelle.**

- **Selon [1] il n'existe pas de méthode bas coût pour le moment;**
- **La récolte peut représenter 20 - 30% des coûts de la biomasse[2,3] ; souvent en deux temps:**
  - **séparation de la biomasse et de l'eau (concentration de 100 à 800) pour atteindre 2 - 7% de solide par sédimentation, floculation, centrifugation, filtration, ultrafiltration, (air ou auto) flottation …**
  - **Épaississement: centrifugation filtration, agrégation par ultra sons…**

- **Paramètres à prendre en compte: la fragilité et la taille de l'algue, la consommation énergétique, la rapidité de traitement, la densité et qualité du filtrat réutilisable en l'état ou pas (résidus de cellules, développement de pathogènes...), la possibilité de stériliser l'équipement.**

- **La floculation permet d'augmenter la taille des particules solides avant sédimentation, centrifugation ou filtration mais suppose l'ajout de matières non réinjectables en culture**

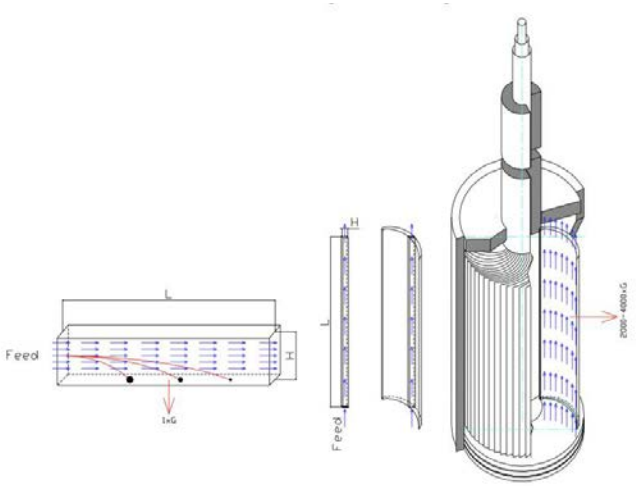
1 Current Status and Potential for Algal Biofuels Production: A Report to IEA Bioenergy Task 39; Dina Bacovsky, BIOENERGY 2020+ on behalf of IEA Bioenergy Task 39 - AQUAFUELS Roundtable 22 Oct 2010, Brussels
2 Third generation biofuels from microalgae, Giuliano Dragone, Bruno Fernandes, António A. Vicente, and José A. Teixeira – 1355-1366 Current Res. Techn. and educaiton Topics in App. Mucrobiology and Microbial Biotech. – A Mendez Vilas Ed 2010
3 Microalgae for biodisel production and othe applicaitons : a review; T.M Tmata et al- Ren. and Sust. Energy Review 14(2010)

Méthodes de récolte

- **Le contenu d'un PBR ou d'un OP est essentiellement de l'eau;**
- **Diverses méthodes de récoltes possibles et combinables:**
  - ✓ **Floculation : peut servir de préalable pour agréger les particules en vue d'un traitement ultérieur. L'ajout de floculant i(FeCl3 ou $Fe_2(SO_4)_3$ ou $Al_2(SO_4)_3$), inhibe la charge négative naturelle des algues. Le floculant restant dans le filtrat on en peut le réinjecter dans le milieu;**
  - ✓ **Flottation : certaines algues flottent naturellement mais cette technique reste peu usitée;**
  - ✓ **Centrifugation: méthode rapide mais potentiellement agressive et consommatrice d'énergie (à priori trop consommatrice pour obtenir un bilan énergétique favorable). Usage pour aquaculture par exemple;**
  - ✓ **Filtration: semble la plus compétitive. De nombreux filtres existent sur le marché (forme, matériau, taille de pores, sous vide). Suppose de pomper (énergie). Risque de colmatage du filtre.**

De nouvelles techniques

- **Le NAABB développe des systèmes innovants:**
  - **de récolte via l'acoustique, l'électro- ou chimico-flocculation et de nouveaux concepts de membranes ainsi que**
  - **d'extraction des lipides par méthodes acoustiques, nanomatériaux mésoporeux et solvants amphiphiles.**
- **En 2013, l'équipe du projet européen Algaemax (dirigé par le NPL avec ESP, NL et T) a mis au point un procédé ultrasonore de concentration du milieu, l'Algaemax Flowcell, qui permet d'atteindre jusqu'a 5% avant transfert vers l'étape de séparation selon les techniques habituelles. La difficulté est de maintenir les bonnes conditions ultrasonores (alors que le milieu se modifie) sans altérer les algues. Le consortium revendique 50% d'économie d'énergie. NPL a testé le prototype en laboratoire;**
- **EVODOS en collaboration avec Pall Corp a mis au point une technique par centrifugation (voir figure): dans un premier temps on filtre la solution (0,5 à 4% de mat. Sèche) puis l'équipement d'Evodos permet d'atteindre 95% mat. sèche sans abimer les algues. Cout de récolte 0,9€/kg.**



1 http://www.paneuropeannetworks.com/environment/ultrasound-to-aid-in-microalgae-harvesting/

Conclusions

- **L'usage influe sur le mode de récolte: risque d'abimer la cellule par exemple;**
- **Il n'existe pas une méthode applicable à toutes les algues, rapide, bon marché et efficace;**
- **La centrifugation est à priori écartée car trop consommatrice d'énergie;**
- **On manipule essentiellement de l'eau;**
- **Question ouverte : transposition de technologies issues d'autres métiers tels que agroalimentaire?**

	Viable algae	Suspended solids	Pathogens	Inhibitory substances
Sedimentation	-	-	-	-
Flotation	-	-	-	-
Flocculation	-	-	-	-
Centrifugation	+/-	-	-	-
Membrane filtration	+	+	+/-	-

Tableau du Dr. Lemmens (VITO, BE) présenté en oct 2010 (réunion Aquafuel Bruxelles)

Extraction des lipides

- **Etape à optimiser;**
- **Diverses méthodes:**
  - **Extraction classique par solvant en T (hexane ou hexane/éthanol[1]): efficacité jusqu'à 98% d'acides gras mais non compétitif et souci environnemental. Peut extraire d'autres composants comme les sucres, sels, pigments non désirés dans les lipides;**
  - **Extraction enzymatique;**
  - **Extraction par solvant basse température [2];**
- **Pour éviter de sécher au préalable, plusieurs voies ont été testées:**
  - **Ultra sons [3], (peut être utilisé pendant l'extraction et la conversion);**
  - **Distillation et extraction simultanée [4];**
  - **Micro onde [5];**
  - **voie hydrothermale (nombreuses références ces dernières années pour l'extraction et la conversion). Notons ici que la France dispose de 2 centres connus sur ces technologies au CEA et au CNRS, ce dernier ayant donné lieu à la création d'une entreprise (Innoveox). La Corée dispose d'une grande expérience industrielle autour de ces procédés en général (pas spécifiquement biocarburants)**

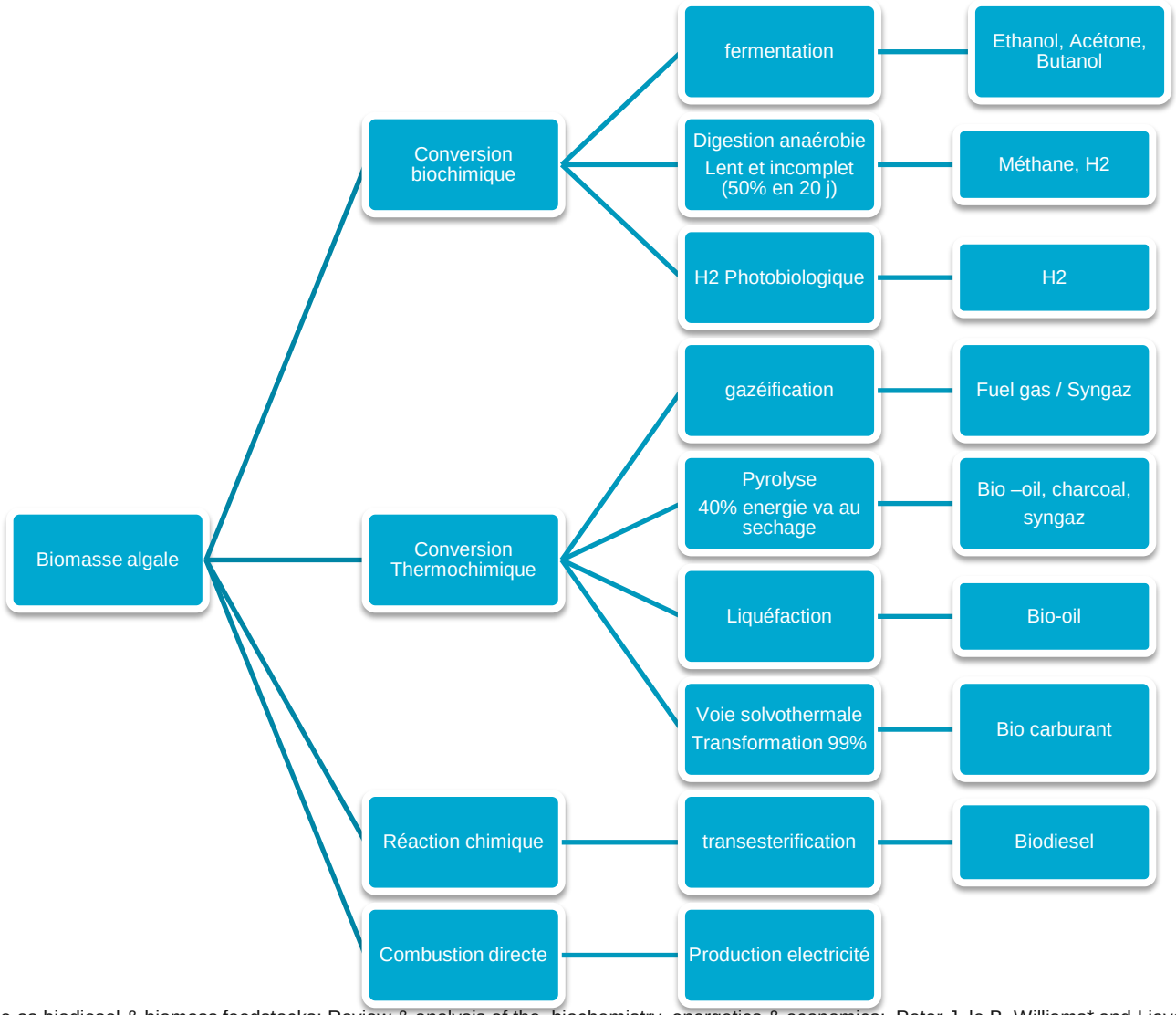
1 http://www.microbialcellfactories.com/content/pdf/1475-2859-13-14.pdf
2 A Novel Lipid Extraction Method from Wet Microalga *Picochlorum* sp. at Room Temperature - Fangfang Yang - *Mar. Drugs* 2014, *12*, 1258-1270; doi:10.3390/md12031258 *marine drugs* ISSN 1660-3397 www.mdpi.com/journal/marinedrugs
3. "Solvent-Free" ultrasound assisted extraction of lipids from fresh microalgae cells: A green, clean and scalable process. Adam, F.; el al *Bioresour. Technol.* 2012, *114*, 457–465.
4.New procedure for extraction of algal lipids from wet biomass: A green clean and scalable process. Tanzi, C.D.; et al.; Chemat, F *Bioresour. Technol.* 2013, *134*, 271–275.
5. Using wet microalgae for direct biodiesel production via microwave irradiation. Cheng, J.; et al *Bioresour. Technol.* 2013, *131*, 531–535.

Diverses voies de transformation pour divers produits

- Conversion en bioethanol (e.g. Algenol);
- Extraction des huiles (e.g. SGI, Solix Biofuels, Sapphire Energy, Algasol);
- Production des huiles issues de biomasse via fermentation (e.g. Solazyme);
- Oil plus éthanol (e.g. Green Star);
- Conversion des algues par pyrolyse en « crude oil »(BioFuel Systems SL);
- "Green crude" (e.g. Sapphire Energy, Muradel)
- Bioraffinerie et autres produits (Petro Algae, HR Biopetroleum);
- Voie solvothermale (Algae Systems LLC);
- Lyse par fluide ionique (Streamline Automation);

Final Product	Processes
Biodiesel	Oil extraction and transesterification
Ethanol	Fermentation
Methane	Anaerobic digestion of biomass; Methanation of syngas produced from biomass
Hydrogen	Triggering biochemical processes in algae; Gasification / pyrolysis of biomass and processing of resulting syngas.
Heat & Electricity	Direct combustion of algal biomass; Gasification of biomass
Other Hydrocarbon Fuels	Gasification/pyrolysis of biomass and processing of resulting syngas

L'energie issue des algues : diverses voies



Review, Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics; Peter J. le B. Williams* and Lieve M. L. Laurens, Energy Environ. Sci., 2010, 3, 554–590 This journal is ª The Royal Society of Chemistry 2010
http://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/11/f19/oyler_biomass_2014.pdf
JOANNEUM RESEARCH **Algae for energy** Identification of the most promising algal-based pathways in Austria Maria Hingsamer Wieselburg, 31. 03. 2011

infrastructure

- **Implanter une unité de production nécessite d'étudier:**
  - **La disponibilité des terres et le relief;**
  - **L'ensoleillement annuel et sa variation;**
  - **la disponibilité locale de l'eau, des nutriments et du CO2;**
  - **la logistique nécessaire aux approvisionnement et à la distribution des divers produits issus du traitement;**

⇒Analyse de cycle de vie (production finale de CO2, consommation globale d'énergie)

- **Pas de contre-indication à l'insertion des huiles algales dans les raffineries existantes;**
- **Les essais déjà réalisés (automobile, avions ou navires) montrent que les moteurs n'ont pas besoin d'être modifiés non plus (aux taux actuels de mélange);**

- **Evaluation des emplois crées car non délocalisables;**
- **Evaluation de la souveraineté énergétique du pays;**

Le changement d'échelle

- **Le changement d'échelle reste un défi et nécessite des efforts R&D soutenus et plus soutenus que pour d'autres biocarburants (Dernier AO du DOE: amélioration des rendements et protection des souches);**
- **La production de biomasse algale implique un minimum de transformation sur place (culture, récolte, séchage, extraction) car le coût de transport est incompatible<> raffineries 1G et 2G**
- **Le changement d'échelle doit donc se faire via des plateformes intégrées (plusieurs maillons de la chaîne de valeur) et faire intervenir de nombreux acteurs pour étudier dès le départ:**
  - Les chaînes logistiques (approvisionnement et distribution)
  - L'analyse du cycle de vie: les quantités d'énergie nécessaires pour produire le litre de carburant peuvent varier fortement. Dans[1], des exemples sont rassemblés qui illustrent l'impact du choix de l'algue, du mode de culture et de récolte; les chiffres vont de 23 a 255 GJ nécessaires /t biodiesel produit !
- **La production d'autres produits à Haute Valeur Ajoutée semble faire l'unanimité et impliquera une discussion avec les utilisateurs hors carburant (et producteurs existants sur ces marchés):**
  - Quantité d'algues pour carburants >> pour autres produits: devenir de ces produits? Risque de saturation des marchés existants et perte de valeur? Des critères à intégrer dans les modèles dès la conception des plateformes de changement d'échelle;
  - Les souches « carburant » ne sont pas forcément les mêmes que pour les autres produit**s.**
- **Des plateformes visent à établir ces chiffres de changement d'échelle un peu partout;**
- **Des laboratoires (NREL, Wageningen) ont établi des méthodes de calcul et des scénarii mais toutes les équipes n'utilisent pas les mêmes hypothèses ni les mêmes méthodes d'extrapolation. L'ABO a rédigé un guide de bonnes pratiques .**

1 Tableau p127 Scénarios studies for algae production thèse de Petronella Slegers (Wageningen)

Conclusions

- **Développements nécessaires sur chaque maillon de la chaine;**

- **Imbrication des maillons (par ex. le changement de souche influe sur la méthode de récolte et les produits possibles) qui rend impossible la définition d'un procédé universel;**

- **Développement de technologies réduisant les coûts applicables à plusieurs types de Mat. 1ère / procédés (l'huile microalgale peut être traitée dans une raffinerie de biomasse existante) pour éviter une monodépendance et l'impact environnemental. Egalement des technologies permettant l'usage des déchets municipaux ou eau usées. Des démonstrations de traitement d'eaux usées ou de gaz de centrales thermiques existent (voir ex Kentucky dans § exemples de plateformes); la difficulté est de trouver l'équilibre économique.**

- **On considère que la surface du Portugal consommerait 1,3 Md t de CO2 (production actuelle 3,9 Mds) et suffirait aux besoins routiers européens mais on génèrerait ainsi 0,3 Mds t de protéines = 40x les importations EU de protéines de soja**

=> qu'en faire? Penser l'usage des produits pendant le changement d'échelle pour organiser les flux d'approvisionnement et distribution

- **Analyse de cycle de vie indispensable: Investissements; impacts terre et eau; recyclage de l'eau et des nutriments N, P, K inutiles dans les carburants, élimination du sel si culture en eau salée, consommation énergétique globale «du bassin à la roue /à l'avion», valorisation des autres produits;**
- **Analyse de l'apport d'emplois locaux directs et indirects et de la souveraineté énergétique du pays.**

Verrous sur la chaîne de valeur

Souche à croissance rapide et productive en lipides; densité max d'algues (<3g/l) résistance aux agressions telles bactéries, virus ; T optimale variable; OGMs ou sélection	OP ou PBR pas fixé; varie selon l'algue, le lieu et accès aux intrants locaux	Pas de méthode universelle: récolte en continu; selon usage risque d'abimer les algues; sans doute usage de plusieurs méthodes en série; passer à 10-20 puis 100-200g/L centrifuga-tion trop énergivore …)	Pas de méthode universelle; traitement matière humide; rendement et coûts imposent le choix; voie solvotherma-le permet biomasse mouillée	Choix sucre ou huile au départ: plusieurs voies possibles; rendement de conversion	Nature des coproduits et prix variables selon algue; Penser intégration des coproduits dans filière dès le départ Nature des intrants à vérifier	Huile compatible installations 2G existantes Aides , taxes non pérennes; critères de durabilité des biofuels	Concurren terres littorales avec le tourisme; % acceptable dans un carburant; calcul ratio énergie fournie/dé-pensée Pas de souci majeur sur l'adaptation du réseau de distributi
Laboratoire acad/ indus.	Laboratoire équipe-mentiers (IGV, Schott…)	Laboratoire équipemen-tiers (Evodos…) exploitant	Laboratoire équipemen--tiers Exploitant (Solazyme, Joules, …)	Laboratoires équipemen-tiers Exploitant Producteur /Distributeur carburants ((Total, BP, Carfuel..))	Labo. équip. Exploitant Transforma teurs des coproduits (Pharma, polymères, alim…)	Exploitant Pouvoirs publics Producteur /Distribu-teur carburants	Producteur /Distribu-teur carburants (Total, BP, Carfuel..)

Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.2: Focus France

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

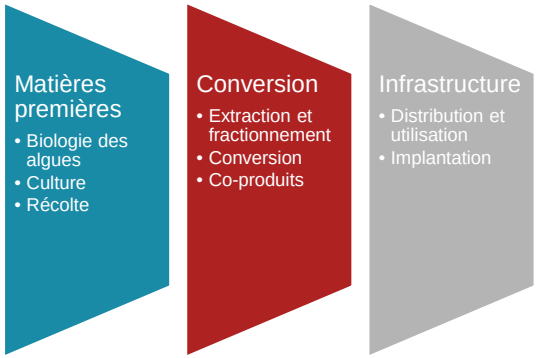
B.2 Focus France

B.2.1 Programmes

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Projets financés / segmentation

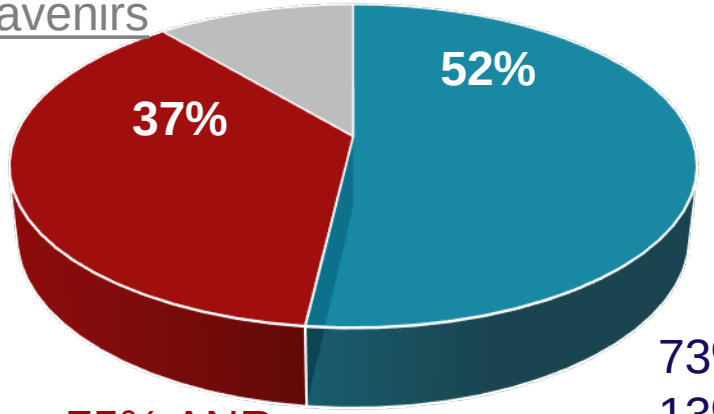
Un même projet peut adresser plusieurs sections de la chaine de valeur.



Les montants considérés sont les montants financés par les organismes.
Pour l'Europe cela concerne les projets avec et sans acteur FR

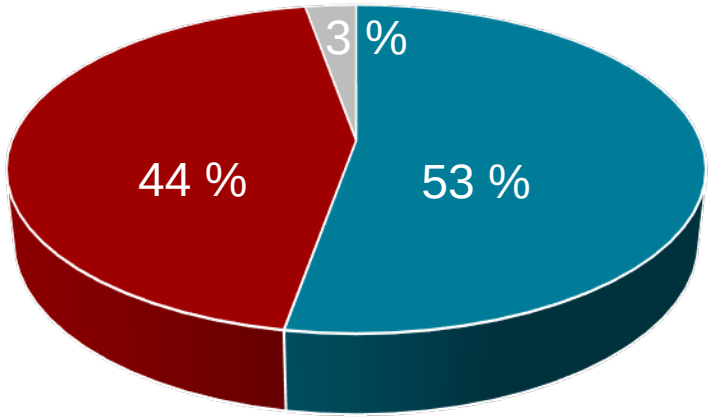
France

100% Investissements d'avenirs



75% ANR
12,5% FUI
12,5% OSEO

Europe



73% ANR
13% OSEO
7% FUI
7% investissements d'avenirs

Financements

Financeurs

FUI

ANR

BPI (OSEO)

Investisse-ments d'avenir

Enveloppe globale

France

2006-2020 : 77 M€ (27 projets)

ANR, **23** projets, **18 M€**
BPI, **2** projets, **42 M€**
FUI, **1** projet, **7 M€**.
Investissements d'Avenir, **1** projet IDEALG, **10 M€**.

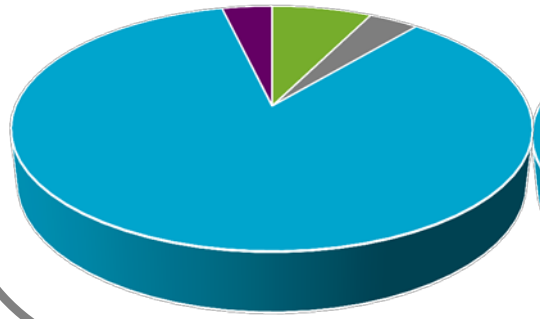
Europe

2005-2018 : total 80 M€

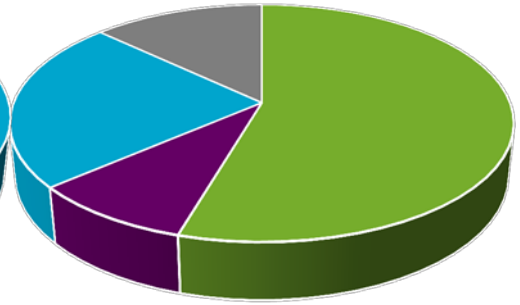
Plus de 20 projets en cours.

Les montants considérés sont les montants totaux des 20 projets financés par la CE sur microalgues (avec ou sans FR).

Répartition du nombre de projets par financeurs.

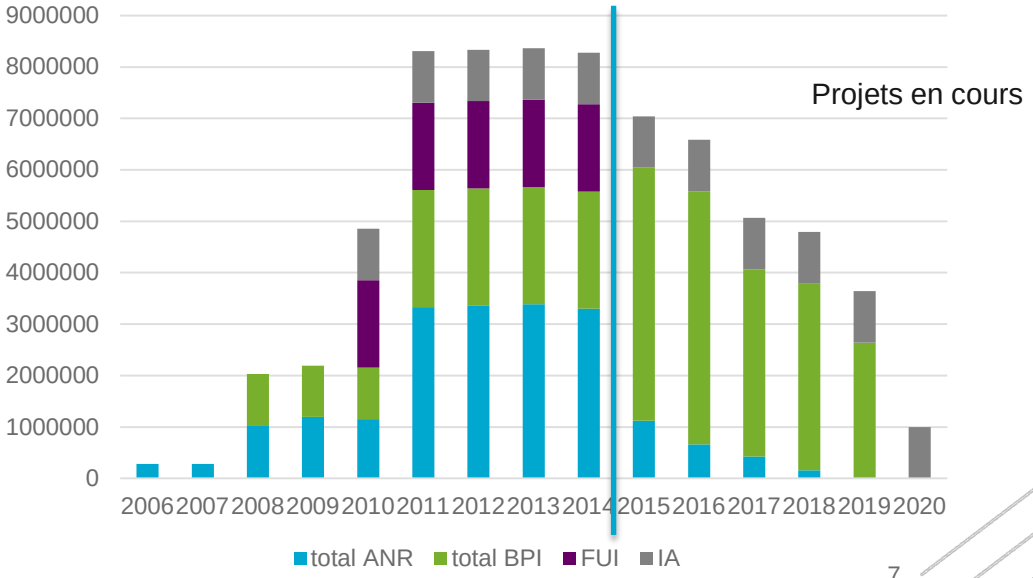


Montants investis.



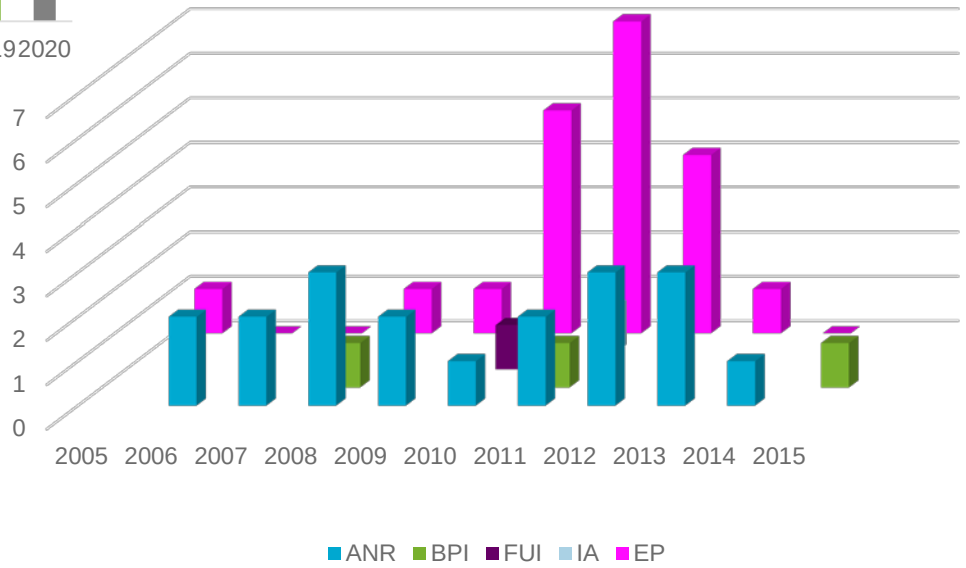
Evolution dans le temps

Investissement comparé par an des organismes financeurs.



Une poussée entre 2010 et 2014 (données incomplètes sur les années ultérieures)

Nombre de projets financés par an par les diverses agences publiques

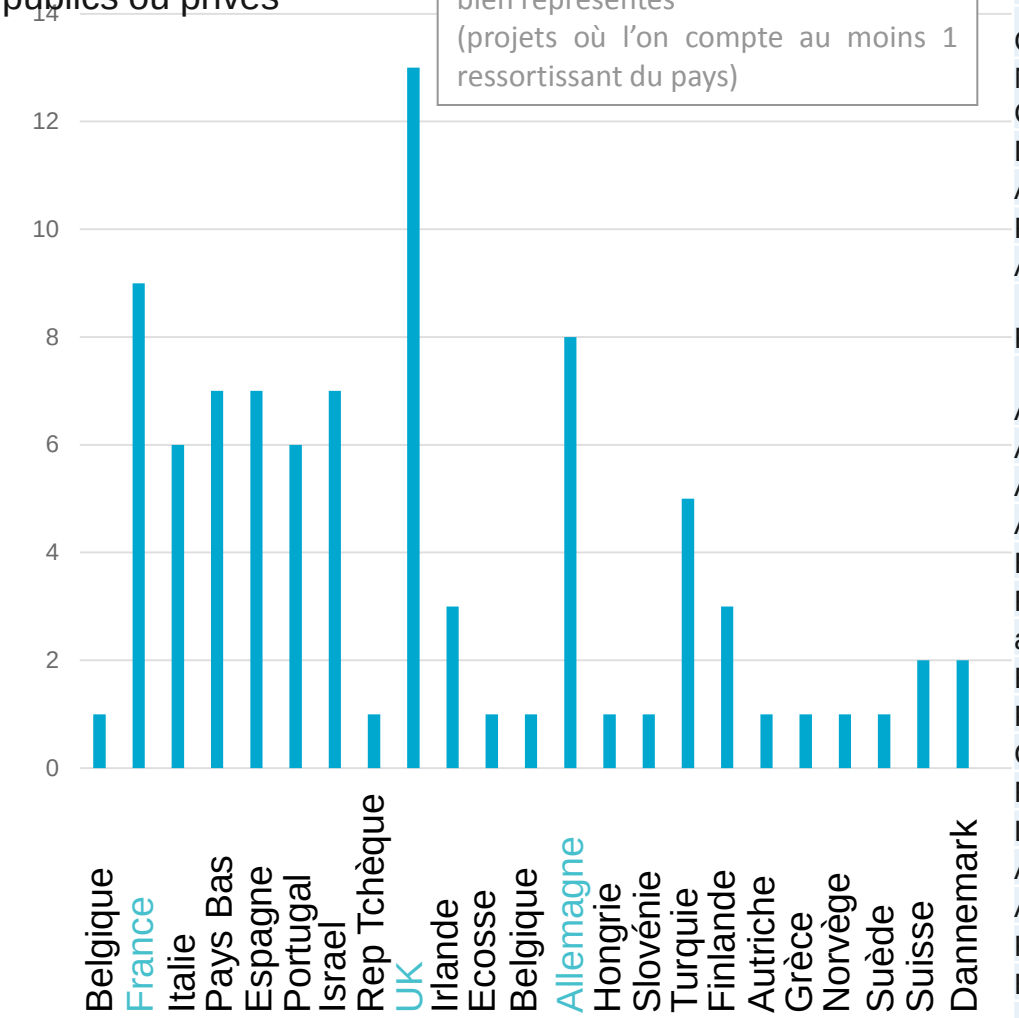


Le montant total du projet est divisé par le nombre d'années pour déterminer un montant moyen annuel

Les acteurs présents dans les projets européens

Nbre de participants publics ou privés

En nombre de projets UK, FR et D sont bien représentés
(projets où l'on compte au moins 1 ressortissant du pays)



Société	Nationalité	
GEA Westfalia Separator Group GmbH	Allemagne	
NECTON - COMPANHIA PORTUGUESA DE CULTURAS MARINHAS SA	Portugal	
DOLPHIN SEAWEEDS	UK	
A B SEEDS LTD	ISRAEL	
ROSETTA GREEN LTD	ISRAEL	
ALGATECHNOLOGIES (1998) LTD	ISRAEL	
ROSETTA GENOMICS LTD	ISRAEL	x2
A4F ALGAFUEL SA	Portugal	x3
Abengoa Bioenergia Nuevas Tecnologias,S.A.	Espagne	
A&A Fratelli Parodi S.p.a	Italie	
Algosource Technologies	**France**	x2
Evodos	Pays Bas	
Fotosintetica & Microbiologica S.r.l	Pays Bas	
aqualia	Espagne	
ERCANE GIE (ex CERF (La Réunion))	**France**	
PHOTANOL BV	Pays Bas	
CELLULAC LIMITED	UK	x2
RHODIA OPERATIONS	**France**	
LANKHORST EURONETE PORTUGAL SA	Portugal	
Algatech (ALGATECH)	ISRAEL	
AlgaFuel, S.A. (AlgaFuel)	Portugal	
Roquette	**France**	
Biomass Technolgy Group BV	Pays Bas	
NESTE OIL CORPORATION	Finlande	

Les société israéliennes sont très présentes (5 participants): 4 pour la France mais 1 en énergie

Les acteurs présents dans les projets européens

- **eRcane, nouvelle appellation du CERF (Centre d'Essai, de Recherche et de Formation dans le domaine de la canne à sucre, de la création variétale et de la technologie sucrière) depuis 2009;**
- **Depuis 1973, le CERF est un acteur majeur de la filière canne à sucre à La Réunion. En 2009, il prend le nom d'eRcane et choisit pour signature «Valoriser la ressource canne ». eRcane se positionne comme un centre de recherche tourné vers l'avenir, en quête de productivité sucrière et des nouvelles valorisations de la canne à sucre. eRcane est un Groupement d'Intérêt Economique dont les membres sont les deux sociétés sucrières réunionnaises: Sucrière de La Réunion (Groupe Quartier français) et Sucrerie de Bois Rouge (Groupe Téréos). Son objectif final est de participer à l'accroissement de la production de la filière canne-sucre locale, à sa rentabilité et à sa pérennité par la sélection de nouvelles variétés toujours plus productives et par une présence à l'avant-garde du progrès génétique et technologique. Les domaines d'excellence d'eRcane sont utilisés dans d'autres pays producteurs de canne et participent à l'exportation d'un savoir-faire bien réunionnais hors de l'île. Le développement international du savoir-faire cannier et sucrier de La Réunion est un élément important dans la définition d'une stratégie de l'innovation à La Réunion. Structuré en GIE, eRcane a un président, un directeur et des administrateurs qui fixent les grandes lignes stratégiques de l'activité du Centre. Le budget général avoisine 1,8M€ et eRcane compte 70 salariés. Les principaux axes de recherche se regroupent autour de la création et l'expérimentation de nouvelles variétés de canne à sucre adaptées aux diverses conditions pédoclimatiques de La Réunion (et dans d'autres DOM ou à l'étranger dans le cadre de partenariat) mais également autour de l'objectif d'amélioration des process industriels (automatismes industriels en sucrerie et en distilleries de cannes à sucre).**

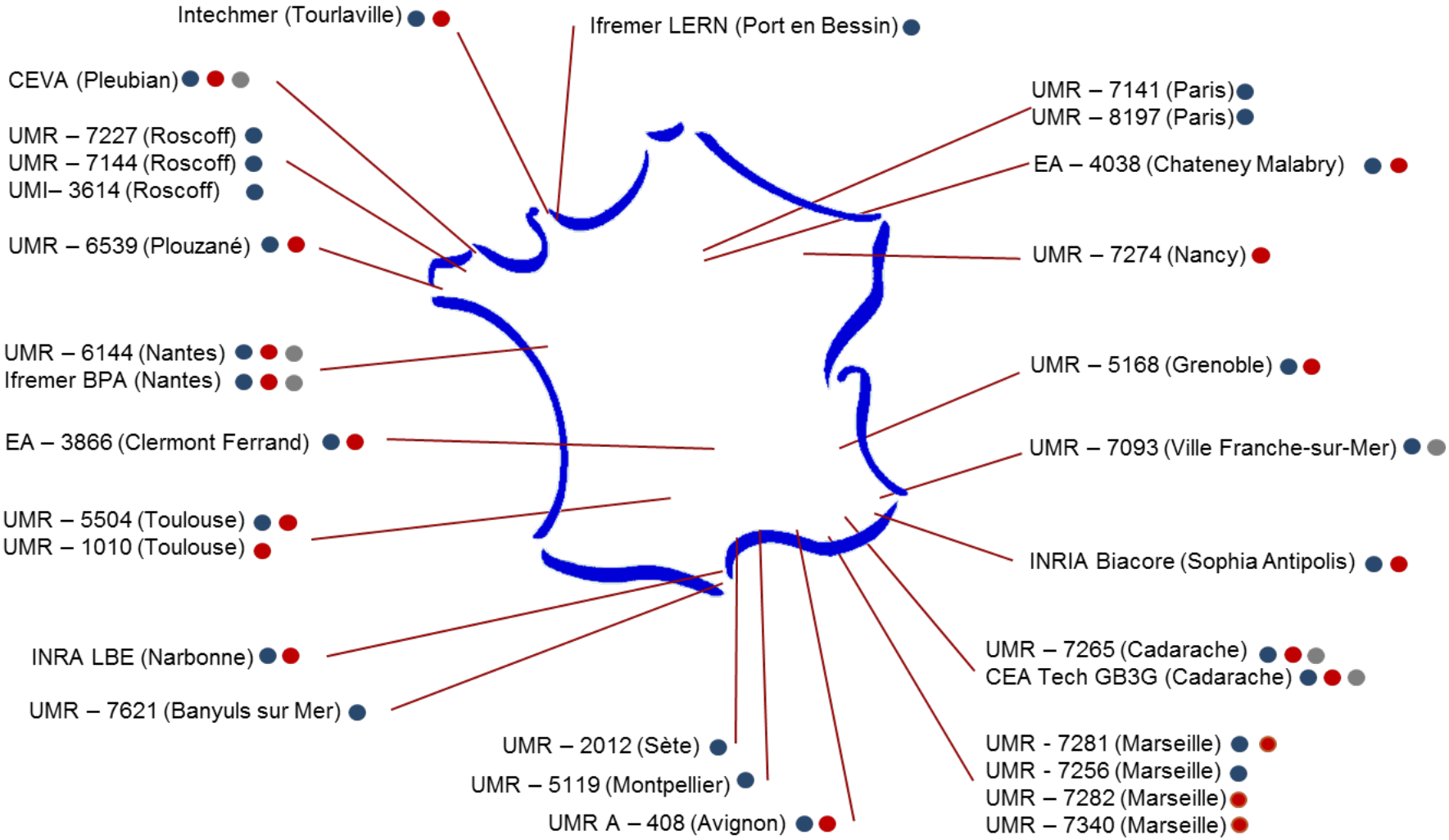
Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.2 Focus France

B.2.2 Laboratoires

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Laboratoires France / segmentation



Laboratoires France

Laboratoire	Tutelle	Laboratoire	Tutelle
EA4038 - Laboratoire de Génie des procédés et matériaux (LGPM)	Ecole Centrale Paris - CNRS	**UMR5168 - Laboratoire de physiologie cellulaire végétale (LPCV)**	CNRS - CEA - INRA - UJF
Physiologie et Biotechnologie des Algues (PBA)	Ifremer	**UMR5504 - Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés (LISBP)**	CNRS - INSA Toulouse - INRA
CEA Cadarache (DRT/CTREG/DPACA) équipe GB3G	CEA	**UMR6144 - Génie des Procédés Environnement et Agroalimentaire (GEPEA)**	CNRS - EMN - ONIRIS - Univ Nantes
CEVA	Organisme de recherche privé	**UMR6539 - Laboratoire des sciences de l'environnement marin (LEMAR)**	CNRS - IRD - IFREMER - UNIV BRETAGNE OCCIDENTALE
EA3866 - Laboratoire de Génie Chimique et Biochimique (LGCB) -	Univ Clermont Ferrand - CNRS	**UMR7093 - Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV)**	CNRS -UPMC
Ifremer Normandie - Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (LERN)	IFREMER	**UMR7141 - Physiologie membranaire et moléculaire du chloroplaste (PMMC)**	CNRS - UPMC
INRIA Equipe Biacore	INRIA	**UMR7144 - Unité Adaptation et Diversité en milieu Marin**	UPMC - CNRS
INTECHMER	CNAM	**UMR7227 Laboratoire de Biologie Intégrative des Modèles Marins (LBIMM)**	UPMC - CNRS
Laboratoire de Biotechnologies de l'Environnement (LBE)	INRA	**UMR7256 - Information génomique et structurale (IGS)**	CNRS - UNIV AIXMARSEILLE
Service de bioénergétique, biologie structurale et mécanismes (SB²SM/UMR 8221 CNRS)	CEA - CNRS	**UMR7265 - Biologie Végétale et Microbiologie Environnementales (SBVME)**	CNRS - CEA - Univ Aix Marseille
Station biologique de Roscoff	UPMC - CNRS	**UMR7274 - Laboratoire Réactions et Génie des Procédés (LRGP)**	CNRS - UNIV LORRAINE
UMI3614 - Evolutionary Biology and Ecology of Algae (EBEA)	UPMC - CNRS	**UMR7281 - Bioénergétique et Ingénierie des Protéines (BIP)**	CNRS - UNIV AIX MARSEILLE
UMR 5119 - Écologie des systèmes marins côtiers (ESMC)	UM2 - CNRS - IRD - UM1	**UMR7282 Laboratoire Enzymologie Interfaciale et de Physiologie de la Lipolyse (LEIPL)**	CNRS - UNIV AIX MARSEILLE
UMR1010 - Laboratoire de Chimie Agro-industrielle	INRA - INP Toulouse	**UMR7340 - Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2)**	CNRS - UNIV AIX MARSEILLE - ECOLE CENTRALE MARSEILLE
UMR212 - Ecosystèmes Marins Exploités (EME)	IFREMER - IRD - UMII	**UMR7621 - Laboratoire d'Océanographie Microbienne (LOMIC)**	CNRS - UMPC - PIERRE FABRE DERMOCOSMETIQUE
UMR408 - Groupe de Recherche en Eco-Extraction de produits Naturels	Univ Avignon	**UMR8197 - Institut de Biologie de l'École Normale Supérieure (IBENS)**	ENS Paris - CNRS - INSERM

UMR6144 - Génie des Procédés Environnement et Agroalimentaire

Tutelles

CNRS, Ecole des Mines de Nantes, ONIRIS et l'Université de Nantes

Start-up

- Algosource Technologies

Partenaires

- Airbus, EADS, Eurofins, Evalor, Tecaliman, Kerbios
- Région Loire Atlentique, Nantes Métropole, Europe.

Objectifs

Développer le Génie des procédés dans les domaines de l'agro-alimentaire, de l'environnement et de la valorisation des bioressources marines.



Projets majeurs

- Défi-µalg a pour objectif de mettre en place une plateforme R&D dédiée aux microalgues;
- Optimisation de la production d'hydrocarbures par la microalgue Botryococcus braunii pour l'application aux bioaérocarburants;
- Développement de photobioréacteurs solaires intensifiés;
- Le concept de bioraffinerie appliquée à la microalgue Porphyridium cruentum.

UMR 7265 - BIOLOGIE VEGETALE ET MICROBIOLOGIE ENVIRONNEMENTALE

Tutelles

CNRS/CEA/Univ Aix Marseille

Plateforme

▪HélioBiotech: explorer les potentialités des microalgues pour la production d'énergie.

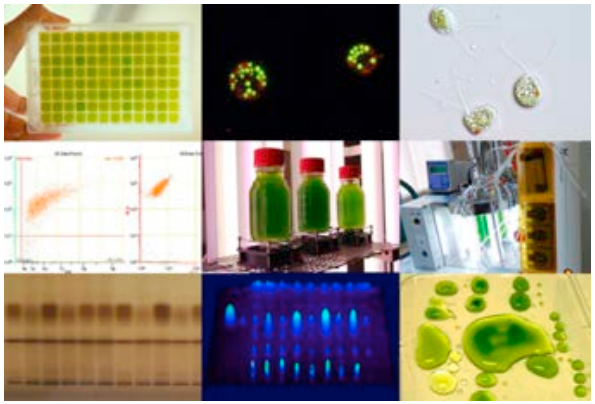
HélioBiotec

Partenaires

▪ Fermentalg, CAER, Eima, Bolero
▪ Région Provence-Alples-Côtes d'Azur, Europe.

Objectifs

Comprendre les mécanismes photosynthétiques de conversion et de stockage de l'énergie lumineuse par des microalgues ou cyanobactéries, d'en identifier les mécanismes régulateurs et de proposer des stratégies innovantes pour l'amélioration des capacités de production.



Projets majeurs

▪ BIOEPOXY: Métabolisme des acides gras époxydés (LB3M, IBEB CEA Cadarache);
▪ MUSCA: Ingénierie métabolique d'une microalgue verte en vue de la production d'alcanes à chaîne moyenne (IBEB CEA Cadarache);
▪ BIOLIPOL: Biosynthèse des polyesters (LB3M, IBEB CEA Cadarache).

Laboratoires de recherche en France

- **Présence de laboratoires de recherche sur toute la chaîne de valeur;**

- **Présence de laboratoires de recherche notamment dans la première partie de la chaîne de valeur (matières premières) qui est un verrou important de la filière;**

- **Souchothèques d'ampleur importante recensées:**
  - **RCC (Roscoff Culture Collection of Marine Phytoplankton): fait partie des 5 plus grandes collections de microalgues marines au monde, avec plus de 2000 souches de microalgues et de cyanobactéries;**
  - **PAST (Pasteur Culture Collection of Cyanobacteria);**
  - **Algobank de Caen.**

- **Ne sont pas incluses dans les laboratoires recensés, les équipes travaillant sur des molécules issues des algues (par exemple les polysaccharides). Ces laboratoires travaillent sur d'autres produits.**

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.2 Focus France

B.2.3 Sociétés

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Panorama sociétés françaises

Au moins **35** sociétés actives en France dans le domaine des algues

dont **21** sociétés actives dans le domaine des microalgues,
dont **9** actives dans le domaine des **biocarburants**:

Acta Alga – Algenics* – **Algu'innov*** – **Algosource Technologies** – **Alpha Biotech** – **BioAlgostral*** – Codif International – Eco-Solution – ESETA – **Fermentalg*** – Greensea* – Innov'alg – Metabolium – **Microphyt*** – **Naskéo Environnement*** – **Phycosource** – Pronovalg – Roquettes Frères* – Scirsee – Setalg – Soliance

**avaient manifesté un intérêt pour la thématique « bioénergies » en participant à GreenStars (IEED) qui a avorté*

+ intérêt de sociétés telles que des pétroliers comme **Total**, des constructeurs comme **EADS** (qui a fait voler en juin 2010 un bi-moteur avec un algocarburant) et **Peugeot Citroën Automobile**, ainsi que **Air Liquide** ou **Rhodia**

Ces sociétés participaient également à GreenStars

+ **Biocar** (branche biocarburant de La Compagnie du Vent, groupe GDF Suez) qui apportait son expertise au projet Salinalgue

Biocar a quitté le projet qui a été recentré sur la production de substances telles que des colorants

+ Etude ALGOGROUP 2011 (Airbus, EADS, AVRIL, CEVA, IFPEN,IFREMER, INRA ,Pôle AGRIMIP

Situation selon EnAlgae

- **Selon l'étude « France » du projet EnAlgae, la France compterait une cinquantaine d'acteurs dans les algues (macro et micro) http://www.enalgae.eu/public-deliverables.htm**

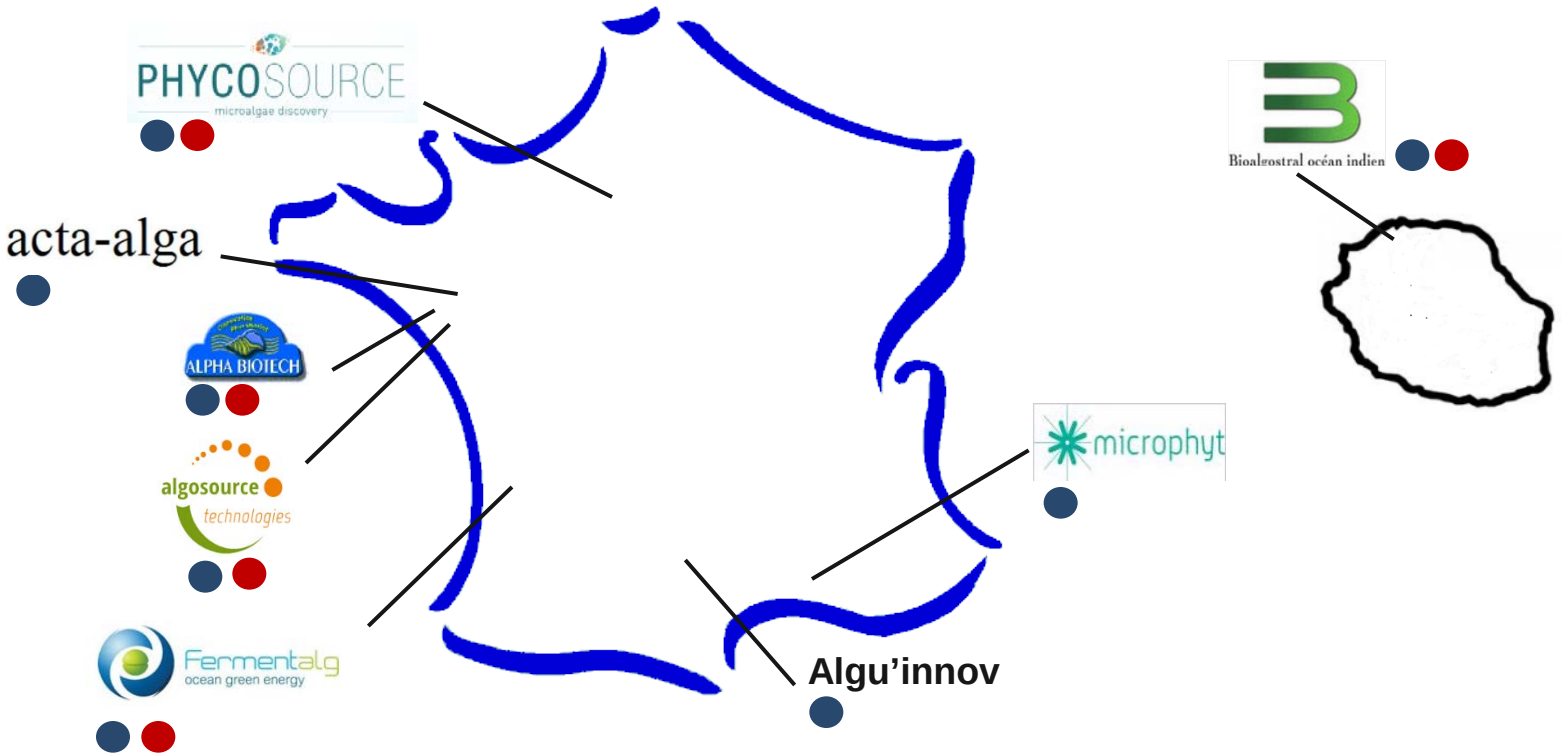
- **Les applications visées pour les microalgues seraient essentiellement l'énergie et la chimie de spécialité puis, dans une moindre mesure, la remédiation et l'alimentation animale puis l'alimentation humaine et les autres produits de spécialité.**

- **L'étude montre que les producteurs (et chercheurs car le panel est mixte) de microalgues visent plus d'applications que ceux des macroalgues. Néanmoins les industriels visent moins l'énergie que les académiques en raison de la non rentabilité de cette application.**

- **Sans distinction macro/micro: les industriels visent la chimie de spécialité 43% (notamment cosmétique et nutraceutique) contre 25% pour la recherche. L'alimentation vient en seconde position (surtout macro alors que les microalgues sont prépondérantes en alimentation animale). Le design et la production de PBR est très bas avec seulement 5% d'industriels et 3% d'académiques.**

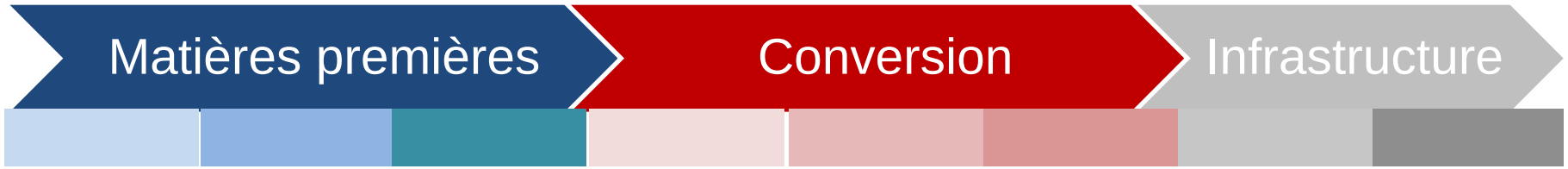
- **La difficulté de lecture de cette étude réside dans le mélange micro/macro qui ne permet pas toujours d'identifier la part de chaque type d'algue dans les réponses..**

Sociétés françaises / segmentation



Tissu industriel français dans le domaine microalgues/biocarburants représenté par des start-ups, issues ou qui collaborent avec des laboratoires de recherche (ex: algosource /GPEA) et participent à des projets de type ANR ou EU, et sociétés de conseil ou de service.
A noter qu'aucune société FR n'est à ce jour capable de produire du biocarburant algal à l'échelle industrielle.

Sociétés françaises/chaîne de valeur (positionnement évalué)



Algu'innov *Ing*

microphyt *Prod*

acta-alga *Prod*

Bioalgostral océan indien *Ing*

Fermentalg ocean green energy *Prod*

ALPHA BIOTECH *Prod et Ing*

PHYCOSOURCE microalgae discovery (Kerosalg) *PRech*

algosource technologies *Ing*

Sociétés positionnées en amont de la chaine de valeur

Expertises hors-focus biocarburant:

GREENSEA Actives from Algae

ROQUETTE Offering the best of nature (Algohub®)

***Ing**: ingénierie/conseil*
***Prod**: producteur*
***PRech**: prestataire de recherche*

Algosource Technologies

Informations générales

www.algosource.com

- Création 2008 (Saint-Nazaire) - Groupe Algosource
- Président Jean Jenck
- Directeur Général: Olivier Lépine
- Société sœur d'Alpha Biotech
- Société issue des travaux de recherche du laboratoire de Génie des procédés – environnement – agro-alimentaire (GEPEA, UMR6144), Directeur Pr. Jack Legrand (co-fondateur)
- CA 2012: 175,1K€

- Propose à ses clients une gamme de services d'ingénierie et de conseil sur l'ensemble des procédés de production et de bioraffinage des micro-algues.
- 5 axes proposés à ses clients: valorisation d'effluents industriels par la culture de microalgues; ingénierie de production de microalgues; bioraffinage de la biomasse algale; production de biomasse algale par couplage d'unité de méthanisation; ingénierie de conception de systèmes intégrés d'exploitation industrielle de microalgues.
- Son savoir-faire couvre l'ensemble des procédés de la production et de la transformation de microalgues et permet une vision intégrée auprès des clients industriels.
- Clients: grandes sociétés de l'alimentation animale, de la chimie verte et de l'énergie.

Programmes FP7 et ANR

Activité continue de R&D dans la production industrielle de microalgues dans des programmes spécifiques internationaux ou nationaux, ou en partenariat avec le laboratoire GEPEA CNRS/ Université de Nantes:

- Programme FP7 SUPRABIO
- Programme ANR BIOSOLIS: développement de photobioréacteurs solaires intensifiés
- Programme ANR ALGORAFFINERIE: développement du raffinage de deux espèces de microalgues
- Programme **FP7 BIOFAT**: production de biofuel et de co-produits à partir de deux biomasses microalgales
- Programme **ANR DIESALG** : production de biodiesel par les microalgues (fin: mars 2015).

Projet SymBio2

Porté par Séché Environnement; montant global de 4,9M€;
Vise à cultiver des microalgues sur les façades de bâtiments et à réduire de plus de 50% la consommation de chauffage et rafraichissement par rapport à un bâtiment standard.
Microalgues cultivées au sein de « biofaçades » et transformées en énergie (et récolte pour marché compléments alimentaires à haute VA).
Collaboration avec notamment le GEPEA et X-TU Architects.

Alpha Biotech

Informations générales

www.spirulinet.com

- Création 1993 (Asserac)
- Directeur Général depuis 2006: Olivier Lépine
- Société spécialisée dans la valorisation des microalgues (marines, d'eau douce et Spiruline): Production de biomasse, transformation, commercialisation - Extraction et recherche d'ingrédients cosmétiques et d'actifs nutraceutiques - Prestation de conseil et d'expertise

- Depuis 20 ans, Alpha Biotech développe et cultive écologiquement la Spiruline et a développé un procédé d'extraction du pigment principal de la Spiruline, la phycocyanine. Le spirulysat, premier extrait liquide de Spiruline fraîche, contient la phycocyanine et autres nutriments essentiels. De nombreuses autres espèces sont ou ont été cultivées.

- Procédé unique de production sur site permettant un contrôle et un maintien de la qualité à toutes les étapes du processus. Utilisation de différents systèmes de culture: photobioréacteurs, colonnes, cascade, raceway sous serre ou en extérieur, en semi batch ou en continu. Plusieurs techniques de récolte utilisées en fonction de la production des phytoplanctons (microalgues, cyanobactéries): tamisage, floculation, filtration, centrifugation;

- Applications: cosmétique, diététique et nutraceutique

Programmes de recherche

Alpha Biotech poursuit son programme de recherche et développement à travers de nombreux partenariats.

- Contrat de partenariat avec Algosource Technologies dans le domaine de la production et la valorisation industrielle des microalgues
- Partenariat avec le GEPEA
- A participé au projet **ANR SHAMASH** visant à produire un biocarburant à partir de microalgues autotrophes (test d'une nouvelle voie de production à haut rendement)
- Programme **ANR DIESALG**: production de biodiesel par les microalgues (fin mars 2015).

Fermentalg

Informations générales

www.fermentalg.com

- Création 2009 (Libourne) par Pierre Calleja (PDG), sur la base de 2 brevets sur la culture hétérotrophe de microalgues
- 51 collaborateurs (2013)
- Société de biotechnologie industrielle (cleantech) qui développe une technologie brevetée de rupture permettant de produire des molécules d'intérêt (omégas 3, colorants, antioxydants, hydrocarbures, etc) sans passer par les voies traditionnelles de la pétrochimie ou encore de l'exploitation industrielle de la pêche
- Marchés adressés: marchés mondiaux en forte croissance: nutrition humaine et alimentation animale, cosmétique/santé, chimie verte et carburants
- CA 2013 : 0,2M€
- Action Fermentalg cotée sur Euronext à Paris

Brevets

26 familles de brevets déposées à fin 2014, dont culture mixotrophe à dominante hétérotrophe;
Septembre 2014: procédé mixotrophe validé par la délivrance du premier brevet princeps;
03/03/15: la société annonce la délivrance de 2 brevets majeurs sur l'exploitation de souches de microalgues à haut potentiel: Botryococcus et Odontella.

Investisseurs

09/2013: levée de fonds d'un total de 12M€ dont 4,6M€ avec le fonds Ecotechnologies géré par Bpifrance aux côtés d'IRDI et de Viveris Management Fonds et des investisseurs historiques Emertec Gestion, Demeter Partners, ACE Management (fonds Atalaya), Picoty Algo Carburants et Sofiproteol.

Fermentalg

Projets majeurs

- 2011: Lancement programme EIMA (Exploitation Industrielle des Microalgues); Durée: 5 ans; Budget de 14,6M€. But: produire plusieurs molécules d'intérêt en fermenteur de 750L sur la base de substrats alternatifs au glucose (substrats laitiers, sucriers, cellulosiques, énergétiques…) à horizon 2014-2016.
  Concrétisation des 1ers travaux avec la création de PROLEALG, JV industrielle et commerciale avec Sofiproteol pour la production à grande échelle d'huiles riches en Oméga-3. 2014: capital détenu à 65% par Fermentalg qui va gérer le pilotage industriel du programme. Mise en service de l'Unité de Développement Industriel (UDI) de 4x20 m^3 prévue en 2015;

- 2013: POLARALG: accord avec Polaris (lipides nutritionnels) pour produire et commercialiser une molécule essentielle de la famille des oméga-6;

- 2013: Micra'Alg : accord de partenariat avec Adisséo (groupe Bluestar) pour la nutrition animale;

- **Programme Bio diesel** (19,8 M€): valider la faisabilité technique, économique et environnementale de la production de 40.000L d'algocarburant issu de microalgues cultivées en mixotrophie à dominante hétérotrophe en fermenteur de 20.000L, en 2017-2018;
  Production fin 2012 des 1ers litres de biodiésel et 1ers essais réalisés avec un véhicule utilitaire.

- Janvier 2015: **Trans'alg**: programme collaboratif de 31,2 M€ dont 13,9 de BPI sur 5 ans associant entre autres partenaires Arkema et Soprema; vise à industrialiser la production de substituts aux produits pétroliers destinés aux marchés de la chimie et des carburants.

- Février 2015: lancement de l'unité de développement industriel (20 M€; entrée en fonctionnement 2016) 1,5 ha dédié au développement de procédés et production commerciale

Microphyt

Informations générales

www.microphyt.eu

- Création en 2007 par Arnaud Muller-Feuga (Président)
- Site de Baillargues (34)
- Directeur Général Vincent Ursache
- 9 personnes

- Société de biotechnologie spécialisée dans la recherche, le développement, la production et la commercialisation de produits naturels innovants extraits de microalgues
- Les technologies de Microphyt, développées en interne et brevetées, permettent la production contrôlée de biomasse microalgale et d'extraits de microalgues.
- Les cultures de microalgues s'effectuent au sein de photobioréacteurs tubulaires de 5000L, systèmes particulièrement bien adaptés à la production d'espèces délicates (dont *C. reinhardtii*) et/ou à croissance lente, préservant leur intégrité cellulaire, et offrant ainsi l'accès à une immense diversité de molécules d'intérêts.
- Microphyt a augmenté début 2014 sa capacité de production sur son site de production de Baillargues en passant de 2 photobioréacteurs à 5.

- Marchés visés: cosmétique, alimentation, santé;

- Se positionne en amont de la chaîne de valeur comme fournisseur d'ingrédients naturels en augmentant leur diversité et leur disponibilité commerciale;
- Se propose de produire de la biomasse algale à façon pour permettre aux acteurs des biocarburants de tester leurs souches et leurs procédés.

Brevets

3 brevets déposés sur les technologies de production de microalgues.

Projets majeurs

De juillet à octobre 2012, Microphyt a réussi à cultiver en continu une souche de Chlamydomonas en quantités significatives et dans différentes conditions métaboliques pour étudier leur influence sur le profil biochimique.

Forte de ce succès, Microphyt externalise une partie de sa R&D au CEA (CEA-Liten et CEA-iBEB) dans le cadre d'un accord de collaboration sur 4 ans pour la réalisation du programme BOLERO (2013-2016) portant sur le perfectionnement des procédés de production de masse grâce aux connaissances du CEA dans le solaire (plateforme HélioBiotec) et le développement des molécules d'intérêt synthétisées par les microalgues vertes, dont le genre Chlamydomonas.

Microphyt devait tester avec son PBR et *C. reinhardtii* la production de biomasse nécessaire à 1L d'algo-carburant.

Microphyt était partenaire de GreenStars.

Investisseurs

Décembre 2013: Demeters Partners (Capital Risque)

Février 2014: levée de fonds de 2M€ et entrée à son capital des fonds:

- Amorçage Technologique Investissement (ATI) géré par CEA Investissement (filiale du CEA),
- SORIDEC (Capital Risque)
- Emergence Innovation 1 géré par SOFIMAC Partners (Société de Gestion)
- Jeremie LR

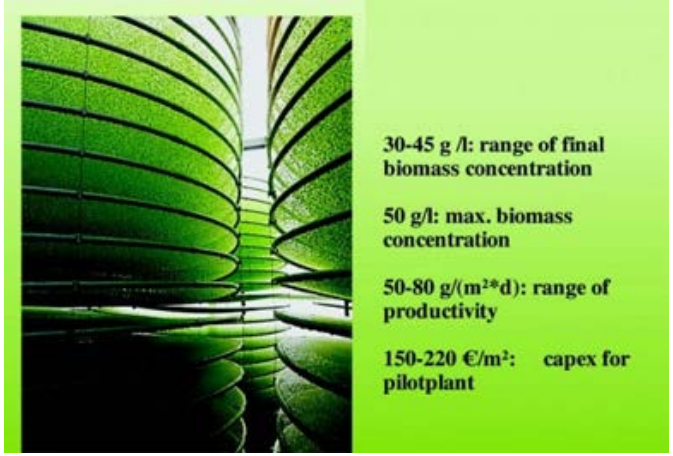
Bioalgostral

Informations générales

www.bioalgostral.com (site actuellement non-disponible)

- Création : 2008 (Saint Denis, Réunion)
- Société d'ingénierie et de conseil spécialisée dans la production et la valorisation des microalgues en zone inter-tropicale, pour des applications énergie, santé, alimentation et environnement
- **Ambition: produire un biocarburant de 3e génération (biodiésel)** ayant un potentiel annuel de production de 50 000 tonnes d'algocarburant.

- Unité de production algale associée à une station d'épuration des eaux usées et d'un digesteur biogaz.
- Procédé permet l'extraction de nutriments dans les eaux usées et de fixer le CO2 émis par l'unité de méthanisation.



Programme de recherche

- Le programme de recherche dirigé par le Dr. Gabin Tréboux consiste à produire durablement des microalgues afin d'en valoriser la biomasse à des fins principalement énergétiques.

.

- Joint Venture technologique avec le partenaire allemand IGV GmbH (PME industrielle), leader dans le domaine des outils de production en milieu clos (IGV GmbH a réussi à faire voler un avion pour EADS avec un algocarburant en 2010).
- Octobre 2011: livraison et installation de nouveaux modules sur le site de eRcane permettant à Bioalgostral de tester la production de souches de microalgues ayant un intérêt industriel pour des applications dans l'agro-alimentaire, la cosmétique et le biocarburant.
- Cette étape permet d'envisager la preuve de concept par l'installation d'une unité pilote ouvrant des perspectives importantes en terme de production de masse.

Investisseurs

- Nexa: agence de développement (Réunion)
- Séchilienne Sidac: producteur d'électricité à partir de biomasse d'origine agricole.

http://www.enerzine.com/6/15797+la-reunion-cree-sa-propre-filiere-de-biocarburants-a-base-de-micro-algues+.html

Informations complémentaires sociétés françaises 1/3

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	ville	Personnel	CA	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs (ANR, etc)	Brevets	Informations principales
Acta Alga	2008	FR (Paris)	6 à 9		-	Michel Conin (Président)			Brevets de production de carburants à l'aide de microalgues 2 fois plus efficace que les méthodes existant jusqu'alors. La méthode brevetée d'Acta Alga permet d'obtenir de 20.000 à 60.000 litres par hectare.	Société spécialisée dans le screening de microalgues, l'optimisation de leurs conditions de culture et la conception de photobioréacteurs. Rendement obtenu dans la production de biocarburant à base d'algues: 20 000l/ha pour une hauteur d'eau de 1m.
AlgaeStream (en cours de liquidation)		FR (Paris)							Brevets protégeant le système AlgaTunnel	Mise au point de systèmes et procédés de production de microalgues. Livraison clés en main de fermes de cultures de micro algues à partir de 2 hectares , études d'opportunité et de faisabilité. Système AlgaTunnel.
AlgoSource Technologies (AST)	26/08/2008 GPEA (Jack Legrand, Nantes)	FR (Saint-Nazaire)	6 à 9	2013: 256,9k€	www.algosource.com	Jean Jenck (Président) Olivier Lépine olivier.lepine@algosource.com		Partenariat avec JCL Environnement et GEPEA : vise la capture du CO_2 produit par l'activité industrielle, puis son traitement pour l'injecter sans opération de concentration dans des systèmes de culture de microalgues, afin d'en obtenir une biomasse valorisable dans différentes industries : agroalimentaire, chimie verte, énergie. FP7 SUPRABIO et BIOFAT ANR BIOSOLIS, ALGORAFFINERIE et DIESALG		Valorisation d'effluents, production de microalgues, ingénierie de bioraffinage, conception de systèmes intégrés.

Informations complémentaires sociétés françaises 2/3

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	ville	Personnel	Chiffre d'affaire	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs (ANR, etc)	Brevets	Informations principales
Algu'Innov	23/04/2010	FR (Gaillac)	2	2012: 12.800€	-	Taline Kabakian (Présidente) Edouard Kabakian edouard.kabakian@wanadoo.fr			2 brevets dont FR090278 photobioréacteur (dépôt en date du 09/06/09) et 2e brevet « Procédé pour la récolte de microalgues et dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé » qui utilise des techniques membranaires.	Objet: développement de procédés industriels innovants en matière de production de micros algues ou cyanobactéries pour l'obtention de biomasses à usages multiples : agroalimentaire, biocarburants, fixation de CO2, etc. Conception de PBR ou autre système de croissance/production de microalgue + veille technologique.
Alpha Biotech	15/06/1905	FR (Asserac)			www.spirulinet.com		Cosmétique, diététique et nutraceutique.			Société spécialisée dans la valorisation des microalgues (marines, d'eau douce et Spiruline) : production de biomasse, transformation, commercialisation - Extraction et recherche d'ingrédients cosmétiques et d'actifs nutraceutiques - Prestation de conseil et d'expertise. Production de Spiruline.
Bioalgostral Océan Indien	23/09/2008	FR (Saint Denis, La réunion)	1 à 2		www.bioalgostral.com (site actuellement non-disponible)	René Duflot contact@bioalgostral.com				PBR + couplage avec station d'épuration pour nutriments et CO2. Mission: souhaite créer un biocarburant de troisième génération ayant un potentiel annuel de production de 50 000 tonnes d'algocarburant.
Fermentalg	15/01/2009	FR (Libourne)	46	2013: 172.7k€	www.fermentalg.com	Pierre Calleja (PDG et fondateur)	Capture et séquestration du C02, Nutrition (huiles enrichies en Oméga 3, EPA-DHA) [agrément "Novel Food" européen reçu, ouvre la voie à la commercialisation d'huile enrichie en DHA pour le marché de la nutrition humaine], Alimentation animale	Accord de JV à caractère industriel et commercial avec Sofiprotéol dans le domaine des Oméga 3 (EPA-DHA).	2007: Pierre C alleja dépose 2 brevets sur la culture des microalgues, à l'origine de la création de la société. 26 familles de brevets déposées à fin 2014.	Société de biotechnologie industrielle spécialisée dans la production d'huiles et de protéines issues des microalgues. 5 marchés visés: nutrition humaine, alimentation animale, cosmétique, chimie verte, biocarburants.

Informations complémentaires sociétés françaises 3/3

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un labora-toire)	ville	Personnel	Chiffre d'affaire	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs (ANR, etc)	Brevets	Informations principales
Greensea	1988 (Aquamer). "Greensea" depuis 2005	FR (Mèze)	10	500k€	http://www.greensea.fr	-		Projets AALGOHUB et BAMMBO Projet GREEN STARS		Rachat par le groupe GRENTECH en 2005. Société sécialisée dans la culture à grande échelle des microalgues (phytoplancton) marines et d'eau douce en conditions contrôlées ainsi que dans la valorisation de composés marins d'origine végétale (algues et plantes marines). PAS DE FOCUS ENERGIE. Produits et services en aquaculture, cosmétiques, diagnostic médical, compléments alimentaires et alimentation.
Microphyt	2007	FR (Baillargues)	9		www.microphyt.eu	Arnaud Muller-Feuga (Président et fondateur) arnaud.muller-feuga@microphyt.eu Vincent Usache (Directeur Général)	Santé, alimentation, cosmétique		3 brevets déposés sur les technologies de production de microalgues.	Les technologies de Microphyt, développées en interne et brevetées permettent la production contrôlée de biomasse micro algale et d'extraits de microalgues. PBR de taille pilote intégrés à la plateforme R&D de Microphyt. Marchés visés : cosmétique, alimentation, santé.
Phycosource	2006	FR (Cergy-Pontoise)	3 à 5	2013: 156,8k€	www.phycosource.com		Pharmacologie et cosmétique.	Projet KEROSALG visant à réaliser en 36 mois un démonstrateur industriel de production de biocarburants d'aviation à partir de lipides d'origine microalgale.		Société issue de l'essaimage du service R&D d'Evaflor (cosmétologie), spécialisée dans la production à haut débit de souches de microalgues à des fins de tests pharmacologiques et cosmétiques. Accès exclusif à la technologie Pronov'Alg© d'Evaflor (recréer la biodiversité).

Réalisations en France

- **Fermentalg: Programme Bio diesel 19,8 M€: valider la faisabilité technique, économique et environnementale de la production de 40 000 litres d'algocarburant (fermenteur de 20 000L) à horizon 2017-2018. Sur la base de l'amélioration des souches, des substrats et procédés, la société revendique un coût de production de 13€/kg de molécule d'intérêt en 2012 et vise 1€/kg en 2020;**

- **Fin 2012: production de ses premiers litres de biodiesel; conforme aux normes EN 14214 pour vente FR et B7 pour compatibilité avec tout le parc auto. En 2014 Fermentalg reconnait que les algocarburants ne sont économiquement pas viables. La société vend des produits de haute valeur ajoutée.**

- **Une équipe JP et une FR ont identifié une diatomée *Fistulifera solaris (prélevée au JP)*, qui semble prometteuse car, contrairement aux autres, elle produit beaucoup de lipides tout en croissant (pas 2 étapes). Analyse génomique en cours Tsuyoshi Tanaka Insti. Ingénierie , U. Agr et Technol. Tokyo- Div. Biotech and Life Sce. (***Toward the next biofuel: Secrets of Fistulifera solaris By American Society of Plant Biologists | February 04, 2015 http://www.biomassmagazine.com/articles/11510/toward-the-next-biofuel-secrets-of-fistulifera-solaris)*

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.2 Focus France

B.2.4 Pôles de compétitivité

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Trimatec

trimatec
Une technologie maîtrisée, un avenir préservé

Objectifs

Créé en 2005 le pôle se positionne sur les procédés propres et sobres pour l'industrie. Stratégie basée sur quatre grands domaines thématiques:

- la production et la valorisation de la biomasse algale
- les applications des fluides supercritiques
- l'utilisation des technologies séparatives et membranaires
- la maîtrise des environnements confinés

Chiffres clefs

- **173 adhérents** dont 60% d'entreprises
- **208 projets** labellisés pour 892 millions d'euros
- **3 partenaires thématiques**: CFM, IFS, TEKH!N
- **3 Régions**: Languedoc-Roussillon, PACA, Rhône-Alpes

Projets majeurs

- **ECOMAT (ANR Blanc International 2012):** Traitement et mise en forme de composés d'intérêt issus de microalgues par procédés en milieu supercritique;
- **MICROBIOENERGIES (ANR Blanc 2012):** Production de bioéthanol et CO2 par des microalgues et levures: du laboratoire à l'échelle industrielle;
- **PURPLE SUN (ANR 2013):** partage de photons entre panneaux photovoltaïques et micro-algues à vocation énergétique;
- **SECRETE (ANR 2013):** extraction durable des molécules de microalgues à l'aide des champs électriques pulsés;
- **ALGRAAL (FUI 2013):** Création d'une filière durable de production d'alcool gras et d'émulsionnant d'origine algale à destination de l'industrie cosmétique.

Pôle Mer Méditerranée

Objectifs

Labellisé en 2005, en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc Roussillon et Corse, le Pôle fédère autour de thématiques maritimes et littorales à forts enjeux sécuritaires et durables.
Domaines d'Actions Stratégiques: Sécurité et sûreté maritimes, Naval et nautisme, Ressources énergétiques et minières marines, Ressources biologiques marines, Environnement et aménagement du littoral, Ports Infrastructures et Transports Maritimes

Chiffres clefs

- 248 projets labellisés pour un budget total de 656M€ dont 185 projets cofinancés pour un budget de 485M€
- 12 projets structurants (plates-formes mutualisées d'innovation, ITE, IRT, Labex, Equipex...) pour un montant de 695M€
- 386 membres dont 195 PME, 75 groupes non PME, 75 organismes de recherche

Projets majeurs

Sur 248 projets labellisés par le Pôle Mer Méditerrané, 43 projets correspondent aux **Biotechnologies bleues:** recherches sur des applications connexes (nanotechnologies, biocarburants, capture du CO2).

Exemples projets labélisés domaine biocarburants 3G:
- **SHAMASH** (terminé): Production de biocarburants lipidiques par des microalgues; budget: 2 854 K€
- **ALGOMICS** (en cours): Etudes globales de la conversion et du stockage de l'énergie chez les microalgues. Budget: 7 400 K€
- **SALINALGUE** (en cours): Cultures de microalgues pour la production de bioénergies et de bioproduits; budget: 6 800 K€.

Pôle Mer Bretagne Atlantique

Objectifs

Labellisé en 2005, en Bretagne - Pays de la Loire, le pôle fédère autour de 6 Domaines d'Actions Stratégiques: Sécurité et sûreté maritimes, Naval et nautisme, Ressources énergétiques et minières marines, Ressources biologiques marines, Environnement et aménagement du littoral, Ports, Infrastructures et Transports Maritimes

Chiffres clefs

- Un réseau de plus de 300 adhérents dont la moitié de PME
- Conseil d'administration de 26 membres
- Equipe d'Ingénierie et d'Animation (EIA) forte d'une trentaine d'animateurs avec des compétences académiques et industrielles

Projets majeurs

Projets labellisés par le pôle dans le domaine des biocarburants 3G:

- **DIESALG** (ANR, en cours de finalisation): Produire du diesel à partir de micro-algues; budget: 2 649 K€.
- **FACTEUR4** (ANR, en cours de finalisation, fait suite au projet SHAMASH): Sélection de la souche pour améliorer les performances des microalgues; budget: 5 630 K€.

SAFEOIL (terminé): Un biocarburant à partir de microalgues marines cultivées dans d'anciennes carrières de kaolin; budget: 2 120 K€.

Pôle Qualitropic

qualitropic
le pôle de la bioéconomie tropicale

Objectifs

- Développer et mettre sur le marché de nouveaux produits et services à forte valeur ajoutée et de nouveaux process toujours plus compétitifs, à haute qualité environnementale
- Devenir une référence, régionale puis mondiale, de la bioéconomie tropicale et des systèmes économiques insulaires autosuffisants

Chiffres clefs

- Un réseau de plus de 300 adhérents dont la moitié de PME
- Conseil d'administration de 26 membres
- Equipe d'Ingénierie et d'Animation (EIA) forte d'une trentaine d'animateurs avec des compétences académiques et industrielles

Aucun projet labellisé par le pôle dans le domaine des microalgues pour les biocarburants identifié à ce jour

Principaux secteurs

Canne à sucre, Fruits et légumes, Plantes aromatiques, Horticulture, Pêche et aquaculture Elevage, **Microalgues**, Santé et Bien-être, Environnement

Principaux marchés

Alimentation et aliments fonctionnels, **Bioénergie**, Biofertilisants, Eco-produits, e-santé, Extraits naturels tropicaux, Matériaux et produits bio-sourcés

Principales technos

Bioraffinerie, Bioremédiation, Bioinformatique, Biotechnologies végétales, marines, industrielles, santé, environnement, Combustion biomasse, Dépollution, Ecoextraction

Clusters: contribution à l'organisation de la filière

- **En France, la filière s'est en partie développée au sein de pôles de compétitivité liés:**
  - **aux façades maritimes: Pôles Mer Méditerranée, Mer Bretagne, Qualitropic**
  - **aux écotechnologies: Trimatec**
  - **[au bioraffinage: Industrie et Agro-ressources (IAR)]**

- **En 2009, les pôles Trimatec, Mer Bretagne et Mer Méditerranée signent un accord national (associant l'Ifremer, le CNRS et le CEA) dont l'objet est de contribuer à l'organisation d'une filière française de production et de valorisation des microalgues à usage industriel (applications: les biocarburants, la remédiation du CO2, la dépollution des eaux, la chimie verte et l'alimentation animale).**

- **La Convention des Pôles est depuis étendue au pôle de compétitivité IAR et Qualitropic.**

Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.3: Programmes et sociétés hors France

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.3: Programmes et sociétés hors France

B.3.1: Programmes Europe

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Projets EU production algues et biofuels

AQUAFUELs

Etablir l'état de l'art de la recherche et des activités de développement sur la biomasse aquatique non alimentaire pour la production de biocarburants 2ème génération (début en 2010)

EnAlgae: 19 partenaires et 14 observateurs

- **Développer 9 plateformes (3 macroalgues et 6 microalgues) en Europe et comparer les productivités et coûts d'exploitation estimés**

Facteur 4

- **IFREMER, INRIA, UPMC ; Budget: 5 600 K€ de l'ANR - Co-labellisé par les Pôles Mer Bretagne et Trimatec en 2012**
- **Sélection non-OGM de souches / populations originales de microalgues à fort potentiel pour des applications ciblées: productivité, tolérance , molécules produites pour:**
  - **développer une stratégie multiple (techniques de mutation, de marquage, de sélection, de criblage et d'isolement) et établir les bases d'une filière de production de microalgues autotrophes sélectionnées;**
  - **une production alternative de souches robustes: quadruplement des potentialités des souches issues d'algothèques.**
- **Suite du projet Shamash qui a:**
  - **mis en évidence les pistes de sélection/ mutation envisageables, face à la diversité des genres et espèces de microalgues,**
  - **permis de doubler la productivité en lipide d'une souche de *Isochrysis galbana*a**

Projets EU production algues et biofuels

BioAlgaeSorb

- **Aider les PME européennes à traiter les eaux usées, réduire les GES via la culture de microalgues**

D-Factory

- **02/2014 annonce de l'Univ. Greenwich d'un projet FP7 de 4 ans et 10 M€; 13 partenaires (universitaires: D, G, UK) et PME (*A4F AlgaFuel S.A.*, PT; *Nature Beta Technologies*, IL; *SPTechnical Research Institute of Sweden*; *Dynamic Extractions*, UK; *NateCO2*, D; *Instituto de Biologia Experimental e Tecnologica*, PT; *Evodos*, NL; *Hafren Investments*, UK; *IN*, Italy**
- **Développement de *Dunaliella* pour capturer le CO2 et construire une raffinerie 'D-Factory'.**

MED-ALGAE

(Production of biodiesel from Algae in selected Mediterranean Countries)

- **Coût: 2M€; début 2014 pour 36 mois sous l'égide du ENPI CBC Mediterranean Sea Basin Programme, et financé à 90% par l'EU**
- **Toutes les étapes de production d'algodiesel (eaux de mer ou douce) depuis les algues jusqu'au test du carburant selon normes EN14214; Identification de produits valorisables , ACV, recommendations, création d'un réseau**
- **5 pilotes (localisation: Chypre, Italie, Malte, Liban et Egypte)**

Fuel4me: FUture European League 4 Microalgal Energy

Financeurs

Europe

Budget

Total : 10 016 182,88 €
Contribution UE : 7 773 133,4 €

Durée

48 mois
01/2013- 01/:2017

Partenaires

Coordinateur : Wageningen U. (Netherlands)

- Ben Gurion U. (Israel)
- Niels henrik Norsker (NL)
- Evodos (NL)
- Feyecon (NL)
- IDConsortium (Spain)
- Cellulac LTD (Ireland)
- Fotosynthetica & microbiologica (Italy)
- Neste Oil Corp (NL)



Objectifs

- Développer un procédé 1 étape en optimisant le taux de lipide dans l'algue et le profil des lipides pour les carburants
- Adapter le procédé à une culture extérieure, robuste, continue sur l'année sous différents climats
- Développer le traitement des lipides pour Qté constante de volumes significatifs
- Montrer la validité d'un pilote en ESP
- Valider les aspects sociaux, environnementaux

DEMA - Direct Ethanol from MicroAlgae

Financeurs

Europe

Budget

Total : 2,88 M€
Contribution UE 0,4 M€

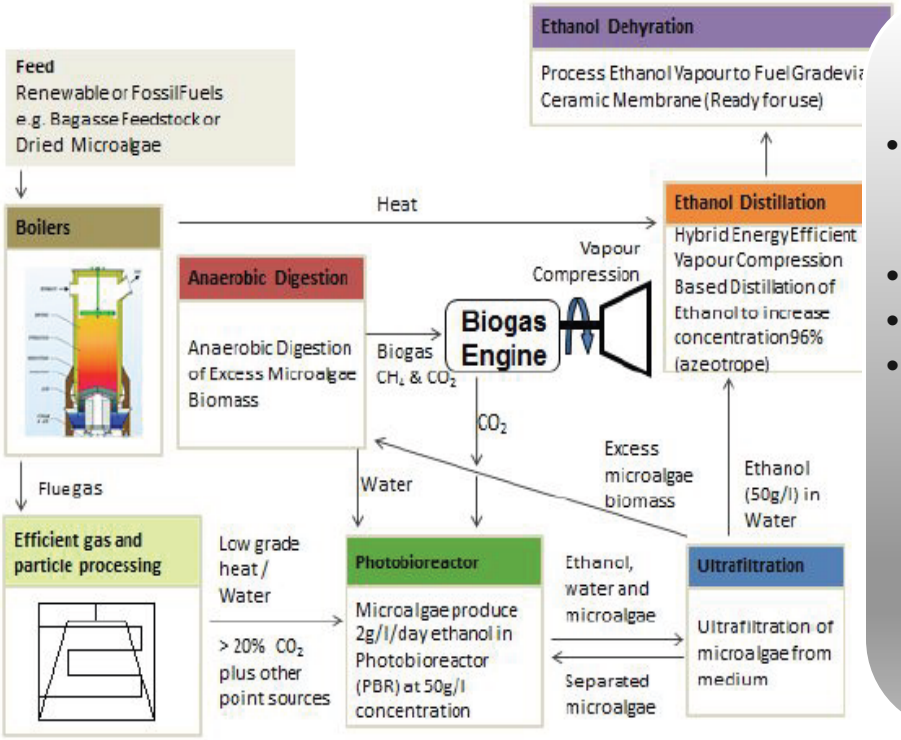
Durée

54 mois :01/12/2012
31/05/2017

Partenaires

Coordinateur : U. Limerick (IRL)

- A4F (P)
- U. Amsterdam (NL)
- U. Cambridge (UK)
- U. Turku
- Tereos
- Photanol
- LNEG



Objectifs

- Développer un procédé de production d'éthanol direct via des PBR peu chers en 2016
- Etude LCA et économique
- But: 0,4€/L
- Utilisation d'une souche modifiée de cyanobactérie Synechocystis sp PCC6803

Algae Cluster: démarche à benchmarquer

Financeurs

Europe

Conditions

Lead industriel;
Surface cultivée: 10 ha mini;
Productivité: 90t sèches/ha et an;CO2 issu d'applications renouvelables (pas pétrole)

Objectif

Démonstration algocarburants sur toute la chaîne de valeur

Attendus

Comparaison des impacts via une LCA identique (modèle défini a priori)
Impact sur changement d'usage de terres, consommation eau, électricité, énergie primaire…
Les +/- de chaque voie

Bilan

14 projets reçus
Cout total: €31 Millions
contribution EC: €20 Millions



Une démarche nouvelle de l'Europe qui demande un projet de dimension pilote (surface et productivité imposées) et géré par un industriel

BIOFAT: BIOfuel from Algae Technologies

Financeurs

Europe

Budget

Total : 10 016 182,88 €
Contribution UE : 7 773 133,4 €

Durée

48 mois : 01/05/2001-30/04/2015

Partenaires

Coordinateur : A4F ALGAFUEL SA

Ecocarburantes Españoles, S.A.

Universita degli studi di Firenze

Abengoa Bioenergia Nuevas Technologias SA

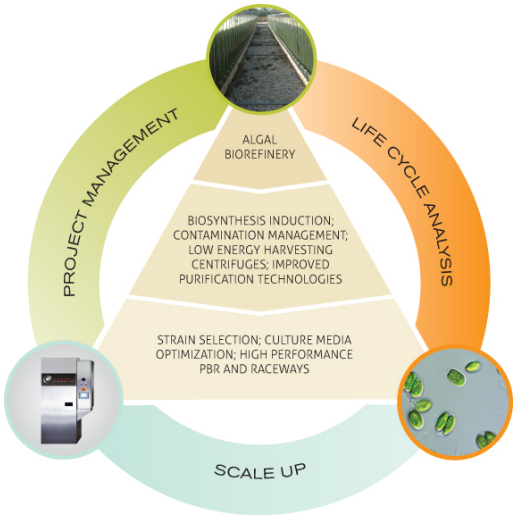
Ben-Gurion University of the Negev

AlgoSource Technologies

Hart Energy Publishing LP

IN Srl

A & A F. LLI Parodi SPA



Objectifs

- Développer un procédé continu en une étape au cours duquel la productivité lipidique des microalgues en culture est maximisée;
- Transférer ce procédé en extérieur;
- Intégrer une solution de récolte permettant la récupération de l'eau dans une unité pilote de 10 ha en Espagne.

BIOFAT détails

- The BIOFAT demonstration project aims to integrate the entire value chain in the production of ethanol and biodiesel. The process begins with strain selection and proceeds to biological optimization of the culture media, monitored algae cultivation, low-energy harvesting and technology integration. The project will be implemented in two phases: 1) Process optimization in two pilot scale facilities, each of 0.5 ha size, located in Italy and Portugal; and 2) Economical modeling and scale-up to a 10-hectare demo facility.
- The raw material will be industrial CO_2 derived from fermentation. Production will be based on low-energy consuming PBR. Algal oils will be transformed into FAME biodiesel and ethanol through fermentation. The project will also demonstrate the algorefinery concept with production of added value products in addition to biofuel.
- BIOFAT is coordinated by A4F-AlgaFuel (Portugal). Partners include: Abengoa Bioenergia Nuevas Tecnologias (ABNT), Univ. of Florence, Ben-Gurion University (Israel), Fotosintetica & Microbiologica (Italy), Evodos (NL), AlgoSource Technologies (France), IN SRL (IT) and Hart Energy (Belgium).

- **Etat selon newsletter 06/2014 :**

1. Assembly of relevant knowledge and experience from the partners (finished);
2. Development and design of detailed projects - 2 pilot plants in Portugal and Italy, both close to existing facilities (finished);
3. Project management, building and operation of the two pilot plants with related LCA evaluation (in progress);
4. Development of conceptual project and business case (subcontracted to Accenture) for 10 hectare demonstration facility to attract investors for the facility (in progress);
5. Design, build and operate the 10 ha demo plant so that it is possible to have a real production-based LCA at that scale; and
6. Transfer the 10 hectare plant and biorefinery to the Investor that financed the facility.

Steps 1, 2, 3 and 4 will be financed by EUFP7 contract; steps 5 and 6 will be financed by an investor that will have a special loan from the European Investment Bank through the Risk Share Financial Facility (RSFF).

ALL-GAS: Industrial scale demonstrator of sustainable algae cultures for biofuel production

Financeurs

Europe

Budget

Total : 11 773 672,15 €
Contribution UE : 7 106 680 €

Durée

60 mois : 01/05/2011-30/04/2016

Partenaires

Coordinateur : AQUALIA GESTION INTEGRAL DEL AGUA SA

Feyecon BV

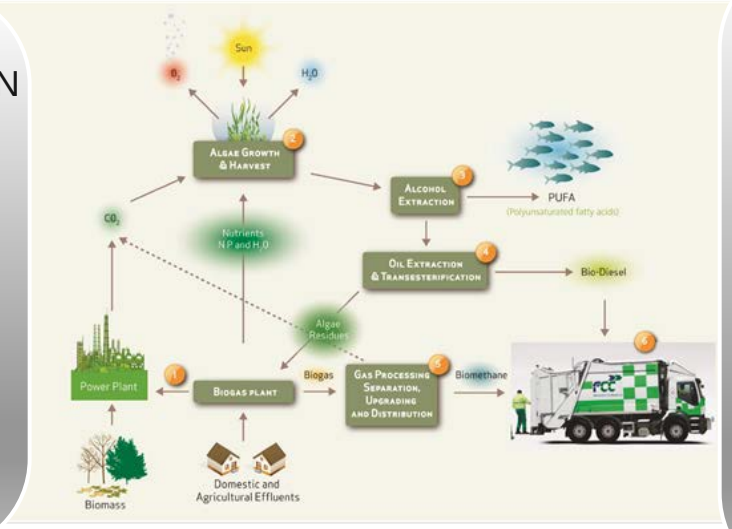
BDI – Bioenergy International AG

HyGear BV

MTD

University of Southampton

Fraunhofer



Objectifs

- Mettre en place une chaîne intégrée de 10 ha de la culture à la récolte des algues;
- Démontrer la durabilité des bassins à ciel ouvert, intégrant la séparation de la biomasse;
- Transformation de la biomasse en biocarburant;
- Traitement et réutilisation de l'eau.

All Gas détails

- The ALL Gas project (Industrial scale Demonstration of Sustainable Algae Culture for Biofuels Production) will use wastewater, and will introduce a patented 'Light Enhancement Factor (LEF)', to increase the biomass yield of raceway ponds. The residual algae will be digested with wastewater solids to produce biogas, which will be purified and used as fuel for at least 200 vehicles. Additional CO_2 will be generated via thermal conversion of agricultural residues and digestate from algal residues.

InteSusAl: Integrated & Sustainable µalgae cultivation with biodiesel validation

Financeurs

Europe

Budget

Total : 10 016 182,88 €
Contribution UE : 7 773 133,4 €

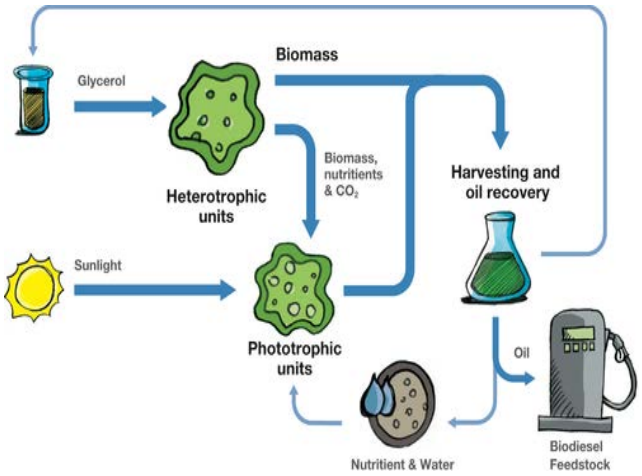
Durée

53 mois : 01/05/2011-31/10/2015

Partenaires

Coordinateur : CPI

- The Centre for Process Innovation (CPI) UK
- Necton PT
- EUREC B
- NIOZ Royal Netherlands Institute Sea Research NL
- NAREC UK
- Wageningen NL



Objectifs

- Développer une culture hétérotrophe et phototrophe intégrée dans un cycle de production (Raceway, PBR, Fermentation) et atteindre 90-120 t/ha et an d'algues;
- Sélection de l'algue et du mode de production pour optimiser le rendement Diesel;
- Contribuer à la sécurisation de l'approvisionnement EU et favoriser la pénétration des ENR pour réduire les GES;
- site de production de 1ha à Olhão PT.

InteSusAl détails

- InteSusAl (Demonstration of Integrated & Sustainable enclosed raceway and photobioreactor microalgae cultivation with biodiesel production and validation) aims to cultivate 1,500 dry tonnes from 10 ha over 18 months, which will be used to produce 580 tonnes of FAME biodiesel. Glycerine, will be used to enhance algal growth rates. The production site will be developed near the site of the existing E-BIO biodiesel production plant.

European Biofuels Technology Platform

- **Création 2006 http://www.biofuelstp.eu/index.html**
- **Mission: contribuer au développement d'une filière (R&D et industrielle) compétitive de biocarburants et promouvoir le développement des biocarburants en EU**
- **Organisation: Steering Committee et 4 groupes de travail: production et demande de biomasse, conversion et production de carburant, usage final et distribution, politique et soutenabilité.**
- **Une «task force» spéciale sur les algues mais qui n'est plus active depuis plusieurs mois (assez longtemps pour que la liste des participants ait été supprimée).**
- **Tenue d'un «Strategic Research Agenda (SRA)» et de l'European Industrial Bioenergy Initiative (EIBI)**
- **Lancement d'une base de données sur les projets de biocarburant en EU sur la base de Cordis et IEA Task 39 (http://www.biofuelstp.eu/spm2/pdfs/Birger_Kerkcow.pdf); biocarburants en général, statut des projets, financement et contact.**

Alfa-Bird: Alternative Fuels and Biofuels for Aircraft Development

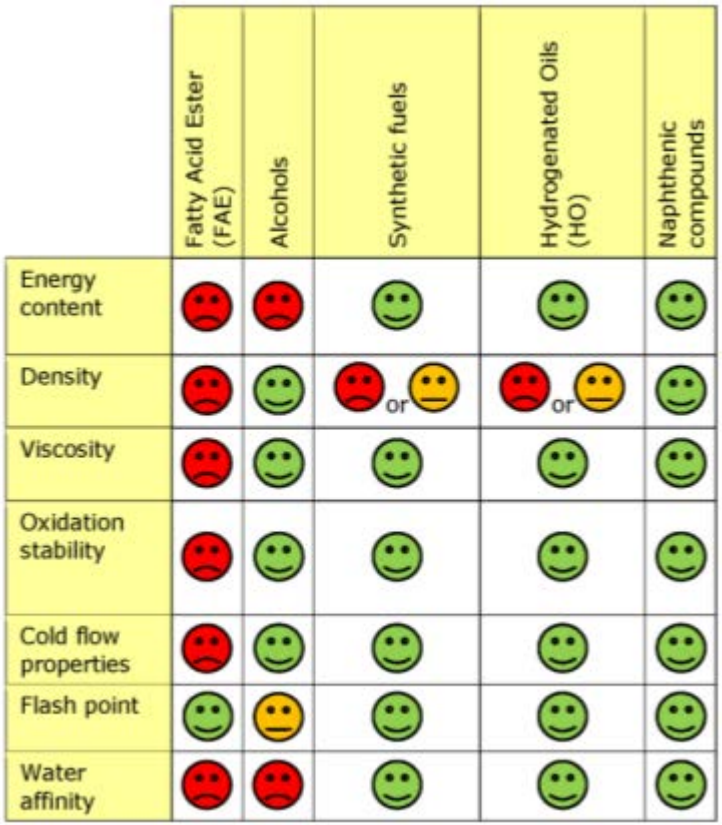


- Coordonateur: EU-VRi - The European Virtual Institute for Integrated Risk Management (EEIG) www.alfabird.eu-vri.eu 07/2008 pour 4 ans et 9.7 M€, dont contribution EU: 6.8 M€.

- Partenaires:
  - Airbus (FR et GB) , Avio S.p.A, CNRS, IFPEN, INRA , Snecma , Dassault Aviation, ONERA, INERIS, Lesaffre International, LISBP INSA,
  - Technologica (BE); DLR, Karlsruher Institut fuer Technologie, MTU (D); Rolls-Royce, Shell Aviation Limited, University of Sheffield (GB); Graz University of Technology (AT); Sasol Technologyb (Af. du S); University of Toronto
  - Basée sur une 1ère sélection d'alternatives les plus pertinentes, 5 nouveaux carburants ont été testés en conditions réelles en repensant l'ensemble carburant/moteur /ambiance:
  - court et long termes: les combustibles issus de paraffine à base d'huile végétale hydrotraitée et les combustibles synthétiques
  - moyen terme: les combustibles naphthéniques (nouveaux procédés tels que la liquéfaction de charbon ou de biomasse)
  - Long terme: les combustibles oxygénés, tels que les composés d'alcool ou furaniques

- Voir présentation http://www.airtn.eu/downloads/airtn-alfabird-web-sent-2012.pdf

Alfa-Bird: résultats



Court terme: XtL /huiles Hydrotraitées / composés naphténiques issus de la liquéfaction du charbon
Moyen terme : Composés naphténiques (liquéfaction de biomasse) / dérivés du sucre / alcool à longue chaîne
Long terme : Hydrogène, carburants cryogéniques…

EnAlgae

- **Projet INTERREG 03/2011- 06/2015**

- **19 partenaires académiques / publics et 14 observateurs:** Indigo Rock Marine Research Station / NETALGAE (IE/ERDF); Atlanpole (FR); Norwegian Biomass Association (NO); Tata Strip Products (UK); Institut fur ZukunftsEnergieSysteme (DE); Biosciences Knowledge Transfer Network (UK); SUNBIOPATH (FP7); Algal Energy Ltd (UK); Hessen RIC/Climate-KIC (DE); European Algal Biomass Association BIOMARA (ERDF); Roundtable on Sustainable Biofuels (CH); Le Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann (LU); Bord Iascaigh Mhara (IE)

- Publie des rapports sur l'état de la recherche et production d'algues (macro et micro) dans divers pays d'Europe

- **6 plateformes pour les essais de culture de microalgues**

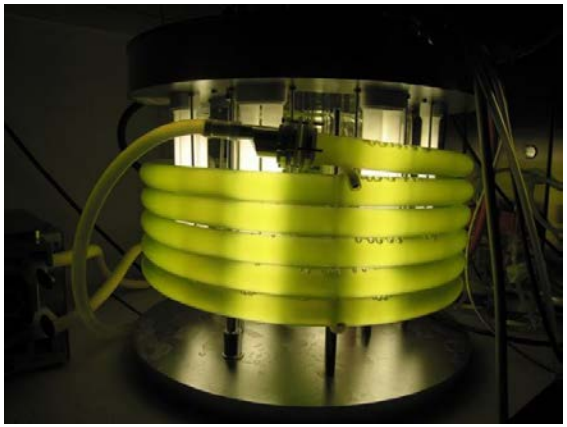
  - Swansea University (United Kingdom): several photobioreactors on-site and works with local aquaculture and heavy industry to identify potential sites for its mobile technologies. It has recently invested in a new type of reactor that will be housed in the University's greenhouse and will allow scientists to further explore ways to grow, harvest and process microalgal biomass.
  - Hochschule Für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (Germany) works in the field of closed loop aquatic production. Its facilities include several recirculation aquaculture systems (RAS) for marine fish and crustacean that are coupled with photobioreactors for the production of microalgae. The technology maintains clear seawater which nutrients can be dissolved in; this water can then be used for photoautotrophic co-production.
  - Ghent University, Campus Kortrijk (Belgium) has built a mobile pilot installation; a heated open pond with microalgal bacterial flocs (MaB-flocs) and flue gas injection. It will operate on three different company sites, treating parts of real waste water streams. Biomass will be harvested by sieving and then tested for its biogas potential.
  - Wageningen UR / ACRRES (Netherlands) has built two open pond system that connect to an anaerobic digesters feeding flue gas, minerals and warmth to the algae system. It has also built two open LED light assisted pre-culture basins. These facilities are providing vital data about how algae grows under different conditions.
  - Plymouth Marine Laboratory (United Kingdom) has upgraded a large-scale microalgae facility at the Boots company site in Nottingham. It consists of a photobioreactor system which is directly coupled to the emission stack of a gas turbine power station. The aim of the facility is to provide data on cultivation and maintenance of microalgae.
  - InCrops Enterprise Hub (United Kingdom) is building a pilot facility to investigate how by-products of water purification can be used to grow algae. The information collected will be shared across the partnership to develop understanding of the financial and environmental aspects of growing algae in North West Europe.

VTT Technical Research Centre

ALGIDA: Démonstration faite de la possibilité d'une production d'algue en Finlande malgré la température et le manque de soleil en hiver (*project manager, Principal Scientist Mona Arnold du* VTT). On vise une culture dans les eaux usées; les algues utilisent le CO2 de procédés l'été et des sucres en hiver;

SWEET : Pour palier la température locale, la ferme est située près d'un centre industriel dont on utilise la chaleur pour la culture et la récolte. Collaboration VTT et Kemira;

VTT vient de lancer un projet avec la compagnie pétrolière indienne ONGC et CLEEN Ltd. (Cluster for Clean Energy and Environment in Finland) pour démontrer la capacité des algues cultivées en eaux usées à capturer le CO_2 d'une raffinerie de gaz naturel



Algae May be a Potential Source of Biofuels and Biochemicals Even in Cool Climate, Olli Ernvall, VTT Technical Research Centre of Finland mars 31, 2014
http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/03/algae-may-be-a-potential-source-of-biofuels-and-biochemicals-even-in-cool-climate

AlgaePARC Wageningen (NL)

AlgaePARC: Algae Production and Research Centre

4 installations de 24 m^2 et 3 de 2.4 m^2 ; 3 PBR différents et 1 OP
Plateforme financée via des projets collaboratifs et des projets EU;

Mesure de nombreux paramètres en continu et récolte pour extraction de diverses substances (huiles, protéines, amidon, pigments..). Le CO2 et les nutriments viennent de résidus agro-industriels proches

Financement de 3,3 €M du Ministère de l'Economie, de l'agriculture et Innovation, de la province de Gelderland et de Wageningen UR.

Participation au projet «BioSolar Cells», 18 partenaires: BASF, DSM, Drie Wilgen Development, ExxonMobil, GEA, Heliae, Neste Oil, Nijhuis Water Technology, Paques, PDX, Proviron, Roquette, Sabic, Simris Alg, Staatsolie, Synthetic Genomics, TOTAL and Unilever.



EPFL

- **02/ 2014 - Une équipe de l'Institut Paul Scherrer et de l'EPFL (projet SunCHem) ont développé la conversion continue des microalgues en gaz naturel synthétique compatible avec le réseau de gaz (journal *Catalysis Today) en moins d'une heure par* gazéification hydrothermale. L'eau riche en algues monte à 400°C sous pression (état supercritique). Il y a alors dissolution des matières organiques et les sels inorganiques (moins solubles) sont récupérés sous forme d'un concentré de substances nutritives. La solution résiduelle est ensuite gazéifiée à l'aide d'un catalyseur pour séparer l'eau du CO_2 et d'un biogaz riche en méthane;**
- **Plusieurs souches sélectionnées en première approche: Chlorella sorokiniana, C. vulgaris, Scenedesmus vacuolatus, Nannochloropsis vacuolatus, Phaeodactylum tricornutum (Chlorophytes, eukaryotic green algae); Arthrospira (Spirulina) platensis and Synechococcus leopoliensis (Cyanobacteria, prokaryotic blue-green algae). Liste à affiner;**
- **Encore 5 à 7 fois trop cher comparé au gaz naturel. Les sels tels que P sont réinjectés dans la culture et l'eau recircule. Pour l'heure, un fonctionnement en circuit fermé conduit à la pollution du catalyseur par S des algues et une pollution par Al est néfaste aux algues.**

- **En 2011: étude d'implantation d'une production de microalgues sur le site de la raffinerie TAMOIL à Collombey dans le Chablais pour production de carburants. Coûts estimés du diesel entre 30 et 0,7CHF/L mais sans les nutriments. A l'époque, la conclusion était d'attendre le pilote du projet SunCHem.**

Continuous catalytic hydrothermal gasification of algal biomass and case study on toxicity of aluminum as a step toward effluents recycling; Catalysis M Bagnoud-Velásquez Today, volume 223, 15 mars 2014 http://actu.epfl.ch/news/de-la-biomasse-au-biogaz-les-algues-ouvrent-la-voi/

EAWAG

- Institut de recherche dans le domaine de l'eau et des systèmes aquatiques, et des interactions société/usages.

- 2 centres de compétences: eau potable et écologie, évolution et biogéochimie, études sur l'interaction des métaux et microalgues (accumulation et évolution), effets de l'environnement sur les microalgues, biodisponibilité

  Par exemple influence des nanoparticules d'argent (tissus anti odeur…) sur les algues

Institute of Biomass and Resource Efficiency (IBRE)

- **Fondé par le Paul Scherrer Institute (PSI) et l'Université des Sciences appliquées de Northwestern Switzerland FHNW en 2013.**

- **Focalisé sur l'usage durable de la biomasse via deux pôles: Energie et matériaux pour répondre à la politique fédérale "Energy Strategy 2050". Dirigé par le Prof. Dr. Timothy Griffin;**
- **L'un des objectifs est la production de biométhane à partir de résidus organiques (algues, boues et déchets) tout en obtenant des carburants liquides et des molécules organiques. Cela passe par des technologies de transformation propres et efficaces incluant l'analyse des fines produites (identification capture);**

. Le FHNW assume le rôle de plateforme de transfert de technologies;

- **En 2014, PSI et FHNW ont publié des résultats sur la liquéfaction hydrothermale de *Phaeodactylum tricornutum* par un réacteur batch: rendement max d'huile 39% à 350 °C**

Bauhaus Luftfahrt

- **Bauhaus Luftfahrt eV: institut de recherche à but non lucratif: avenir de la mobilité en général et l'avenir du transport aérien en particulier;**
- **Aspects techniques, économiques, sociaux et environnementaux. Focus sur l'énergie renouvelable (dont biomasse , solaire, électrique)**
- **Soutien de 4 groupes: Airbus groupe, IndustrieanlagenBetriebsgesellschaft (IABG), Liebherr-Aerospace et MTU Aero Engines et le ministère bavarois de l'économie et des médias, de l'énergie et de la technologie. Site Web: www.bauhaus-luftfahrt.net**
- **08/2013: co-budget de €10M du ministère bavarois des sciences et EADS**
- **bâtiment de 1000 m^2 pour un pilote de production Algentechnikum de microalgues à destination de biokérosène sur le "Ludwig Boelkow Innovation Campus " (Ottobrunn): l'*Algentechnikum* avec TU Munich (ouverture 2015) Prof. Dr. Thomas Brück brueck@tum.de +49 89 289 13253 Technische Universität München (TUM)**
- **Le consortium du campus compte EADS, IABG , Siemens, TU Munich, Bundeswehr Univ. Munich, l'univ. des Sciences Appliquées, Bauhaus Luftfahrt, et le DLR.**
- **Selon [1] le kérosène d'algues possède entre 5 et 7% d'énergie de plus que tout autre carburant traditionnel.**

1 http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/74813.htm

AlgenFlugKraft



- Projet AlgenFlugKraft (ABV): 5 M€ Ministère bavarois; 3 ans (mi 2013- 2016) Ludwig Bölkow Campus (LBC) – Ottobrunn, Munich. Budget total 10-12 M€

- EADS Innovation Works / BBSI UG: PME matériaux de construction durable et utilisation énergétique de la biomasse / Fuchs Lubrifiants Europe GmbH / NATECO deux GmbH & Co KG: extraction par CO2. Expérience dans l'extraction des algues et les levures en R & D et à l'échelle de production: fractionnement en une seule étape de lipides et de biomasse résiduelle www.nateco2.de/en/
- Bauhaus Luftfahrt eV / EMA - Université de Greifswald – Inst. Biol. Pharm.; Choix de l'algue
- TU Munich Dpt biocatalyse: isolement, caractérisation et optimisation orientée processus des enzymes et des micro-organismes Web: www.ibc.ch.tum.de
- Dpt chimie de ressources biogénique, section biochimie et enzymologie: optimisation de l'isolement et caractérisation de biocatalyseurs pour une valorisation matérielle des ressources renouvelables. Site Web: www.rohstoffwandel.de
- Dpt de génie biochimique: conversions de matériels biologiques. Expérience dans la manipulation et la culture de micro-organismes du laboratoire à l'échelle industrielle www.biovt.mw.tum.de/en/home
- Dpt de chimie technique II: conversion catalytique de la biomasse en jetfuel. www.tc2.ch.tum.de
- Contact : Prof. Dr. Thomas Brück; Technische Universität München (TUM); brueck@tum.de Tel.: +49 89 289 13253

AlgenFlugKraft[1]

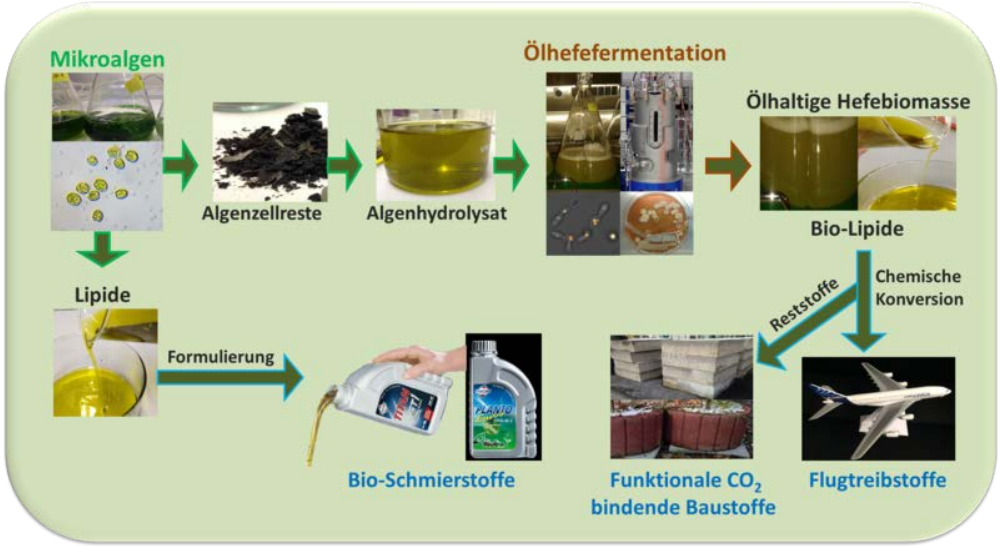
- **08/2014 1er bilan[2] :**

… the project schedule was met and even exceeded in some cases. In the following time the established methods need to be optimized and transferred into a larger scale.

… fastgrowing algae strains lipids are extracted and converted into high-quality lubricants. The remaining algae residues serve as a nutrient for oil yeasts, which will produce bio-kerosene for aviation. Again, the accumulating residues are further processed, this time into CO2-adsorbing materials. This environmentally friendly and economic biorefinery completely uses both algae and oil yeasts. Thus, no waste is generated.

… In the first year of the project the project partners achieved important successes and could show: The project is on the right track towards the biorefinery of the future…

Selon [3] usage de nouvelles souches vivant en conditions extrêmes. Screening par Fluorescent-Activated Cell Sorting (FACS); ils auraient analysé de nombreuse souches sous divers climats dans un pilote "maison" en OP permettant un bouclage rapide entre screening/résultats de culture et récolte.



1 Bavarian Perspectives on Alternative Fuels -Prof. Dr. Mirko Hornung Executive Dr Res.& Technol Bauhaus Luftfahrt -ILA 2014

2 http://www.ibbnetzwerk-gmbh.com/uploads/media/PM_Projektstatus_after_1_year_ABV_IBB_Netzwerk_GmbH_en.pdf

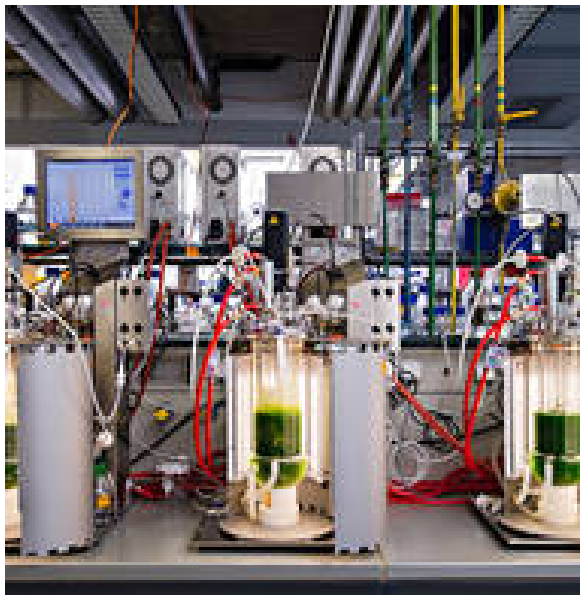
3 High-throughput screening of extremophile microalgae strains for the production of bio-kerosene (#poster 27), J Schmidt et al Australian Society for Microbiology, Annual Scientific Meeting 2014

AlgenFlugKraft : Futureled et TU Munich

- **12/2014: Dans le cadre de AlgenFlugKraft, développement d'une nouvelle technologie de LED pour améliorer la culture des microalgues ;**
- **Collaboration avec Futureled pour développer un outil de simulation d'éclairement/climat variable;**
- **Implique aussi la chaire «Technical Chemistry II (conversion catalytique de biomasse), l'Institute of Biochemical Engineering Univ. Munich (changement d'échelle et culture), Clariant AG (procédé, séparation des huiles) et Conys GmbH (production de biomasse et H2, spécialiste biogaz.**

- **Longueur d'onde 400 à 800 nm et 1000 W/m2 avec une distribution d'intensité proche de celle du soleil.**
  Contrôle individuel des LED pour adapter les spectres
- **Outil de recherche permettant de simuler un environnement**

- **Prof. Dr. Thomas Brück Technische Universität München**
  Research Group Industrial Biocatalysis
  Lichtenberg Str. 4, 85748 Garching, Germany
  Tel.: +49 89 289 13250 –



Laboratory bench with LED-bioreactors –
Photo: Andreas Heddergott / TUM

AUFWIND

- **Algenproduktion und Umwandlung in Flugzeugtreibstoffe: Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Demonstration**
- **06/2013: 12 partenaires et 2,5 ans: optimiser la production d'algokerosène via la comparaison de divers procédés de culture (plusieurs PBR), récolte, extraction et production d'un kérosène compatible ASTM et analyser l'intégration (traitement des eaux, production de coproduits)**
- **Ministère fédéral de l'alimentation, agriculture et protection du consommateur (BMELV): apporte 5.75M € sur les 7,4 via son agence de management de projet FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe).**
- **Les partenaires**
  - **Forschungszentrum Jülich GmbH (Gesamtkoordination), Institut für Bio- und Geowissenschaften, Bereich Pflanzenwissenschaften (IBG-2); Dr. Andreas Müller a.mueller@fz-juelich.de**
  - **EADS Deutschland GmbH**
  - **DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH**
  - **NOVAgreen Projektmanagement GmbH**
  - **Phytolutions GmbH**
  - **Hochschule Lausitz (FH)**
  - **OMV Deutschland GmbH**
  - **RWTH Aachen University ; http://www.rwth-aachen.de/go/id/dwkt/?lidx=1 Tobias Klement +49 241 80 20562 klement@cmt.rwth-aachen.de**
  - **Technische Universität München**
  - **Fraunhofer Institut : sous projet UMSICHT analyse des diverses huiles algales reçues des autres partenaires**
  - **VERBIO Vereinigte BioEnergie AG**
  - **VERFAHRENSTECHNIK Schwedt GmbH : VTS GmbH procédé de transformation en kérosène**

http://www.umsicht.fraunhofer.de/en/press-media/2013/algae-based-fuels.html
http://www.umsicht.fraunhofer.de/en/press-media/2013/algae-based-fuels.html

Autres projets en Allemagne

- **QuaNaBioL : "Quality Assurance and Sustainability in the Provision of Biofuels for Aviation“ qui a démarré en 08/2012. Notamment Fraunhofer UMSICHT pour sa connaissance de la biomasse;**

- **AllGas : Projet FP7 qui inclue des allemands : Industrial scale demonstration of sustainable algae cultures for biofuel production (D, NL, AT, PT, ESP, T, UK)**

- **OptimAL: (02/2014 – 01/2017) 1,4 M€ du Ministère allemand de la recherche.**

R&D en Allemagne



- **Il existe une stratégie nationale d'utilisation durable et de protection des mers, une nouvelle stratégie pour la biotechnologie (compétences et moyens importants) à l'horizon 2030, mais la biomasse algale pour l'énergie n'est pas considérée un secteur stratégique (comparaison avec les montants alloués à d'autres projets et à la coordination inter-projets);**

- **Pas de grand pétrolier pour fédérer le réseau. Des grands chimistes pourraient jouer ce rôle mais ne visent pas l'énergie;**

- **L'approche pour développer les biotechnologies marines ne serait pas encore optimale: peu de programmes pour la valorisation des travaux, et les programmes existants ne sont pas assez efficaces => besoin de rapprocher les travaux des laboratoires académiques et les industriels;**

- **Actuellement, les problèmes rencontrés sont :**
  - **le manque de formation académique spécifique aux biotechnologies marines;**
  - **le manque de coordination entre les différents acteurs et les décideurs politiques;**
  - **et le manque de suivi dans les financements accordés.**

Conclusions Programmes Europe

- **EnAlgae et AquaFuel avaient pour but de dresser des états de l'art en Europe;**
- **L'EU se tourne vers des projets intégrés (de l'algue à la pompe) et finance des pilotes;**
- **Le dernier appel d'offre en date (Algae Cluster) impose même des rendements et un pilotage par l'industrie;**
- **Mais la France est sous représentée dans les projets;**
- **Des projets nationaux de plateformes également qui incluent des acteurs industriels ou non (AlgoSolis)**

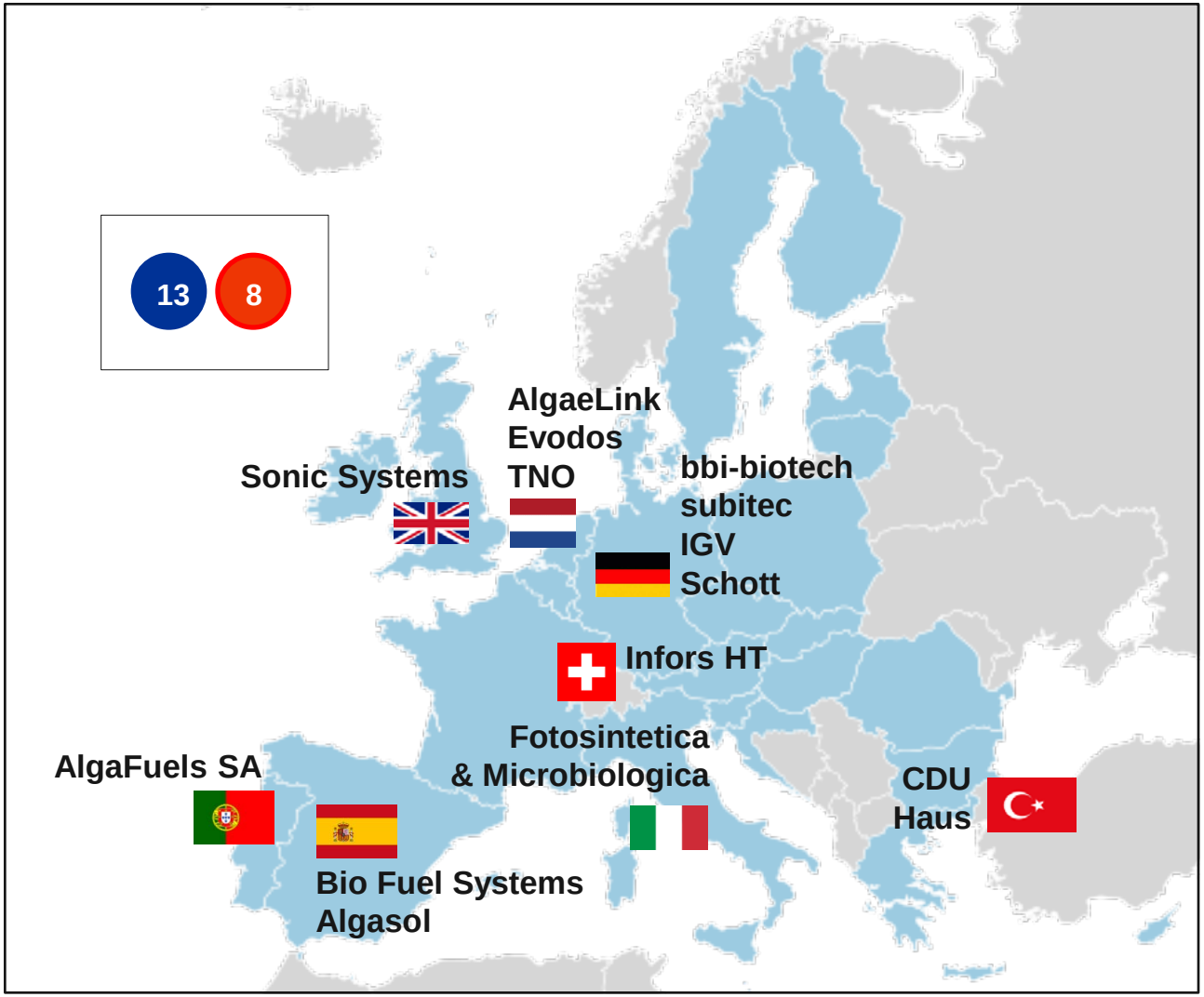
Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.3: Programmes et sociétés hors France

B.3.2: Sociétés Europe

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Principales sociétés en EUROPE (hors FR)



AlgaeLink NV

Informations générales

www.algaelink.com

Note: le site web semble peu actif depuis 2011

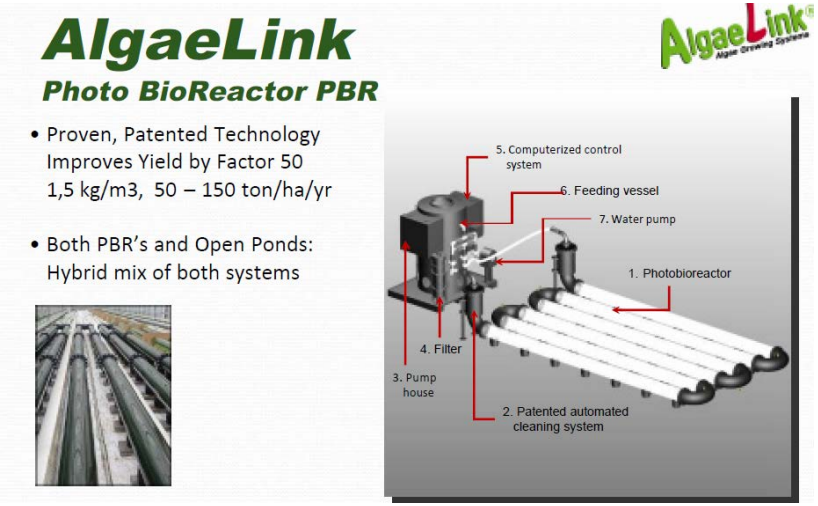
EQUIPEMENTIER

Création en 2007 par Peter van den Dorpel (CEO);
Produit des PBR bassins ouverts et ingénierie de définition et mise en œuvre jusqu'à l'extraction;
A développé une nouvelle méthode d'extraction d'huile pour la production d'huile algale, notamment sans utilisation de produits chimiques dangereux et coûteux;
RIG Investments N.V. (RIG) a pris le contrôle et renommé la société "AlgaeLink Solutions".

Marchés visés: nutrition humaine, alimentation animale, carburant, CO2 et émission des eaux usées

Projets majeurs

En 2008: accord avec KLM et Bellona (fondation à but non lucratif autour de l'environnement NO) pour la production de carburant pour l'aviation: PBR de 4 * 6 m et 3000 litres;
Revendiquait en 2009 des relations avec le Club de Madrid, les gouvernements des USA, AU, CN et la US Nal Algae Association et plus de trente systèmes en œuvre en ESP, NL, AU, IN, TW, CN et aux Amériques.



IEA Bioenergy Liege 1 October, 2009 Peter van den Dorpel

Peter van den Dorpel Chief Executive Officer E: peter.vandendorpel@algaelink.com / M: +31 653 224 356

bbi-biotech GmbH

Informations générales

bbi-biotech.com/en

EQUIPEMENTIER

Création en 2009 à Berlin par Bernd-Ulrich Wilhelm;

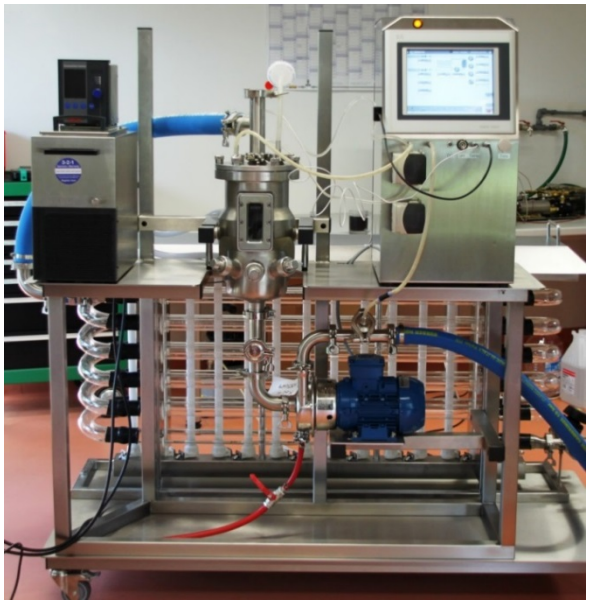
Fermenteurs et PBR essentiellement pour R&D;.

Etudes et systèmes à façon pour biotechnologie, pharmacie, cosmétique et agro-alimentaire;

Produits:

Fermenteurs et bioréacteurs: gamme xCUBIO bioréacteurs algaux “boite a outil” avec modules prédéfinis et modulables à la demande. V= 1, 5 ou 10L en acier ou verre mais possible d’aller sur mesure à quelques milliers de litres;

“sampling systems”: bioPROBE pour l'échantillonnage automatique sans volume mort de fluides: combine systèmes de culture + analyse des processus en aval.



Projets majeurs

- Aout 2014: quelques adaptations sur le xCUBIO ont permis la culture d’algues au laboratoire; mesure directe du contenu en colorants et validation sur algues fragiles. Système stérilisable agréé sur culture hétérotrophe d’OGM.
- 01/03/15: bbi-biotech GmbH a commencé à intégrer les PBR d’IGV Biotech dans son propre portefeuille de produits en sciences de la vie.

Evodos BV

Informations générales

www.evodos.eu

EQUIPEMENTIER

Evodos est focalisée sur la récolte d'algues dont microalgues et possède plus de 70 clients sur le marché des algues; appareil *dynamic settlers*®, avec la s*piral plate technology*®, technologie brevetée.

La société est également partenaire de différents projets de R&D (EU et DOE aux US).

Projets majeurs

- projet européen FUEL4ME visant entre autres à développer un procédé 1 étape en optimisant le taux de lipide dans la microalgue et le profil des lipides pour les carburants, et à adapter le procédé à une culture extérieure.

- projet BIOFAT visant entre autres à développer un procédé continu en une étape au cours duquel la productivité lipidique des microalgues en culture est maximisée et à transférer ce procédé en extérieur.

Evodos est focalisée sur la récolte

Subitec

Informations générales

www.subitec.com/de

- FOURNISSEUR DE SYSTEMES DE CULTURE

Création en 2000 par le Prof. Trösch et le Fraunhofer Venture;

La société a commencé par développer avec Fraunhofer IGB diverses algues et améliorer le PBR “Flat Panel Airlift (FPA)”: brevet en 1999. Subitec optimise les bioréacteurs pour la culture des algues marines et d'eau douce en fonction des besoins spécifiques de ses clients ou des projets. Dans le cadre du développement d’énergies alternatives peu émettrice de CO2, Subitec s’est dotée d’un partenaire universitaire: le professeur Clemens Posten et son équipe de l'Institut de Technologie de Karlsruhe (KIT). Ensemble, ils travaillent sur les bioprocédés qui permettent de cultiver l'algue verte *Chlamydomonas reinhardtii* dans le but de produire de l'hydrogène.

Investissements

- Été 2012 : eCapital (Investisseur des cleantech) et KfW en plus des fondateurs

- http://subitec.com/en/products-and-services-algaebiomass-technology

IGV GmbH

Informations générales

www.igv-gmbh.de

FOURNISSEUR DE SYSTEMES DE CULTURE
Création en 1960 comme institut de recherche, privatisé en 1994. Prof. Otto Pulz, spécialiste des systèmes tubulaires qui aurait installé plus d'une centaine d'installations dans le monde;
95 personnes CA 6.5 M €
12 brevets (non spécifiques aux algues);

Développe des produits innovants, des installations et des procédés dans le domaine de l'alimentation (dont technologies de la boulangerie, procédés et analyses alimentaires) et est expert des biotechnologies utilisant les microalgues;
Procédés de culture et développements de PBR 2L – 160,000 L;

Depuis le 01/03/15, la société bbi-biotech GmbH a commencé à intégrer les PBR d'IGV Biotech dans son propre portefeuille de produits en sciences de la vie suite à la décision d'IGV de quitter ce secteur d'activité.

Projets majeurs

- En juillet 2013, IGV a remplacé Algetech Industries AS dans le projet européen SUPRABIO, projet général sur biomasse dont algues (avec AlgoSource Technologies): analyse souche optimale pour production EPA/DHA et β-glucans; culture dans PBR 12 mois; analyse intégration PBR dans bioraffinerie (usage CO2 et calories).
- Effet antimicrobien dans cosmétiques: mélanges extraits micro et macro-algues (Spirulina and Ascophyllum). Effet démontré sur formulation cosmétique selon régulation EU, effet anti-âge et irritation.

Schott AG

Informations générales

Groupe international technologique créé en 1884 (verre pour pharmacie, électronique, optique et transport);
Présent dans 35 pays – 15 400 pers;
CA mondial: US$ 2,5 Mds 2012/2013

EQUIPEMENTIER

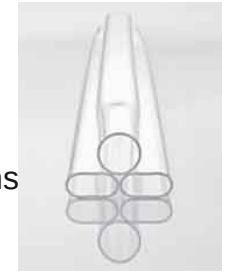
Développe et produit des matériaux spécialisés, des composants et des systèmes particuliers pour des applications dans des appareils ménagers, dans l'industrie pharmaceutique, dans l'électronique ainsi que dans des domaines tels que l'énergie solaire, l'optique et l'automobile.

Projets majeurs

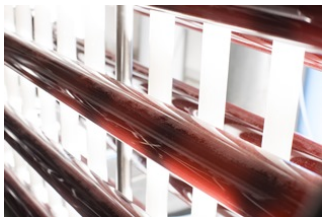
- 09/2013: présentation lors du 7th Annual Algae Biomass Summit à Orlando (Floride): introduction de tubes ovales en verre qui devraient permettre une croissance plus rapide; le tube conserve une extrémité ronde pour garder une facilité de connexion. Selon Dr. Nikolaos Katsikis, «la forme ovale du CONTURAX®permet meilleure pénétration et distribution de lumière»;
- 02/2014: collaboration avec Heliae et l'université d'Arizona (ASU): Schott finance un PBR d'HelixTM construit par Heliae et installé à ASU. Schott approvisionnera le site de la plateforme HelixTM avec diverses configurations qui seront testées. ASU analysera également la croissance de diverses souches et les régimes de production;
- 09/2014, SCHOTT et Algatechnologies Ltd. Ont présenté à l'Algae Biomass Summit un nouveau système de tubes fins pour augmenter la productivité, le DURAN®, validé sur les cultures d'Algatech qui envisage de doubler sa production d'astaxantine. En 2013 SCHOTT a produit 16km de tubes testés en Israël. La finesse des tubes permet d'augmenter le volume et la pénétration de lumière sans perdre en propriétés mécaniques.

- Raz Rashelbach, Dr. R&D Algatech: "*The success of the thin-walled DURAN tubing has helped increase the AstaPure production efficiency on a small scale that can now be replicated on a much larger scale*."
- Nikolaos Katsikis, Dr. Bus. Dev. SCHOTT Tubing annonce qu'une part de l'usine dans le désert d'ARAVA servira de beta test à ses composants.

http://www.us.schott.com/english/news/press.html?NID=us563



Tube ovale en verre



PBR constitué de tubes DURAN®

Haus

Informations générales

www.haus.com.fr

EQUIPEMENTIER

Création 1954 à Aydın (Turquie) pour la filtration (huile d'olive) puis les eaux usées, pétrole, industries alimentaire, chimique et pharmaceutique;

Décanteurs, centrifugateurs et séparateurs;

Partenaires du projet EU Algaemax 2012-2014 « Efficient Microalgae Harvesting »

Produits dans les biocarburants

- Décanteurs centrifuges dans la production de biodiesel (clarification des huiles, élimination des résidus solides, séparation de la glycérine, séparation de l'éthanol pendant la production de glycérine);
- Séparateurs centrifuges en production de biodiesel (séparation biodiesel - mélange eau + glycérine après transestérification, séparation des particules solides);
- Décanteur centrifuge en production d'éthanol

CDU

Informations générales

www.cdu.com.tr

PRESTATION DE SERVICE ET CONSEIL

Création en 2009 pour effectuer de la recherche appliquée sur les microalgues: production et extraction à destination des marchés de l'alimentation humaine et animale, l'agriculture, les cosmétiques et l'énergie;

Implantation près d'un centre de recherche national IZTEKGEB - campus of Izmir Institute of Technology (IZTECH);

CDU a développé un pilote de production de microalgues qui lui permet de tester diverses configurations.

Projets majeurs

Possède un pilote commercial de production d'un engrais à base de microalgues « EMEK MİKROBİYAL GÜBRE »

Partenaire des projets EU Algaemax 2012-2014 et Algaedisk 2012





INFORS HT

Informations générales

http://www.infors-ht.com/

EQUIPEMENTIER

Création en 1965 à Bâles;

Fermenteurs, agitateurs et PBR essentiellement pour R&D mais également des pilotes jusqu'à 750L;

Etudes et systèmes à façon pour biotechnologie, pharmacie, cosmétique et agro-alimentaire.

Produits:

PBR a LED: le Labfors 5 Lux de type flat panel; 1,6 -1,8L; choix du spectre lumineux

Projets majeurs

Un projet avec Mycrophyt de développement d'un PBR (Eurostars Project E!7283 ALP)
Eviter la formation du biofilm et contrôler la culture: séries de chambres annulaires horizontales autour d'une lampe centrale. V= 150 L h; 3 m² de surface éclairée; contrôle des LEDs jusqu'à 800 µE/m²/s.
2013 - 2015 (développement commercial prévu)



Labfors 5 Lux

SONIC SYSTEMS Ltd

Informations générales

www.sonicsystems.co.uk

EQUIPEMENTIER

Création en 1985 par John Perkins pour la conception et la fabrication de transducteurs ultra sonores;
Vise de nouveaux segments de marché, nouveaux produits et nouveaux usages des ultrasons;
Marchés adressés : médical, pharmacie, industrie et chimie;
Partenaire du projet EU: Algaemax 2012-2014 pour l'agglomération des algues jusqu'à 5% via les ultrasons.

A4F AlgaFuels SA

Informations générales

www.a4f.pt

BIOENGENIERIE

CEO: Nuno Coelho;

Société de bioingénierie visant à développer des projets pour la production industrielle de microalgues; Issue de Necton;

Plus de 12 ans d'expérience dans le développement de projets «microalgues»;

Activités de R&D à Algarve, dans le sud du Portugal et bureaux à Lisbonne;

Conçoit, construit, met en œuvre et transfère des usines de production de microalgues à grande échelle et aide également ses clients au développement de produits.

4F: Food Feed Fiber Fertiliser ….and Fuel

Projets majeurs

Coordinateur du projet BIOFAT visant entre autres à développer un procédé continu en une étape, au cours duquel la productivité lipidique des microalgues en culture est maximisée.

Partenaire de GIAVAP

Algasol

Informations générales

http://www.algasol.

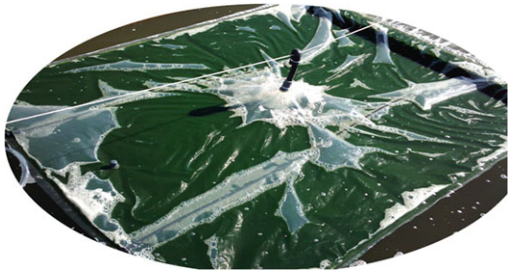
Développement initial d'un « sac » immergé dans lequel on fait croître les algues

Production de matière première algale pour des marchés à haute valeur ajoutée tels la nutraceutique, l'alimentation humaine et animale, l'aquaculture, le traitement des eaux usées et les biocarburants renouvelables;

Deux filiales pour l'alimentation (humaine et animale) surtout Algasol Bangladesh Ltd et Algae Biomass Bangladesh Ltd qui distribue la technologie

Brevets

- Son PBR a été breveté dans 46 pays (Floating PBR patent based on density difference with internal aeration – PCT NO: **PCT/IB2009/000076);** Plusieurs brevets;



Projets majeurs

.

2013: 1er projet commercial conduit par Biodiesel Misr (EG): production de diesel algal pour les besoins locaux; 5ha de culture

Fotosintetica & Microbiologica Srl

Informations générales

www.femonline.it

Spin-off de l'Université de Florence (Dipartimento di Biotecnologie Agrarie) créée en 2004 par le Prof. Mario Tredici;

A créé une collection de cultures d'algues d'environ 950 souches et développe un PBR à bas coût permettant l'exploitation des microalgues pour l'alimentation, la chimie et les biocarburants;

Brevets

PBR breveté WO 2004/074423 "Reactor for industrial culture of photosynthetic micro-organisms": 1ère génération de Green-Wall Panel GWP I – 2003

2ème génération GWPII – 2009 - brevet PTW09325

Projets majeurs

- projet européen FUEL4ME;
- projet BIOFAT;
- Collaborations avec de nombreuses sociétés dans le monde entier

TNO

Informations générales

https://www.tno.nl/en/

Fondé en 1932 pour le développement de la connaissance; organisation indépendante (“public law”), ni université, ni société;

Nombreuses activités de recherche dans l’énergie et la marine notamment;

Projets majeurs

- Le projet VALORIE: la première raffinerie d'algues ouvre ses portes à Lelystad **http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/77142.htm**
- VALORIE (Versatile ALgae On-site Raw Ingredient Extractor: usine pilote mobile mise au point par TNO, Algae Food & Fuel et l'université de Wageningen;
  reconnaissance du savoir faire de TNO dans le domaine de la physiologie cellulaire, la technologie de séparation et la compréhension du fonctionnement des ingrédients; Extraction du maximum d’ingrédients des algues; 120 manifestations d’intérêt lors de l’inauguration.
- Dr. Ir. Rommie van der Weide +31(0)320 291631 -https://www.wageningenur.nl/fr/Persons/Rommie-van-der-Weide.htm lle..

- **Brevets**

ENZYME PROMOTED CO2 CAPTURE INTEGRATED WITH ALGAE PRODUCTION EP2742144: usage d’une enzyme pour transformer CO2 en espèce carbonée soluble utilisée dans un second temps par les algues et recyclage des flux liquides.

https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2014/9/first-algae-refining-pilot-plant/

Quelques disparus

SBAE Industries NV

Société créée en 2006 en Belgique (Waarschoot) par le Dr. Koen VANHOUTTE pour la production de microalgues pour diverses applications dont suppléments nutritionnels pour les animaux, aquaculture, cosmétique, additifs pour l'industrie alimentaire et biocarburant.

3 brevets sur des systèmes de culture.

Société disparue en 2011.

Bio Fuel System (BFS)

Informations générales

www.bfs-france.com

Start-up espagnole basée à Alicante créée par Bernard Stroïazzo-Mougin, Président-fondateur;

Présence en France: l'équipe BFS-France (Paris 17e) pilotée par Cédric Barbier et Pierre Baros gère la représentation commerciale exclusive de la technologie BFS pour la France et assure l'accompagnement pré-industriel des projets.

BFS est à l'origine du premier procédé de conversion accélérée du CO_2 (inventé par Bernard Stroïazzo-Mougin) en pétrole artificiel. Cette technologie de synthèse contrôlée, fruit de cinq années de recherche menée en coopération étroite avec les universités d'Alicante et de Valence, a permis la création d'une 1ère usine-pilote de production à Alicante, près de Valence en Espagne.

Cette usine pilote est installée à proximité de la cimenterie Cemex rejetant le CO2 nécessaire à la croissance des algues; elle est capable de neutraliser à elle seule et par hectare équipé, 12.000 tonnes de CO2 par an pour une production de 5.500 barils de pétrole;

La culture intensive des micro-algues et l'absorption massive du CO_2 s'opère en milieu fermé et dans des photobioréacteurs verticaux pour une optimisation des surfaces d'implantation, un meilleur contrôle des propriétés physico-chimiques du milieu d'élevage et une rentabilité optimale.



Vue aérienne de la 1ère;re usine pilote BFS à Alicante

Bio Fuel System (BFS)

BFS intervient sur plusieurs marchés de taille (pétrole, énergies renouvelables, CO2, Oméga 3) qui peuvent être abordés séparément. Caractère spécifique de BFS en tant que technologie multi-produits.

BFS crée en réalité un nouveau marché intégré, mêlant valorisation du CO2 évité, pétrole, production d'électricité et dérivés biochimiques.

Brevets

Plus de 20 brevets déposés dans le monde;

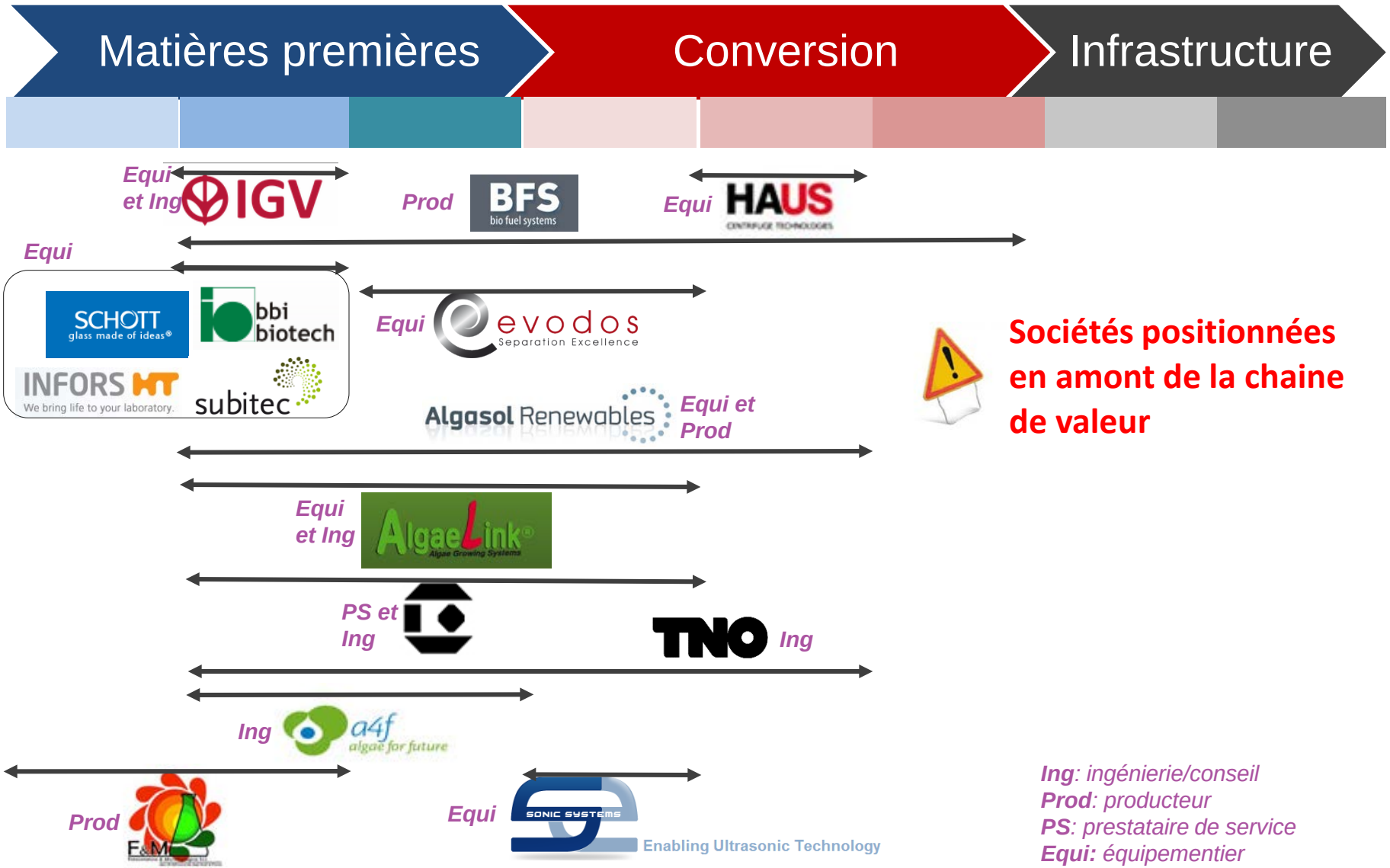
Le procédé de synthèse développé par BFS est breveté et s'inspire du processus naturel à l'origine de la formation du pétrole d'origine fossile. Il utilise des éléments comme l'énergie solaire (comme source principale d'énergie), la photosynthèse et les champs électromagnétiques associés aux propriétés organiques du phytoplancton (micro-algues marines) pour convertir le CO_2 issu des émissions industrielles, en une biomasse puis en un pétrole artificiel similaire au pétrole fossile, sans soufre et sans métaux lourds.

Investissements

Usine pilote grandeur nature construite sur fonds propres;

BFS-France a élaboré un programme d'investissement destiné aux industriels et aux investisseurs lié au déploiement de sa technologie en France.

Les sociétés sur la chaîne de valeur



Sociétés positionnées en amont de la chaine de valeur

***Ing**: ingénierie/conseil*
***Prod**: producteur*
***PS**: prestataire de service*
***Equi:** équipementier*

Synthèse France - Europe

- Une grande partie des pays européens représentés => problématique européenne commune
- La France apporte des financements du même ordre que la CE pour tous les Etats Membres
- Un semblant d'essoufflement dans les financements (à confirmer post 2014)

€

Recherche

- Des laboratoires français reconnus sur la partie amont de la chaine de valeur (3 souchothèques)
- 5 pôles de compétitivité : Trimatec, Mer Bretagne Atlantique, Mer Méditerranée, Qualitropic, IAR
- Quelques plateformes et sites de production pilote : Salinalgue, Heliobiotec UMR 7265, GEPEA (AlgoSolis)
- Des plateformes en Europe notamment issues des projets EU (Swansea UK, Hochschule Saarlande D) ou mixtes (Wageningen, NL) ou hors EU (Campus EADS/ Univ Munich)

Sociétés

- Pas de producteur d'algo-carburant en France à ce jour
- Positionnées en amont de la chaine de valeur : surtout Start-up /PME
- Production industrielle chez Roquette (alimentation)
- Fermentalg et Alpha Biotech pour des produits à haute valeur ajoutée
- Grands groupes = participation aux projets de recherche
- Seules 4 entreprises françaises sont partenaires des projets financés au niveau européen
- 1 sté FR, Algosource, dans le dernier AAP FP7 Algaecluster (3 plateformes)
- GreenStar (IEED) aurait pu structurer la filière; projet abandonné.

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.3: Programmes et sociétés hors France

B.3.3: Programmes USA

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

U.S. Department of Energy (DOE)

- **Le DOE vise un prix inférieur à $1,32/L en 2019 et 0,79$/L en 2030 (pour 18,92 Mds litres/an) via des plateformes multi-produits (Haute VA telle que pharmacie par ex);**
- **Après publication de la National Algal Biofuels Technology Roadmap en 2010, le BETO (Bioenergy Technologies Office) du DOE a lancé plusieurs types d'actions:**

- **Mai 2010: 4 Consortia algocarburants (dont 2 se poursuivent):**
  - **National Alliance for Advanced Biofuels and Bioproducts NAABB (rapport final)**
  - **Sustainable Algal Biofuels Consortium**
  - **Consortium for Algal Biofuels Commercialization**
  - **Cornell Consortium**
- **Aout 2012: 5 projets sur 2 sujets « Advancements in Sustainable Algal Production »**
  - **Water and Nutrient Recycling: U. California Polytechnic State; Sandia National Lab. et U. de Toledo**
  - **Testbeds: Regional Algae Feedstock Testbed Partnership et Plateformes ATP atp3.org; Réseau d'acteurs privés, académiques et laboratoires nationaux; Subvention de 15$M du DOE (BTO); Projet de 5 ans (2013 - 2018); R&D autour des microalgues pour l'énergie et co-produits; Plateforme ouverte à tous les industriels et académiques**

Permet de tester la même souche sur 6 plateformes au même moment dans des conditions concertées (pas identiques car réparties sur USA); permet des comparaisons de productivité, de résistance aux agressions…

http://cleantechnica.com/2014/10/01/25-million-algae-biofuel-blitz-planned-energy-department/

DOE

- **projets cofinancés pour démonstration de production de diverses algues et méthodes de conversion:** Sapphire Energy Inc. (démonstration), Algenol Biofuels Inc. (pilote), Solazyme Inc. (pilote), and BioProcess Algae (pilote) ou pour “Advancements in Sustainable Algal Production” pour des plateformes intégrées: recyclage de l’eau et des nutriments;

- **11/3013 et 03/2014 – Workshops sur les algocarburants avec tous les acteurs ;**
- **2013-2104 : Projets cofinancés « Advancements in Algal Biomass Yield » Hawaii Bioenergy, LLC; Sapphire Energy; New Mexico State U.; California Polytechnic University et Cellana, LLC;**

- **Avril 2014: Le DOE cite deux laboratoires d’excellence dans un rapport*: Scripps Institution of Oceanography (M. Hildebrand) pour l’analyse et modifications génétiques pour augmenter la production de lipides et UC San Diego CAB-Comm (Consortium for Algae Biofuel Commercialization, S. Mayfield) pour l’étude et le contrôle de la production des carbohydrates qui permettrait de produire des bioplastiques.**

Conclusion: biofuel et coproduit algaux sont une alternative technique faisable aux produits pétroliers (diesel, biokerosène, éthanol) et de produits de spécialité (chimie, alimentation animale, polymères…)

*Scripps, UCSD algae biofuel programs rated top in US by DOE By Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego Biodiesel Magazine, 8 Av 2014

DOE

- **Sur cette base, le dernier appel d'offre (09/2014) portait sur "Targeted Algal Biofuels and Bioproducts," pour passer l'algocarburant à moins de 1,32 $/l en 2019 via la résolution de deux barrières :**
  - 1/ (la plus grande part du financement): subvention de 5 à 10 $M pour des souches d'algues produisant des produits à haute VA en même temps que les carburants (pas plus de 3 projets combinant toutes les expertises depuis culture, récolte jusqu'à préprocessing et raffinage);
  - 2/ :<1$M et 7 projets pour augmenter la productivité des algues (déjà en cours dans d'autres projets tels que "hot sugar" algae farm-in-a-balloon (sorte de sac flottant) développé par Proterro, Algae Systems;

- **3 projets lancés par USDA's American Recovery and Reinvestment Act.123 à hauteur de 100 M$. A cela s'ajoute le Biorefinery Assistance Program, partie du "2008 Farm Bill" qui apporte des fonds et des garanties pour la construction et le retrofit de bioraffineries commerciales:**
  - Algenol Biofuels: $25 000 000 de subvention du DOE + $33 915 478 de fonds non fédéraux pour une unité de 100 000 gal d'éthanol directement via une algue autotrophe (via CO2 et eau de mer)
  - Solazyme, Inc.: $21 765 738 de subvention du DOE + $3 857 111 de fonds non fédéraux pour la faisabilité économique à l'échelle industrielle
  - Saphir Energy: $50 000 000 de subvention du DOE + $85 064 206 de fonds non fédéraux pour produire des biofuels via un système OP

National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Divers projets nationaux et internationaux financés par DOE's Bioenergy Technologies Office et le programme du NREL Laboratory Directed Research and Development (LDRD):

- **Recherche sur toute la chaîne de valeur: de nouvelles souches (algothèque énergie de 400 algues) aux méthodes de conversion: par ex. Méthode de fractionnement pour séparer les lipides, carbohydrate et protéines (ces dernières étant transmises au Sandia National Laboratoires pour être transformées en butanol). Support au DOE pour les prévisions de coût et analyse de cycle de Vie (LCA)**
- **Participe au NAABB, au Sustainable Algal Biofuels Consortium (SABC)**
- **Essais de performance des carburants (normes et performances)**
- **Algae Testbed Public Private Partnership (ATP3): avec U. Arizona. Mise à disposition des 5 installations**
- **Optimisation de production de Biogaz: avec U. Washington State (amélioration du rendement, disponibilité de P et N2)**
- **11/2014 : « un gallon d'algocarburant coute 4 fois le prix d'un gallon de diesel »**

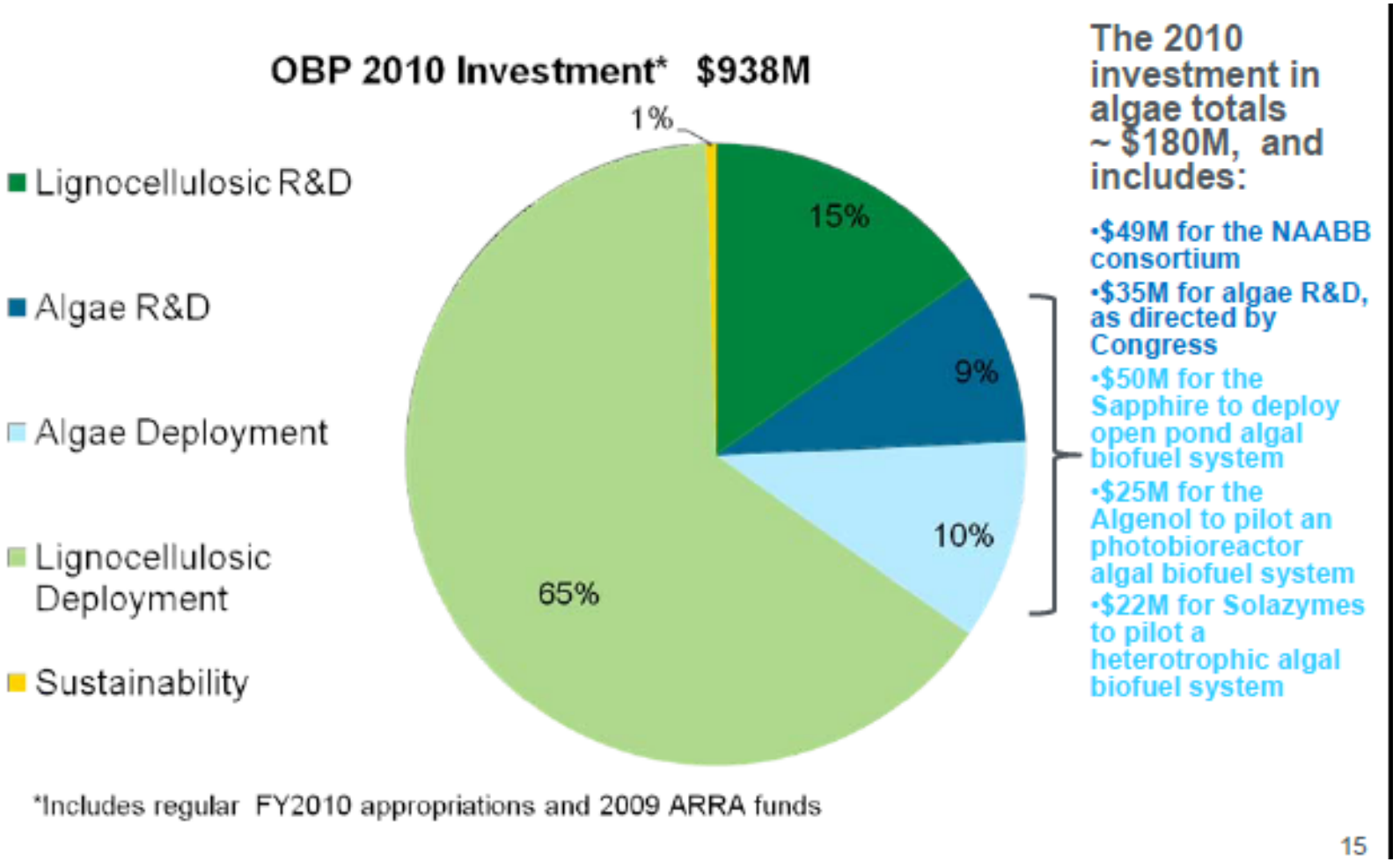
BioEnergy Technologies Office (BETO)
Priorités 2014

FY2014 Priorities

- **Feedstock Logistics**: Reduce the feedstock logistics cost target for delivery to plant from $55/dry-matter ton to $53/dry-matter ton for loblolly pine
- **Algae and Advanced Feedstocks**: Reduce the modeled mature plant cost of open pond algal oil by $2.35 to $14.31/gasoline gallon equivalent (gge) by improving overall algal biomass productivity toward the $3.00/gge in 2022 goal
- **Biochemical Conversion**: Define priority pathways for hydrocarbon fuel development and initiate two new programs beyond fuels: waste-to-energy and use of lignin and lignocellulosic sugars to produce carbon fibers
- **Thermochemical Conversion**: Reduce the modeled conversion cost from $3.18/gge to $2.70/gge for producing gasoline/diesel from biomass by way of pyrolysis or direct liquefaction technologies followed by catalytic upgrading
- **Incubator Program**: Support innovation by providing small businesses with increased access to BETO's funded capital and user facilities
- **Integrated Biorefineries**: Advance portfolio of innovative pilot-scale and demonstration-scale biorefineries for biofuel and bioproducts manufacturing
- **Analysis and Sustainability**: Conduct cross-cutting and systems-level analyses to inform program planning, decision-making, and R&D investments; evaluate sustainability metrics and promote best practices regarding productivity, land use, water, emissions, and social sustainability
- **Biopower/Cookstoves**: Emphasize R&D and validation of cookstoves; improve combustion and heat transfer processes through a competitive process

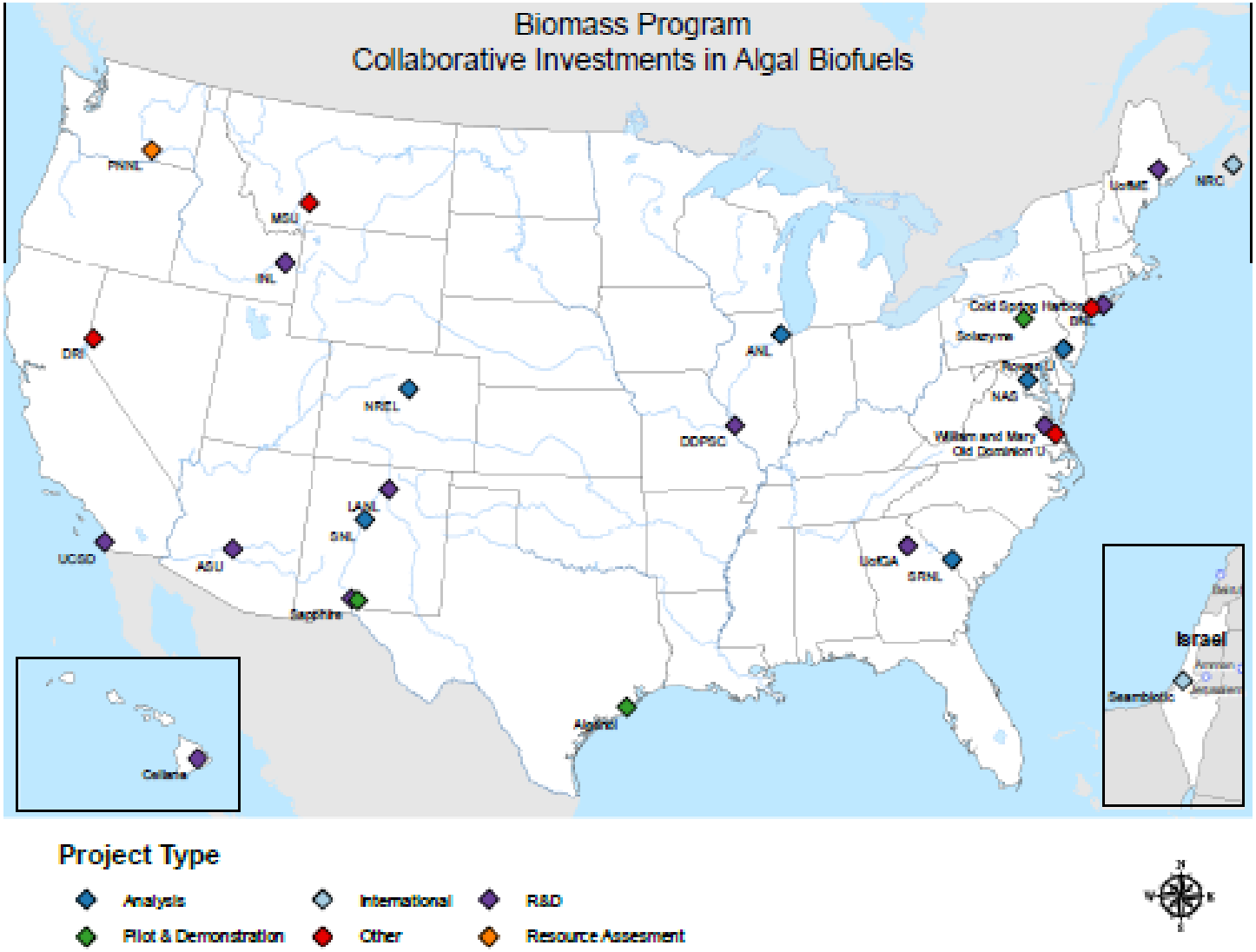
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY | Energy Efficiency & Renewable Energy

Investissements aux USA



http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f14/algae_webinar.pdf

Projets algaux aux USA en 2010



http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f14/algae_webinar.pdf

Acteurs et projets microalgues 2013 ABO



En 2013, l'Algae Biomass Organization (ABO) a recensé les sociétés, laboratoires nationaux et autres institutions de recherche , projets commerciaux et autres efforts: forte densité sur les côtes mais nombreux projets ailleurs

http://www.environmentalleader.com/2013/04/18/online-map-shows-algae-biomass-facilities-projects-worldwide/#ixzz3Ul87DOMU

1 algue / 2 carburants

Janvier 2015

- **Greg O'Neil - Western Washington University et Chris Reddy - Woods Hole Oceanographic Institution ont produit 2 carburants en parallèle d'une même algue, l'Isochrysis connue des aquaculteurs.**

- **Elle contient des acides gras (fatty acid methyl esters, ou FAME) transformables en biodiesel et des alkenones. Les deux substances sont d'abord séparées pour être traitées séparément . Les alkenones sont de longues chaînes cabonnées (37-39C) inutilisables en elles mêmes pour des carburants mais par métathèse on récupère des chaînes de 8 à 13 carbones utilisables en kérosene.**

- **Les équipes concluent que tout ceci est très amont mais la possibilité de produire deux carburants d'une même culture rentabilise d'autant le système. Les efforts se poursuivent pour augmenter la productivité et identifier d'autres coproduits.**

- **Projet financé par la National Science Foundation, le Massachusetts Clean Energy Center, et la Woods Hole Oceanographic Institution.**

Researchers produce two biofuels from a single algae, By Woods Hole Oceanographic Institution | January 29, 2015 http://www.biomassmagazine.com/articles/11490/researchers-produce-two-biofuels-from-a-single-algae

Sandia National Laboratories

- **Sandia travaille sur les souches (productivité et stabilité) et la polyculture en OP, la récolte et séparation algue/eau, des technologies microfluidiques pour l'analyse des algues (état de santé et teneur en lipides), le développement de modèles de cultures ouverts et l'ACV des raffineries;**
- **Elle possède des installations d'essais sur le campus de Livermore Valley Open Campus géré par Sandia et le Lawrence Livermore National Laboratory (Raceways);**

- **Participe au *Sustainable Algal Biofuels Consortium (SABC)* financé par DOE et dirigé par l'ASU avec le NREL. Développement de procédés biochimiques de transformation de la biomasse algale qui reste après extraction des lipides avec un focus sur des enzymes «à façon» pour produire de l'éthanol. Caractérisation au vue des normes ASTM;**
- **05/2014 accord Sandia - SINTEF (NO) pour recherche sur algocarburants;**

SINTEF apporte son expertise en sciences naturelles, environnement, santé et sciences sociales et capacités dans le domaine du gaz, pétrole, matériau, technologies marines.



Programme pluriannuel 2014 du BETO

Objectif : démontrer la faisabilité d'intermédiaires d'algocarburants soutenables et transformables par conversions connues pour obtenir du diesel jet fuel, essence à $3/GGE[1] en 2022

- **2014: échelle recherche des productivités de 5678 L/acre et an d'intermédiaire d'algocarburant ;**
- **2016 : revue de programme, sélection des technologies pour tenir les objectifs 2018 et 2022;**
- **2017: modélisation de l'approvisionnement soutenable (1Mt biomasse algue sèche (ash free dry weight (AFDW));**
- **2018: démonstration d'un procédé non intégré, échelle développement 9463 L/ acre et an d'intermédiaire;**
- **2022: modélisation de l'approvisionnement de 20 Mt AFDW (une unité de développement de 18 900 litres /acre et an d'intermédiaire à $3/GGE) ;**
- **2025: démonstration d'une unité intégrée de productivité > 18 900 L intermédiaire / acre et an;**
- **2030: validation de production d'un algocarburant de coût total $3/GGE (2011$), avec ou sans coproduits.**

GGE : gallon gasoline equivalent

Algae Testbed Public-Private Partnershp (ATP3) Présentation

- **ATP atp3.org : Réseau d'acteurs privés, académiques et laboratoires nationaux; Subvention de 15$M du DOE (BTO); Projet de 5 ans (2013 -2018);**
- **Focalisé sur la R&D autour des microalgues pour l'énergie et autres produits;**
- **Plateforme ouverte à tous industriels et académiques;**
- **Permet de tester la même souche sur 5 plateformes au même moment dans des conditions concertées (pas identiques car réparties sur USA), donc permet des comparaisons de productivité, de résistance aux agressions…**
- **09/2014** : en.openei.org/wiki/Main_Page, M**ise en ligne des résultats internes (résumé puis données complètes); permet à chacun d'accéder aux performances des OP testés selon climat, souche...**
- **Gary Dirks, Director of ATP3 and the ASU Global Institute of Sustainability. "***Pairing the skills of ASU algae researchers and technicians with technology from industrial partners like Heliae and SCHOTT brings ATP3 closer to its mission of propelling algae technology into a commercial realm***."**
- **L'ASU indique que les demandes industrielles s'orientent désormais plus sur les applications hors énergie.**

ATP3 : les challenges à relever

ATP3 Algae Testbed Public-Private Partnership

Steady and encouraging progress

Challenge Space:

1. High cost of production
2. Demonstrating scalability and
3. Availability of nutrient resources

Opportunity Space:

Technical	Policy	Business
▪ Increase productivity ▪ Increase lipid content ▪ Increase robustness and resiliency to resist predators ▪ Improve early detection of contaminants ▪ Develop new strains to handle high salinity ▪ Improve energy efficiency of downstream processing	▪ Support from USDA for algae as precision agriculture ▪ EPA and USDA collaboration critical on CO_2 and GMO policies, crop designation, agricultural practices and policies and tax incentives/rebates. ▪ Carbon reuse and EPA rule-making: recycle waste rather than bury waste	▪ Take advantage of high value markets to facilitate learning ▪ Continue to focus on multiple technology pathways and strategies ▪ Foster business innovation

4

ATP3: Les moyens

ATP3 Algae Testbed Public-Private Partnership

AzCATI Portfolio



SCIENCE foundation ARIZONA Innovation at Work

USDA

arpa·e

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
Bioenergy Technologies Office

AzCATI – $4M. CO_2 mitigation from flue gas into algae based fuels; Reactor development; Strain selection and development; Processes for products; Wastewater; Downstream processing and nutrient/media recycling; Test bed expansion

USDA – $1M. Development of best management practices for algal crop protection

ARPA-e – $7M. Cyano-bacterial based photosynthetic factories - secrete fatty acids for fuel production

SABC – $ 6M. Biochemical conversion of algae to fuels; QA/QC protocols & characterization; Enzymatic pretreatment for fuels

ATP^3 – $15M. National algae test bed network

DOE – $0.5m. Managing microbial ecology in cultivation systems

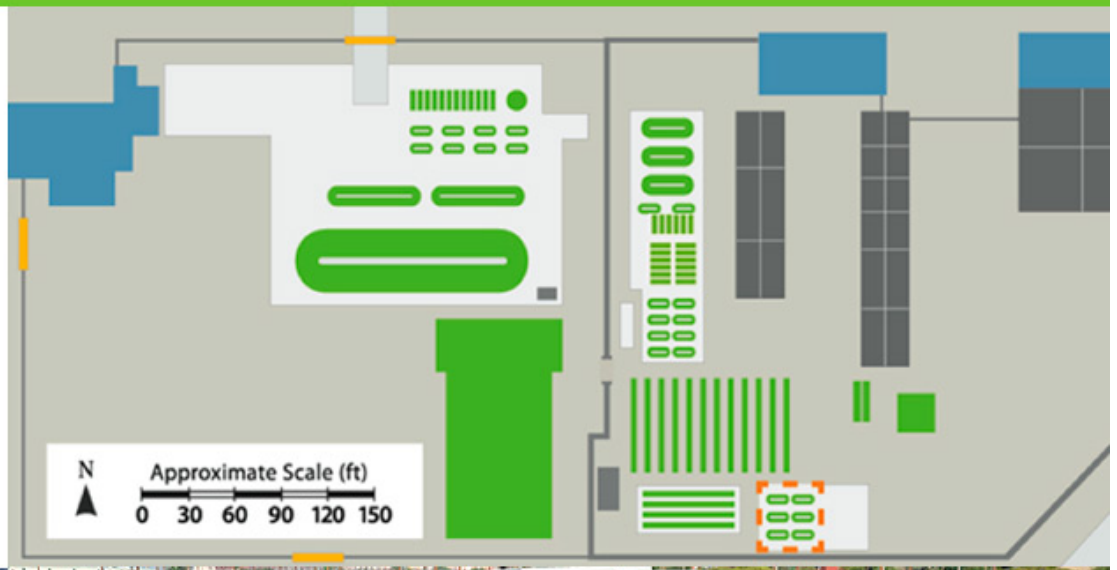
8

ATP3: Plateforme (1)

AzCATI

ATP3 Algae Testbed
Public-Private Partnership

Location: Mesa, AZ
Cultivation capacity: 300,000L
Enhancement: 6 x 1,000L ponds
Total area: 5.0 acres
Production: 0.6 acres
Open space: 4.0 acres







ATP3: Plateforme (2)

Cal Poly

ATP3 Algae Testbed Public-Private Partnership

Location: San Luis Obispo, CA
Cultivation capacity: 100,000L
Enhancement: 6 x 1,000L ponds
Total area: 0.3 acres
Production: 0.1 acres
Open space: 0.2 acres





ATP3: Plateforme (3)

cellana

ATP3 Algae Testbed
Public-Private Partnership

Location: Kona, HI
Cultivation capacity: 845,000L
Enhancement: 6 x 1,000L ponds
Total area: 6.8 acres
Production: 2.5 acres
Open space: 1.3 acres





ATP3: Plateforme (4)

Georgia Tech

ATP3 Algae Testbed
Public-Private Partnership

Location: Atlanta, GA
Cultivation capacity: 6000L
Enhancement: 6 x 1,000L ponds
Total area: 0.2 acres
Production: 600 ft²
Open space: 0.2 acres



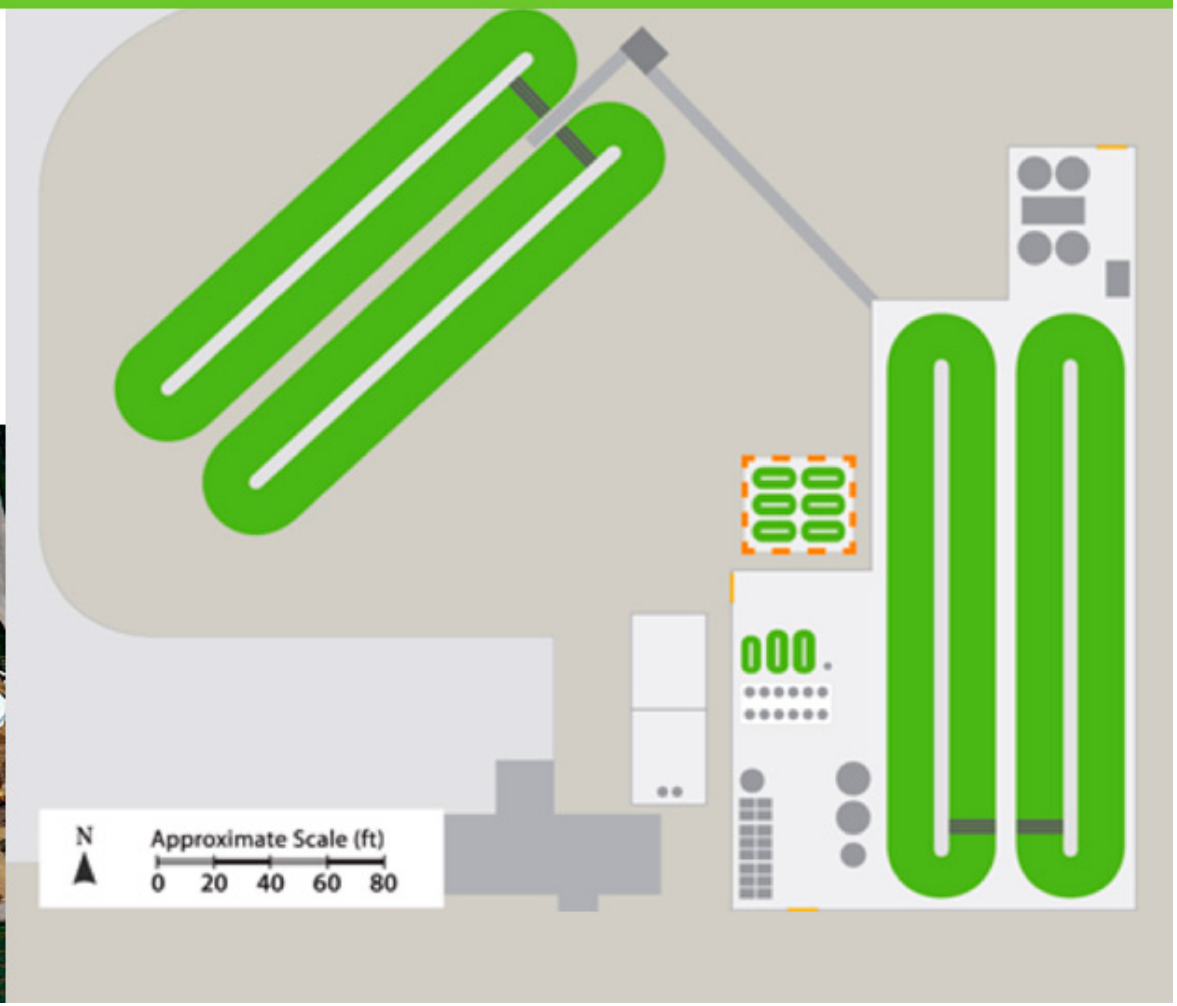
ATP3: Plateforme (5)

Touchstone

ATP3 Algae Testbed
Public-Private Partnership

Location: Wooster, OH
Cultivation capacity: 460,000L
Enhancement: 6 x 1,000L ponds
Total area: 2.0 acres
Production: 0.5 acres
Open space: 1.0 acres

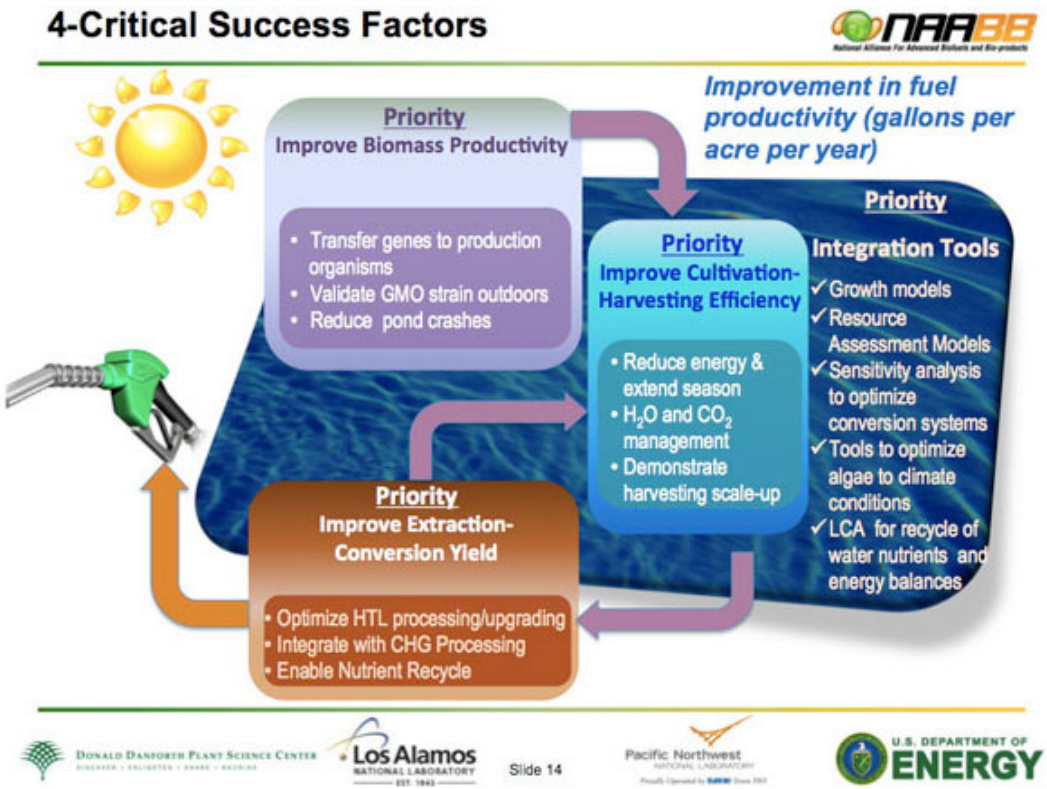




National Alliance for Advanced Biofuels and Bioproducts (NAAB)

- Collaboration entre 10 académiques et 15 industriels américains: 49$M du DOE et 20$M des partenaires;
- Objectif : développer de nouvelles technologies pour la production industrielle de carburants algaux: optimisation de la culture et de l'extraction, développement de produits et ACV

http://energy.gov/eere/bioenergy/downloads/national-alliance-advanced-biofuels-and-bioproducts-synopsis-naabb



- 65 publications, 5 thèses;
- Création d'un journal *Algal Research* - Elsevier et d'une conférence annuelle *International Conference on Algal Biomass, Biofuels and Bioproducts;*
- 33 déclarations d'invention, dont certaines donnent lieu à licence/commercialisation. Ex le PBR du laboratoire de Phenometrics (Los Alamos en a 40).

07/2013 : prix de $0.756/L possible pour les carburants algaux si grande ferme et usage des technologies développées dans le NAABB http://energy.gov/sites/prod/files/2014/06/f16/naabb_synopsis_report.pdf

http://www.algaeindustrymagazine.com/aim-interview-naabb-jose-olivares/

Résultats du NAABB

- **Dépôt des 30 souches les plus productives à la collection de l'UTEX Culture Collection. Ex *Chlorella sorokiniana* 1412: 30 g/m^2 et j au laboratoire. Si on la modifie génétiquement, on réduit le prix du "brut algal" de 85%;**
- **Tests de 5 algues: culture/biofuel pour évaluer les coûts si on vise carburant et alimentation animale;**
- **Développement de l'OP Aquaculture Raceway Integrated Design "ARID"** par l'Univ. Arizona, qui réduit les besoins énergétiques, optimise le maintien de la Tp par temps froid donc optimise le rendement, et réduit les couts de 16%;
- **Récolte et extraction:** 3 technologies retenues sur 9 testées. Séparation électrolytique à basse consommation (Texas A&M), qui réduit les coûts de 14%. Membrane du Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). Technique ultrasonore du Los Alamos National Laboratory (LANL);
- **Nettoyage des lipides avant conversion catalytique.** Conversion des lipides en méthane par gazéification ou en éthanol ou acide organique par fermentation;
- **La rupture :** Extraction et conversion hydrothermales (hydrothermal liquefaction: HTL) sous critique des lipides par PNNL et Genifuel. Pas de solvant. Réduction des couts de 86%;
- **Produits :** marché des ruminants permet un ajout de valeur $160/t ; encore $100 de plus/t en aquaculture**.**

Cycle de vie: basé sur 4850 ha et comparaison au modèle du NREL qui permet des coûts de production de # 4$/L sur la base du meilleur procédé de liquéfaction hydrothermale et des souches modifiées génétiquement; réduction du capex de 40% et des coûts opérationnels de 80%.

http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/10/13/where-are-we-with-algae-biofuels/



Figure 13. The ARID pond cultivating system.

Exemple de pilotes

- **08/2014: Duke Energy a lancé un pilote adossé à sa centrale à charbon de East Bend - Kentucky avec le centre de recherche appliquée en énergie de l'Univ. du Kentucky et du Dpt ingénierie des biosystèmes et Agriculture. Le gaz de la centrale (teneur en CO2: 10%) alimente le PBR (algues locales) et les lipides servent à produire du jetfuel.**

  Le PBR développé par l'université a un volume de 10 580L.
  La part de gaz traitée demeure très minoritaire (encore exploratoire). Si le système est validé, ce serait des milliers de m^2 qui pourraient être exploités.

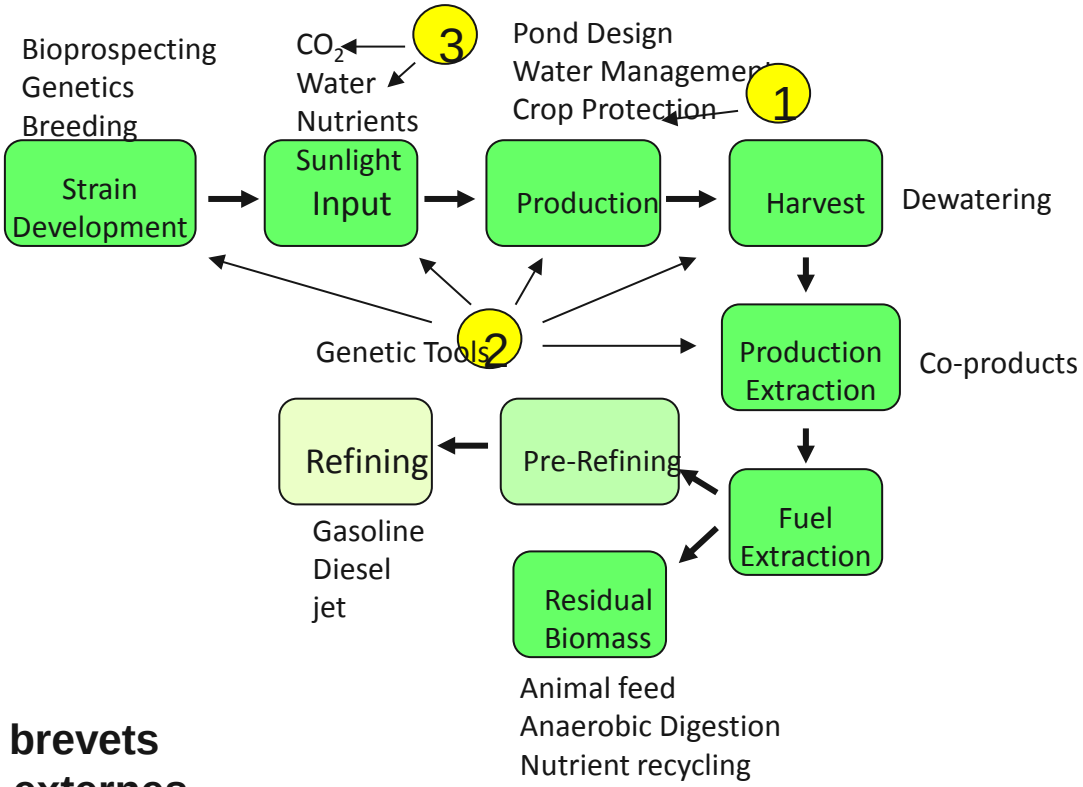


Photo: Univ. Kentucky Center for Applied Energy Research

http://www.algaeindustrymagazine.com/duke-energy-u-k-advancing-carbon-capture-technology/

Consortium for Algal Biofuels Commercialization (CAB-Comm)

- **2010: Le Diego Center for Algae Biotechnology gagne un appel d'offre de 3 ans et 9 M$ du DOE (Plus 3M$ des partenaires) pour le montage d'un consortium de commercialisation d'algocarburants.**
- **Travaux : Génétique des algues; protection des cultures; optimisation des nutriments et recyclage**
- **Partenaires: 21 laboratoires et les sociétés ci-dessous**



Résultats : 40 publications et 6 brevets
Evalué à 8,6/10 par des experts externes au DOE en 2013

Presentation de Paul Falkowski, Rutgers University 1v. 2011

Conclusions recherche USA

- **Une longue histoire de recherche sur les algues et l 'énergie;**
- **Des moyens supérieurs aux moyens français et européens;**
- **Une stratégie basée sur :**
  - **Des partenariats publics privés APTP3**
  - **Des projets de grande envergure (CAB-Com, NAABB)**
  - **L'intégration de la chaîne de valeur depuis les plateformes jusqu'aux pilotes et démonstrateurs**
    « Biorefineries: Advance portfolio of innovative pilot-scale and demonstration-scale biorefineries for biofuel and bioproducts manufacturing " (BETO 2014)
  - **Un support à l'émergence de jeunes pousses (accès aux fonds du BETO et aux plateformes**);

- **Objectifs ambitieux:** réduire les coûts de l'huile issue d'OP évalués (par modèle) de 2,35$/L pour atteindre 3,78$/ L (équivalent gge) en augmentant la productivité algale globale puis $0.79/L (gge) en 2030;

- **Soutien financier fort à quelques jeunes pousses.**

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.3: Programmes et sociétés hors France

B.3.4: Sociétés USA

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Principales sociétés et chaîne de valeur

Société			
Algae System	X	X	
Algenol Biofuels	X	X	
Accelergy	X	X	
BioProcess Algae	X	X	
Cellana	X	X	
Heliae	X		
Genifuel Corp		X	
Matrix Genetics	X	X	
Sapphire Energy	X	X	
OriginOil	X	X	
Aquaviridis	X		
Exxon Mobil	X		
Seambiotic USA	X		
Solix BioSystems	X		
Syntetic Genomics	X		
Solazyme	X	X	
Joule Unlimited	X	X	
Aurora Algae (US et AU)	X	X	
AFS BioOil	X	X	

Société			
CANADA:			
Pond Biofuel	X	X	
Streamline Automation		X	

Algae Systems LLC

Informations générales

www.algaesystems.com

Matt Atwood fondateur de la jeune pousse en 2009 et concepteur du système;
La société appartient au groupe japonais IHI Corporation;
Utilisation des algues pour traiter les eaux usées et obtenir de l'eau propre, du biocarburant et de l'engrais (coproduit);
Surface de l'installation 4046 m^2

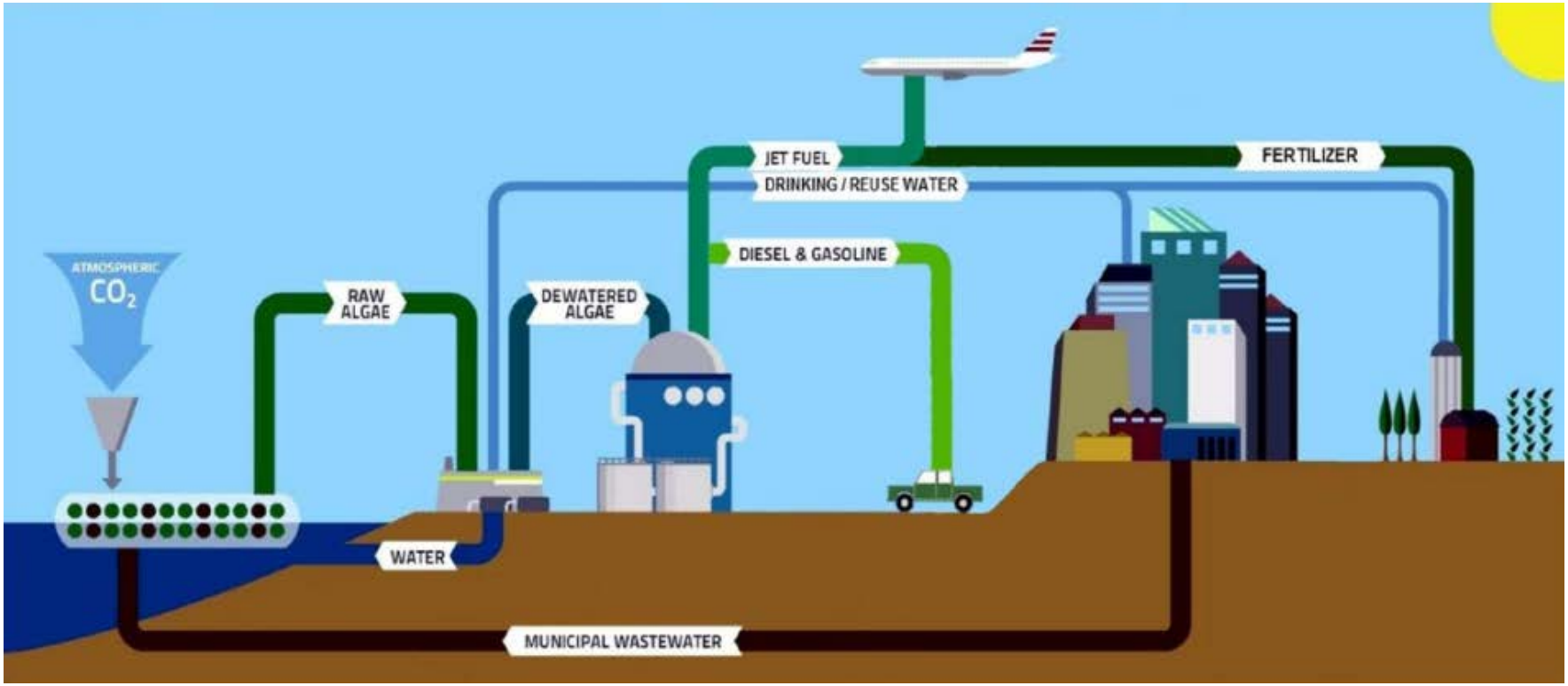
Projets majeurs

Aout 2014: lancement de l'usine pilote de traitement des eaux de 10 500 L/j via des PBR installés dans la baie de Mobile (Daphne, Alabama) après avoir testé le principe dans un PBR à tube a l'automne précédent. L'algue utilisée est une espèce locale. L'usine de traitement des eaux traite 793 000 L/j, ce qui laisse encore une marge de croissance. L'huile obtenue est traitée par voie hydrothermale.
Obtention d'une aide de 4M$ du Département de l'Energie pour améliorer le traitement dans le cadre d'un consortium mené par SRI international et Algae Systems. L'objectif est d'améliorer la qualité des carburants produits en réduisant la teneur en azote.
IHI est spécialisée dans les équipements pour l'énergie nucléaire, thermique et l'aéronautique, et possède une bonne connaissance des procédés hydrothermaux.



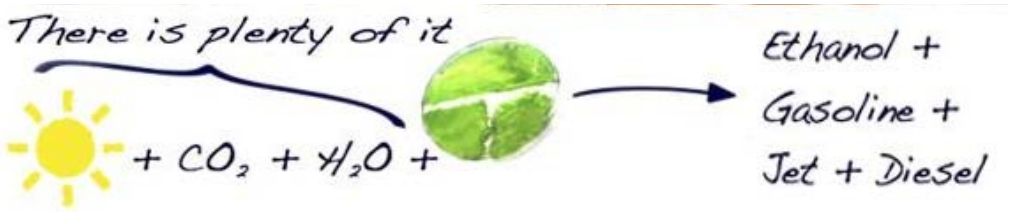
Les algues permettent le traitement d'eaux usées via des PBR flottants offshore

Algae Systems LLC



Algae Systems transforme les algues humides par liquéfiaction hydrothermale en huile transformée en diésel, carburant pour l'aviation ou essence (standard ASTM).

Algenol Biofuels



Informations générales

www.algenol.com

Fort Myers (Floride);

Société de biotechnologie industrielle commercialisant sa plateforme technologique brevetée DIRECT TO ETHANOL® pour la production d'éthanol et autres biocarburants;
190 personnes;

Travaux de Paul Woods, fondateur et CEO, en 1984 sur l'algue bleue (cyanobactérie, microalgue marine); développements effectués avec les Dr. J. Coleman et M. Deng de l'université de Toronto, qui ont donné lieu à des dépôts de brevets en1997 et 1998; ces travaux ont conduit à la création de la société en 2006 par CR Smith, E Legere, A Gonzalez et P. Woods.

2006: création à Berlin du laboratoire de biologie moléculaire (cyanobactéries), Université Humboldt: étude et amélioration de la production d'éthanol par l'algue bleue

- création de Cyano Biofuels GmbH en 2007 www.cyanobiofuels.de (spin-off de l'Institut de Biologie, Université Humboldt) devenue 100% filiale d'Algenol (achat en 2010); société de R&D avec un focus sur la partie biologie des biocarburants (screening, culture, physiologie des cyanobactéries); est devenue Algenol Biofuels Germany GmbH

PBR en film plastique flexible breveté, facilitant la production et la collecte des produits (4000 bags/module et 5 modules, récolte 1 fois/semaine) correspondant à la plateforme propriétaire DIRECT TO ETHANOL®.
Le CO2 et les nutriments pénètrent dans chaque PBR individuel et l'éthanol et la biomasse sont prélevés en sortie.

Algenol Biofuels

Le procédé s'effectue en 2 étapes :

- les algues au patrimoine génétique modifié permettent d'obtenir l'éthanol (collecté sous l'influence de la gravitation) + biomasse puis le système VCSS (Vapor Compression Steam Stripping; brevet "Key enabling ethanol technology") concentre l'éthanol à 10% avant envoi dans un procédé de distillation classique et procédé membranaire;
- biomasse restante: dewatering/process de liquéfaction hydrothermale (HTL) pour obtenir du « green crude oil » qui fournit au final un mélange de carburants non pollué par O_2, N_2 ou S.

1t CO2 → 125 gallons éthanol + 8 diesel + 5 essence + 6 kérosène

Implantations de la société en Europe:

- Algenol Biofuels Germany GmbH: 50 personnes travaillant dans le laboratoire de biologie moléculaire à Berlin;
- Algenol Biofuels Switzerland GmbH: filiale à 100% localisée à Zug, activité R&D et finances hors USA et licensing/développement international

Projets majeurs

- 05/2010: partenariat avec Valero Energy Corporation;
- 10/2010: laboratoire de biologie et analyse ($2M investissement à ce jour), chimie et ingénierie;
- 02/2011 : aquaculture extérieure (bag) lancée;
- 2011 : construction d'un centre R&D (49 000 sq. ft.) à Lee County (Floride): ingénierie, aquaculture, physiologie, chimie analytique et biologie moléculaire; construction de la bioraffinerie;
- Acquisition de Cyano-Biofuels (Berlin): R&D et ouverture à l'expertise EU
- 03/2014: annonce production 9,000 gallons d'éthanol/acre (8,4L/m^2) et par an et vise > 10 000 d'ici fin 2014 (pour comparaison, le maïs donne 420 gallons/acre/an)
- 09/2014: annonce d'implanter un projet de $500M ailleurs, suite suppression de la loi portant sur l'usage de l'éthanol (E10)
- Licence de DIRECT TO ETHANOL® à BioFields S.A.P.I. de C.V. (Mexique), 55 000 acres de terres non-cultivables disponibles près d'une centrale électrique

Algenol Biofuels

- Uni-Systems: recherche de sites proches canne à sucre produisant de l'éthanol;
- Projet avec Mizrahi pour un projet en Israël proche d'une centrale;
- Projet avec le groupe industriel indien Reliance Industries: communication février 2015 annonçant l'installation d'un module de démonstration près de la raffinerie de Reliance à Jamnagar, Reliance exploitant l'installation en solo[1] ;
- Autres projets en EU, Amérique du Sud et Afrique;
- Objectif: 20 Mds gallons/an d'éthanol en 2033.

Annonce faite sur le site de la société: 2015 doit être l'année de lancement de la 1re installation commerciale sur le sol américain, avec une expansion prévue ensuite dans d'autres pays du monde;

Le module de démonstration a permis de montrer la capacité de la société à produire les 4 carburants les plus importants (éthanol, essence, carburant pour l'aviation et diesel), à environ 1.30$/gallon, soit environ 0,34$/L;

Vise en production des coûts capitalistiques de $4.00 - $6.00/gallon et des coûts d'opération inférieurs à 0.90$/gallon.

Janvier 2015: annonce de la mise en route de l'unité construite pour Relliance en Inde; plusieurs batch validés;

14/01/05: les carburants produits sont éligibles pour une classification D-5. Validation par l'EPA du fait que la production d'éthanol par le procédé DIRECT TO ETHANOL® résulte en une réduction d'environ 69% des gaz à effet de serre, comparé à l'essence.

Brevets

36 brevets délivrés et 69 en instance; brevets "algues" de 1997 et 1998 délivrés USA, EU et AU et "bag" de 2007 délivré en 2011 aux USA et MX

Ex : US 20100297736 "Genetically Modified Photoautotrophic Ethanol Producing Host Cells, Method For Producing The Host Cells, Constructs For The Transformation Of The Host Cells, Method For Testing A Photoautotrophic Strain For A Desired Growth Property And Method Of Producing Ethanol Using The Host Cells"

Disclosed herein are processes for removing water from organic solvents, such as ethanol. The processes include distillation in two columns operated at sequentially higher pressure, followed by treatment of the overhead vapor by one or two membrane separation steps

[1]http://formule-verte.com/algae-to-ethanol-algenol-installe-sa-technologie-chez-reliance/

Algenol launches algae fuels demonstration project in India By Algenol | January 21, 2015 http://www.biomassmagazine.com/articles/11452/algenol-launches-algae-fuels-demonstration-project-in-india

Algenol Biofuels

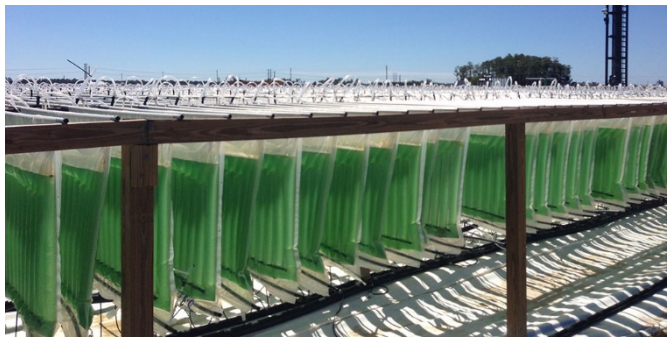
Investissements

07/2006 : 70 millions de dollars par les 4 fondateurs;
2009: Département américain de l'Energie (DOE): 25 millions de dollars pour une bioraffinerie pilote;
2010: subvention de 10 $M pour agrandir son site de Lee County (Floride);

Algenol a clôturé en février 2015 une levée de fonds de 25 millions de dollars auprès de Biofields (groupe mexicain qui se consacre au développement de projets dans les énergies renouvelables et propres), qui avait déjà effectué une première mise de fonds de 40 millions de dollars en 2014;

Algenol compte également parmi ses contributeurs Reliances Industries, qui a investi 93.5 millions de dollars;

Au total, la société a pu bénéficier de plus de 260 millions de dollars depuis sa création en 2006.





PBR en film plastique flexible breveté

Accelergy Corporation

Informations générales

www.accelergy.com

Houston (Texas)

John J. Rockwell, Managing Director, « serial créateur » de jeunes pousses dans le domaine énergie/cleantech;

Dr. Rocco Fiato, CTO, ingénierie catalyse et carburants synthétiques, Exxon;

Richard Bauman, VP Technology, ExxonMobil Research and Engineering;

Accelergy utilise les ressources locales - gaz naturel, biomasse ou charbon - pour produire un carburant;

Pour les algues, procédé TerraSync®. Le CO2 produit à partir du procédé gaz ou charbon/liquide est envoyé dans un PBR (cyanobactéries) recevant les déchets d'une installation adjacente;

Les algues sont mélangées a des additifs propriétaires pour produire un engrais dispersé sur les cultures.

Ses fournisseurs de technologies :

Accelergy Corporation

Projets Majeurs

- 10/2009: alliance “Carbon Cycle Technology” avec A2BE Carbon Capture LLC (producteur de PBR) pour commercialiser une plateforme de technologies de production de carburant avec le process “Integrated Carbon to Liquids” ‘(ICTL) incorporant le recyclage de CO2 grâce à la biomasse algale pour produire du carburant (annonce faite lors du 3e Algae Biomass Summit à San Diego)

- 12/2009: partenariat stratégique mis en place avec l’Energy & Environmental Research Center (EERC) de l’Université du Dakota du Nord et achat d’une licence auprès de l’EERC pour intégrer la technologie dans le “Coal Biomass to Liquids” (CBTL) pour accélérer le développement de carburants liquides (kérosene à usage militaire);

  Via des technologies de conversion de micro-catalyse (licence de la technologie Exxon Mobil Research and Engineering), la société vise la production de kérosène équivalent au JP-8;

  Accelergy peut produire de l’essence, du diesel, du Jet-A et des carburants militaires (JP-5, JP-8, and JP-9);

- 05/2010: 175K$ pour plateforme CBTL: la conversion de charbon en carburant (procédé ExxonMobil) produit du CO2 utilisé pour nourrir les algues (PBR d’A2BE). Carburants divers (essence, diesel et aviation commerciale et militaire); Revendique efficacité thermique et empreinte CO2 inférieure de 20% au raffinage;

  Tim Vail, CEO of Accelergy: “You can be profitable in the $50-to-$60-a-barrel range”.

- 10/2011: partenariat avec Yankuang for Algae Farm pour une usine de liquéfaction de charbon (coal-to-liquids, CTL) en Chine d’une capacité de 68 000 barils/j. La ferme algale adjacente serait de quelques milliers d’acres.

http://www.greencarcongress.com/2009/10/accelergy-and-a2be-carbon-capture-form-alliance-to-commercialize-integratedcarbontoliquids-ictl-fuel.html

BioProcess Algae, LLC.

Information générales

www.bioprocessalgae.com

Omaha (Nebraska)

Création en 2009;

CEO Tim Burns, 25 ans d'expérience dans le traitement des déchets et de l'eau (3 créations de sociétés dont BioProcess H20), membre du bureau de l'Algae Biomass Organization (Washington, DC);

Toby Arhens, Senior Scientist;

Technologie de culture basée sur la croissance de biofilms sur de grandes surfaces afin d'augmenter la pénétration de la lumière, la productivité et faciliter la récolte via une plateforme, le Grower Harvester™ ;

La société conçoit, fabrique et met en œuvre ses équipements. Elle revendique 4 systèmes de taille commerciale incluant son Grower Harvester™, le système d'injection de gaz, l'égouttage et le recyclage de l'eau. Serre de 400 ft de long produisant des Omega-3, aliments animaliers (1 500 $ à 10 000$/t). L'installation de Shenandoah, Iowa fournit des aliments pour le bétail et le poisson en réutilisant le CO2 et la chaleur d'une usine de bioéthanol adjacente (Green Plains) depuis 2009;

Les marchés visés sont en 1er lieu l'alimentation animale et l'aquaculture, la chimie, la nutraceutique, puis à plus long terme, les biocarburants (biodiésel et éthanol);

La société a obtenu l'agrément EPA Renewable Fuel Standard 2.

BioProcess Algae, LLC.

Partenaires

Partenariats avec Green Plain, l'un des 4 plus gros producteurs d'éthanol aux USA, Bio Holdings Ltd (holding dans le domaine de l'eau, l'alimentation du bétail et l'énergie) et Clarcor (spécialisée dans les filtres);

Revendique des partenariats académiques et industriels non nommés;

Projets majeurs

- 04/2011: inauguration de la Phase II du Grower Harvester™ à Shenandoah;
- 07/2012: accord de fourniture d'huiles riches en Omega-3 avec to KD-Pharma Bexbach GmbH (du groupe Bioseutica BV Division Fats & Lipids) pour la nutrition et la pharmacie. Raffinage par fluide supercritique chez KD (technologie KD-pur)[1];
- 04/2013: subvention du DOE $6.4M pour bioraffinerie pilote (essence, kérosène et diésel marin) avec un focus sur une production plus rapide de lipides.



[1]http://www.algaebiomass.org/blog/3622/bioprocess-algae-looks-to-nutrition-and-pharma-markets-with-omega-3-deal/#sthash.3CiH4tQ2.dpuf

Cellana

Informations générales

www.cellana.com
San Diego (Californie) et Kona (Hawaii)

Cellana, anciennement appelée HR BioPetroleum (HRBP);
Coentreprise, nommée Cellana, initiée en 2007 entre HRBP et Shell. HRBP a acquis la totalité des parts de Cellana en janvier 2011 et a décidé de conserver le nom de cette coentreprise.
Martin A. Sabarsky, CEO;

Modèle base sur deux fractions des algues: crude oil et Omega-3 (nutrition). Les revenus sont d'abord tirés des Omega 3, la partie carburant et nourriture animale n'étant que marginale. A terme, ce produit ne serait plus nécessaire suite à l'augmentation des besoins en alimentation animale et carburant (et baisse des coûts);
La production photosynthétique de carburant ReNew™ (crude oils) a été testée avec succès par des sociétés pétrolières.
Système de culture de microalgues mixte;

Unité pilote (6 acres) à Kona (Hawaii): produit plus d'une tonne par mois de souches d'algues;
Le site d'implantation de l'unité de production d'algues à échelle commerciale est en cours d'étude;

Brevets

Système breveté ALDUO™: bioréacteurs couplés avec des bassins ouverts, permettant une production de diverses souches de microalgues à bas coût et continue.

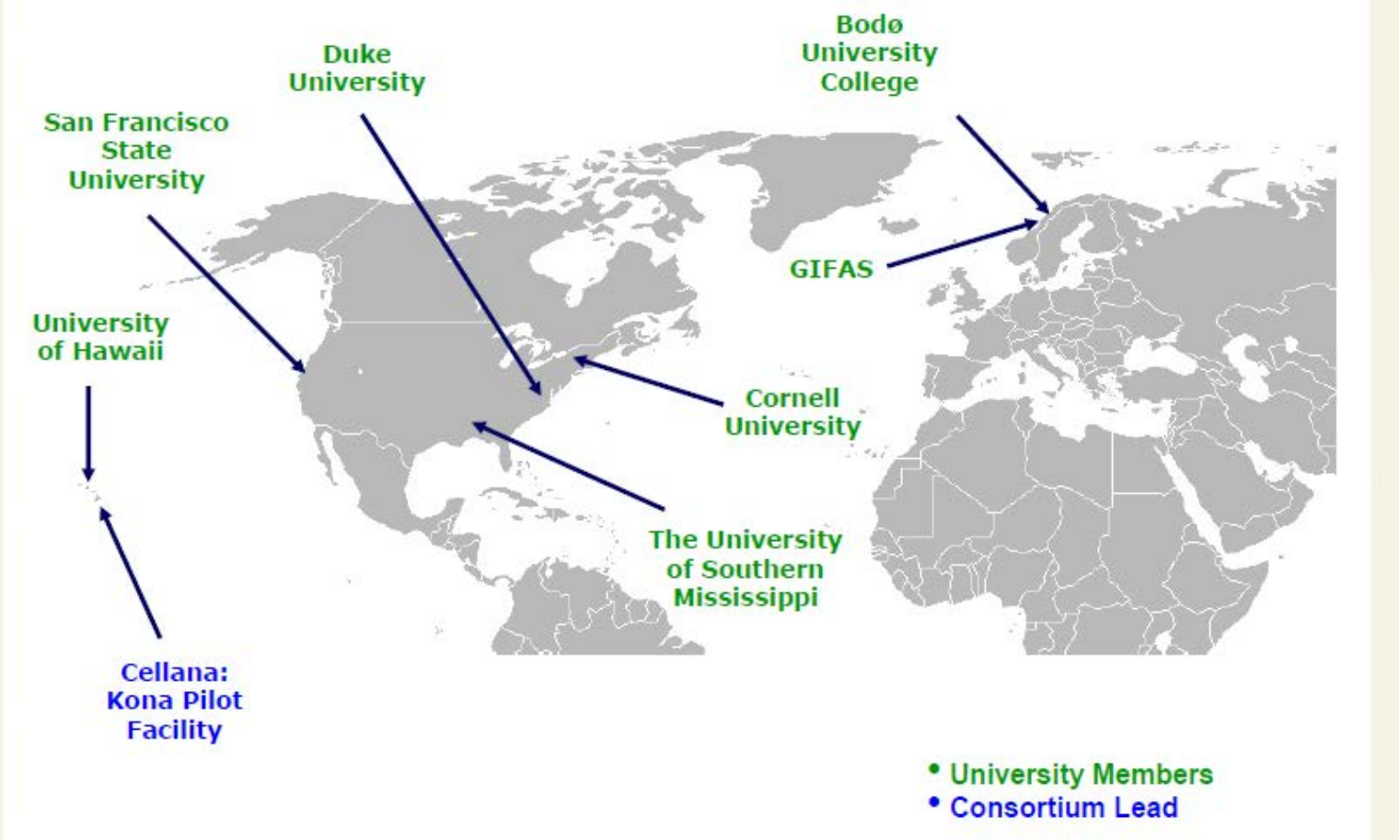
Projets majeurs

06/2013: accord non-exclusif avec Neste Oil, fournisseur de diesel renouvelable, pour la fourniture d'huile pour biocarburant (crude algal oil) produite par les bio raffineries commerciales que Cellana développe dans le monde entier;

Investissements

Plus de $100 millions ont été investis pour le développement des souches d'algues, dans les technologies de production propriétaires brevetées et dans l'unité pilote de Kona;
Financements issus de subventions, contrats gouvernementaux, partenariats, capital investissement.

Cellena


Bodø University College
Duke University
San Francisco State University
GIFAS
University of Hawaii
Cornell University
The University of Southern Mississippi
Cellana: Kona Pilot Facility
• University Members
• Consortium Lead

Heliae Development, LLC.

Informations générales

www.heliae.com

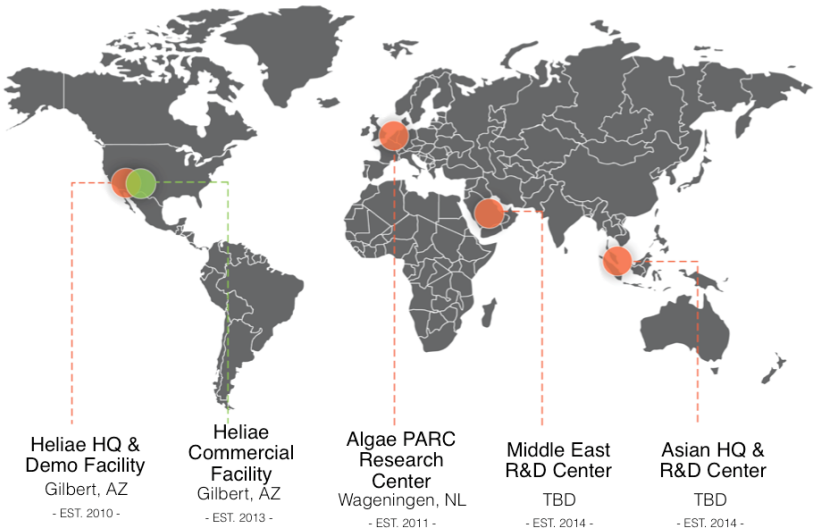
Gilbert (Arizona)

- Société créée en 2008; CEO: J. Craig Johnson; Vice President of Research & Development: Anna Lee Tonkovich;
- Plateforme technologique utilisant l'énergie solaire et des sources de carbone peu coûteuses pour produire des produits algaux à haute valeur ajoutée (plateforme de production d'algues et d'extraction d'huile Volaris™);
- 4 marchés principaux visés: nutrition, thérapeutique, santé & beauté, et agrosciences;
- autres marchés visés: chimie de spécialité et biocarburants, en utilisant la même plateforme.

Dispose d'une collection de souches d'eau douce et d'eau salée pour diverses applications;

Réalisation de prestations de service pour sélectionner la souche idéale pour un client donné, en fonction de l'application visée, pour fournir des systèmes de production de microalgues clé en main, pour fournir un système de récolte adapté (dont centrifugation, filtration, floculation) et pour extraire des produits.

Implantation mondiale:



Heliae Development, LLC

Projets majeurs

- 10/2011: protocole d'entente signé avec SkyNRG pour produire du kérosène à base d'algues. SkyNRG dispose de plusieurs contrats, notamment avec Finnair et Thomson Airway pour leur fournir un carburant durable;

- 2013: partenariat avec la société israëlienne TransBiodiesel spécialisée dans les biocatalyseurs enzymatiques pour la production de biodiésel (sans utilisation de solvants); intégration des enzymes de 3e génération dans la plateforme Volaris™, pour les applications nutraceutiques au moins dans un 1er temps[1];

- 04/2013: lancement de la nouvelle plateforme de production Volaris™, résultat de 5 ans d'innovations et d'investissements et devant entrer dans l'usine commerciale de 20 acres en construction à Gilbert (Arizona); ouverture prévue alors: 3e trimestre 2013;

  Licence d'Evodos B.V. (NL) pour la distribution du Spiral Plate Technology (SPT) en Amérique du Nord;

- 01/2014 : commande de 4,2M$ pour la technologie de production d'algues d'Heliae après validation d'une installation de démonstration de 13M$[2];

- 02/2014: partenariat avec SCHOTT North America (leader mondial pour la fourniture de tubes de verre) et l'Arizona State University (ASU) afin d'amener la technologie de production d'algues d'Heliae dans l'installation test d'ASU financée par le DOE. SCHOTT finance un PBR à hélice construit par Heliae et mis en place dans l'installation test d'ASU. Durant les années suivantes, les équipes de recherche d'ASU vont évaluer ce PBR au niveau recherche afin de mieux comprendre les technologies de production de microalgues et fournir des cultures algales de haute qualité[3];

- 07/2014: Joint Venture Alvita Corporation avec la société japonaise Sincere Corporation (gestion de déchets et recyclage) pour développer une usine commerciale de production d'algues à Saga City (JP) afin de fournir de l'astaxanthine naturelle (antioxydant) pour le marché de la santé et du bien-être[4].

[1] http://cleantechnica.com/2013/12/30/transbiodiesel-and-heliae-partner-on-algae-oil/
[2] http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/02/25/the-10-hottest-trends-in-algae/
[3] https://asunews.asu.edu/20140204-algae-tech-partnership
[4] http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/07/01/pebble-into-boulders-heliae-takes-its-algae-technology-to-japan-in-jv-with-sincere-corporation/

Heliae Development, LLC

Investissements

Fonds de Capital Risque: 3 tours totalisant 123.4 M$;

- 09/2013: 80M$
- 07/2013: 28.4M$, investisseurs: Thomas J. Edelman (privé) et Agri Investments Pte. Ltd (filiale du groupe Salim); fonds testinés à soutenir la 1ère usine de production commerciale localisée à Gilbert;
- 05/2012: 15M$, investisseur: Agri Investments Pte. Ltd;

Investissements effectués par Heliae :

- 2008: 3M$ (2,08 millions d'€) injectés par Heliae Development et la Science Foundation Arizona dans la recherche du Laboratoire de Biotechnologie et de Recherche Algales de l'Université d'Arizona (ASU). L'équipe travaille sur des souches d'algues spécifiques dont la particularité est de produire énormément d'acides gras qui, une fois désoxygénés, se révèlent être très semblables au Kérosène;
- 09/2013: Heliae investit 5M$ (Série A) dans la société Triton Health and Nutrition qui produit des algues pour leurs protéines (plateforme de biologie synthétique PhycoLogix™ pour la production de protéines à haute valeur ajoutée);
- Heliae aurait également investi 3M$ chez Boeing pour permettre de financer la recherche et la commercialisation de biocarburant à base d'algues[1].

[1] http://www.memoireonline.com/07/12/6015/m_La-gestion-du-biocarburant-au-sein-du-secteur-aeronautique-civil-quels-enjeux-financiers5.html

Genifuel Corporation

Informations générales

www.genifuel.com

Création en 2006 par James R. Oyler, Président;

Moins de 10 salariés;

Produit du pétrole brut utile à partir de n'importe quelle biomasse humide (algues, plantes, déchets) par voie hydrothermale; conversion de 99% du contenu organique en carburant ou gaz en moins d'une heure. Le produit final peut être raffiné en carburant d'aviation, diesel ou essence;

Procédé non supercritique ce qui réduit la consommation énergétique: 350°C et 207 bar;

Système développé avec Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) du DOE (licencié à Genifuel);

Différents types de biocarburants ont été obtenus à différentes échelles, du laboratoire à l'échelle pilote. Changement d'échelle en cours, et 1ère usine opérationnelle prévue en été 2015.

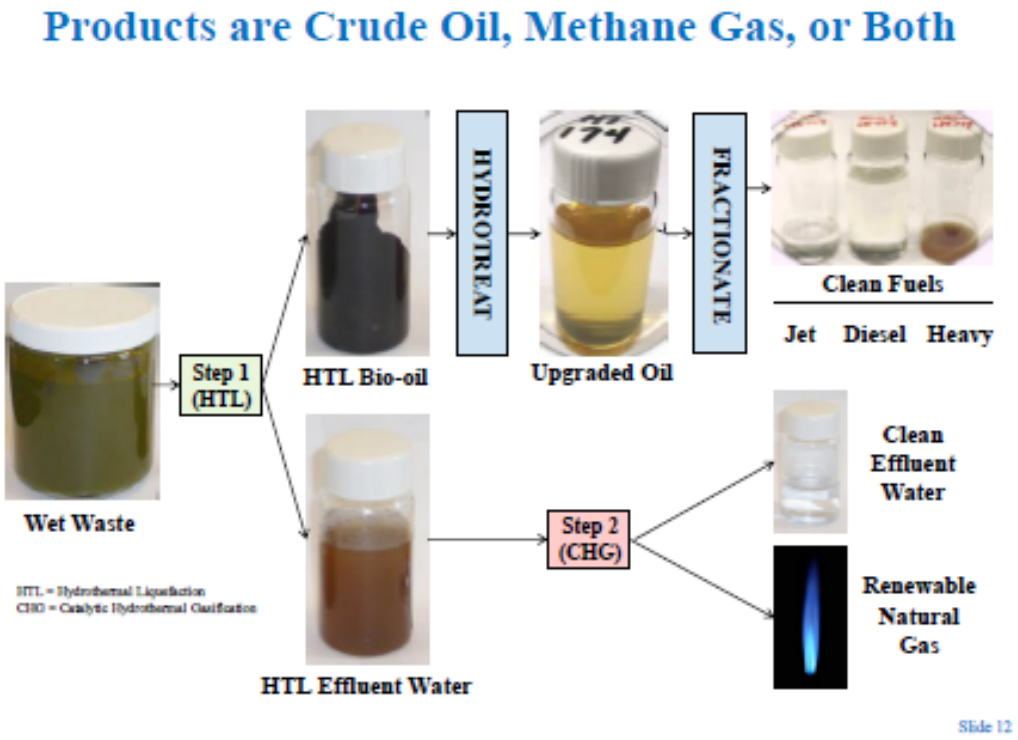
Brevets

Brevets du PNNL, licence exclusive mondiale:

US 7905930 délivré le 15/11/20011: "A process for production of biofuels from algae, comprising: a) cultivating an oil-producing algae by promoting sequential photoautotrophic and heterotrophic growth, b) producing oil by heterotrophic growth of algae wherein the heterotrophic algae growth is achieved by introducing a sugar feed to the oil-producing algae; and c) extracting an algal oil from the oil-producing algae

Genifuel Corporation

Procédé de Genifuel:



Conclusion optimiste[1] (07/2014) : « wet wastes could supply more than 15% of US liquid fuel (3.1 out of 19 million barrels per day) by 2045 “

Mais : “At least three successful installations are needed to provide demonstrations and proof to users and investors; then growth will accelerate “.

[1]http://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/11/f19/oyler_biomass_2014.pdf

Matrix Genetics, LLC

Informations générales

www.matrixgenetics.com
Seattle (Washington)

Création en 2007 par Margaret McCormick, CEO;
Société issue de Targeted Growth, Inc. (TGI, Seattle), société de biotechnologie développant des technologies visant à améliorer le rendement et les propriétés des cultures dans les domaines de l'agriculture et de l'énergie (biocarburants);

Société de biotechnologie produisant des produits à haute valeur ajoutée à partir d'algues bleu-vert (cyanobactéries): production de carburants renouvelables, chimie de spécialité, pigments et protéines pour une utilisation dans l'alimentation, la chimie et le médicament;
Expertise en biologie moléculaire et génie génétique appliquée aux cyanobactéries;
Plateforme de biologie synthétique permettant d'obtenir des algues optimisées présentant des propriétés adaptées aux besoins de marchés colossaux tels que l'industrie alimentaire ou les biocarburants (le but étant d'obtenir un rendement d'huile permettant son utilisation à l'échelle commerciale). Augmentation de 400% des quantités d'huiles produites par les cyanobactéries.

Brevets

Matrix contrôle la propriété intellectuelle en lien avec ses travaux sur les cyanobactéries avec le dépôt d'au moins 5 demandes de brevets.

Investissements

08/2012: Avista Development, Inc. (partie investissement d'Avista Corp., acteur du domaine de l'énergie) investit dans Matrix afin de finaliser la séparation de Targeted Growth (montant inconnu).

A2BE Carbon Capture, LLC (n'est plus active depuis 2013)

Informations générales

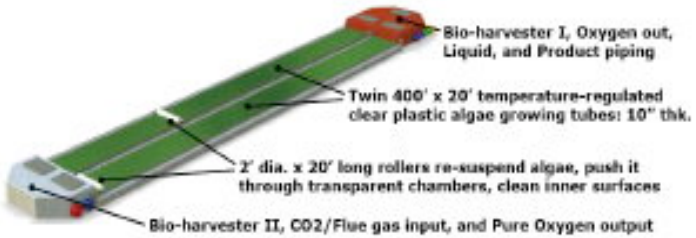
www.algaeatwork.com

Boulder (Colorado)

Société créée en 2007 par Jim Sears (CTO), également président du Technical Standards Committee de l'Algae Biomass Organization;

Activité de capture de CO2 et production de biocarburants, protéines pour l'alimentation animale et engrais, dans une usine intégrée[1];

A développé son propre système PBR, chaque PBR consiste en des sacs plastiques transparents jumeaux de l 20' X P 10" X L 400' long, (soit L 450' X l 50') .



- Footprint: ½ acre each, 450' long x 50' wide
- CO2 Consumption: 110 tons CO2/acre-year
- Product Generation: 60 tons/acre-year
- CC&R Farm Return: 6 - 10 year payoff
- Water use: 3 inches/year equiv.

Brevets

Brevet PBR: US 20070048848: "Method, apparatus and system for biodiesel production from algae"

[1]http://www.swrei.org/wp-content/uploads/2014/01/PP-Sears-Jim.pdf

A2BE Carbon Capture, LLC (n'est plus active depuis 2013)

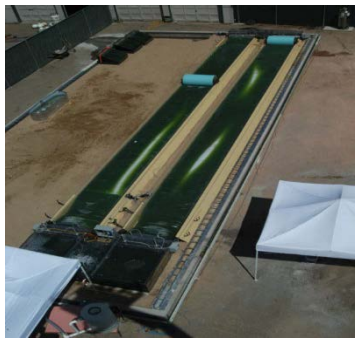
Projets majeurs

08/2010: Joint Venture formée entre The Raytheon Co., Accelergy Corp. (Houston, TX) et A2BE Carbon Capture LLC pour développer une technologie permettant de gazéifier des algues mélangées à du charbon/déchets de charbon pour obtenir de l'essence, du diésel ou du kérosène selon un procédé moins polluant, moins cher et plus efficace[1];

En mai 2010, une subvention de 175k$ avait été accordée par la Pennsylvania Commonwealth Financing Authority pour l'Alliance Carbon Cycle Technology entre A2BE Carbon Capture LLC, Accelergy Corp. (leaders sur le projet) afin de couvrir la moitié du prix d'une étude de faisabilité pour déterminer où une 1ère usine "Coal-Biomass to Liquids (CBTL)" pourrait être implantée en Pennsylvanie. Accelergy et A2BE avaient financé respectivement 125k$ et 50k$ pour cette étude. La future usine produirait aussi bien de l'électricité que du carburant[2].

Ce projet est issu de la collaboration d'Accelergy avec US Air Force qui testait ses carburants "100 % non-petroleum based synthetic jet fuel".

CBTL technology: procédé développé par ExxonMobil dans les années 1990 pour 1Md$: permet de convertir directement le charbon et/ou plantes (ici algues) en carburant liquide. Licence exclusive à Accelergy sur ce procédé et PBR d'A2BE pour la construction d'une plateforme à l'Université du Dakota du Nord (Energy & Environmental Research Center (EERC)).



[1]http://www.algaeindustrymagazine.com/pennsylvania-pursues-alternative-fuel-jv/
[2]http://www.algaebiomass.org/state-of-pennsylvania/

Sapphire Energy, Inc.

Informations générales

www.sapphireenergy.com www.youtube.com/user/SapphireEnergyVideo

San Diego (Californie)

- Création en 2007 par Jason Pyle;
- James E. Levine, CEO depuis 2014 (auparavant Président, CEO et membre du conseil de Verenium Corporation, biotechnologie industrielle); Yan Poon, Vice Président R&D; 01/2015: nomination de Jim Astwood Senior Vice President of product management; sa mission est de développer à court terme des marchés tels que la nutraceutique ou l'alimentation animale et l'aquaculture grâce à son experience (Martek Biosciences devenue DSM nutrition puis Aurora Algae) "*we grow our business to address the global demand for nutritional ingredients.*"
- Capital 334M$, 100 personnes après réduction de 50 personnes en R&D en 2014;
- Culture et transformation des microalgues en produits adressant divers marchés;
- Production de "Green Crude" à partir d'algues et de cyanobacteries (pas de biodiesel ni éthanol) pour carburant de type "drop-in" compatible avec raffineries, pipelines et centres de distribution existants pour essence, diesel et kérosène (validé par Continental and JAL). Culture d'algues en bassins ouverts extérieurs.
- 3 usines en Californie et Nouveau-Mexique. En 2010 1er pilote au Nouveau-Mexique, grâce à une subvention du DOE (50M$) et garanties (54,4M$) du DOA (fin des travaux en 2012 et remboursement de USDA en 2013); Capacité: 1Mgal/an sur 40,5 ha;
- Validation technologique et économique : 1ère bioraffinerie industrielle pleine échelle lancée en 2015: production espérée de 5 000 barils/j en 2018; unité de 300 acres.
- Collaborations avec Linde Group, Earthrise Nutritionals, Monsanto et l'Institute for Systems Biology – Seattle (recherches sur la génétique des souches).

Sapphire Energy, Inc.

- Elue en 2011 comme acteur clé de l'année pour son impact sur l'industrie verte, dans la catégorie des Partenariats Public/privé;
- Accords industriels avec Tesoro Refining and Marketing, Phillips 66 et Sinopec;
- Appartient aux groupes suivants :

Projets majeurs

- Partenariat avec Monsanto pour découvrir les gènes qui peuvent être appliqués à l'agriculture et qui peuvent accélérer la production d'énergie à partir d'algues;
- Collaboration de plusieurs années avec Linde (groupe allemand de gaz industriels) pour le développement à faible coût d'un système de capture et de transport du CO_2, nutriment nécessaire pour la production d'algues à l'échelle commerciale et coopération pour développer une production de masse d'algocarburants, Linde livrant du CO_2 provenant de l'industrie pour la culture d'algues en bassins ouverts de Sapphire, destinées à la production de pétrole.
- 11/2013: accord de développement conjoint avec Phillips 66 pour collecte et analyse de mélange des carburants à base d'algue aux carburants classiques. Objectif: certification de l'installation de Sapphire (raffinage possible du Green Crude dans une raffinerie classique et tenue des critères de l'Environmental Protection Agency's (EPA) - Clean Air Act).
- 07/2014 : sélectionné avec Sinopec (conglomérat étatique pétrolier chinois) comme l'un des 6 projets du partenariat « EcoPartnerships Program", programme de coopération autour des énergies renouvelables et changement climatique. But: démontrer la faisabilité économique d'un biocarburant algal intégrable dans le réseau de distribution existant.
- Partenariat avec le USDOE et USDA pour construire une nouvelle génération de bioraffinerie;
- Collaboration avec des scientifiques renommés du Department of Energy's Joint Genome Institute; University of California, San Diego; The Scripps Research Institute; University of Tulsa et San Diego Center for Algal Biotechnology.

Sapphire Energy, Inc.

Investissements

- Soutien d'un syndicat d'investisseurs mené par le co-fondateur ARCH Venture Partners; The Wellcome Trust; Cascade Investment, LLC; Venrock, Arrowpoint et Monsanto;
- 04/2012: nouvelle tranche de financement de l'ordre de 144 millions de dollars, portant le total à 300 millions de dollars pour son projet novateur sur les biocarburants de 3ème génération, permettant à Sapphire d'achever la construction de sa ferme algale, située près de la petite ville de Columbus (Nouveau-Mexique), à proximité de la frontière mexicaine;
- Financement de 100 millions de dollars du DOE et DOA.
- 09/2012: Algaeus est le premier véhicule hybride (à la fois électrique et bioalgal) capable de fonctionner au carburant algal légalement homologué et habilité à traverser les Etats-Unis; Issu d'une collaboration active entre Veggie Van Organisation et Sapphire Energy; Toyota Prius 2008 modifiée par ajout d'une batterie supplémentaire et un système avancé de gestion de l'énergie, sans en modifier le moteur; Algaeus peut faire 150 miles avec 1 gallon d'algo carburant.[1]



© Copyright Sapphire Energy

[1]http://www.workingworld.com/articles/Cars-That-Run-On-Algae-Jason-Pyle-Sapphire-Energy

OriginOil, Inc.

Informations générales

www.originoil.com
Los Angeles (Californie)

Société fondée en 2007 par Riggs et Nicholas Eckelberry;

Développe une technologie pour convertir les algues en carburant brut renouvelable;

Riggs Eckelberry, CEO et Président, est un des inventeurs de la technologie de rupture mise au point par la société; Nicholas Eckelberry, CRO; Jean-Louis Kindler, CCO;

Technologies brevetées en cours de développement, disponibles pour licence, dont le système EWS Algae™ pouvant être incorporé dans des systèmes complets. Smart Algae Harvester™ offert à la vente. Récolte des algues à bas coût et sans produit chimique.

Brevets

Technologie phare de la société: Single Step Extraction™ (SSE);

Suite à la découverte par Nicholas Eckelberry d'un moyen permettant d'utiliser un courant électrique pour récolter les algues à partir du grand volume d'eau dans lequel elles poussent, un 1er brevet a été déposé le 17 avril 2009 (délivré AU, JP et CH).

Autre technologie brevetée, qui constitue une 2ème étape: Electro Water Separation™ (EWS): électrofloculation permettant de faire fonctionner la SSE encore mieux;

Au total, 56 dépôts de brevets ont été effectués, en lien avec 11 inventions formant la technologie EWS complète (dont extraction de lipides non-polaires, système de déshydratation), qui constitue une plateforme constituant un éventail de solutions pour différentes industries.

Autres inventions brevetées:

- Quantum Fracturing™, Helix Bioreactor™, Hydrogen Harvester™ > transfert à la Joint Venture FR Ennesys le 22 octobre 2013.
- Optimizing Photosynthesis in Photo Bioreactor.

OriginOil, Inc.

Projets majeurs

- 05/2012: collaboration avec Algasol Renewables (Espagne, possède une technologie brevetée pour la culture de microalgues à bas coût pour obtenir du biocarburant et des produits à haute valeur ajoutée) pour le développement d'un système intégré de croissance et récolte des algues. Les 2 sociétés espèrent pouvoir fournir au final un procédé intégré combinant leurs technologies, optimisé au niveau du coût et des performances, et compétitif par rapport au pétrole;
- OriginOil travaille par ailleurs avec le DOE (Idaho National Laboratory) pour mettre en oeuvre un process de conversion de carburant, qui serait apporté au projet en collaboration avec Algasol;
- 09/2014: la technologie de récolte des algues d'OriginOil doit être intégrée dans la nouvelle installation de démonstration d'Algasol au Bangladesh, pour l'alimentation des poissons;
- 01/2015: collaboration avec Idaho National Laboratory DOE pour soumettre un projet lors d'un AO du BETO "Targeted Algal Biofuels and Bioproducts" . INL apporte son expertise dans le développement de souches productives et stables en polyculture; OriginOil apporte sa technologie Algae Screen, qui désinfecte les cultures en continu en sélectionnant au passage les espèces dangereuses dans le flux de la culture.

OriginOil, INL collaborate on proposed algae biofuel project By OriginOil Inc. | January 27, 2015 http://www.biomassmagazine.com/articles/11481/originoil-inl-collaborate-on-proposed-algae-biofuel-project

Aquaviridis, Inc.

Informations générales

Pas de site internet, société toujours active?
Preston (Minnesota)

Société créée en 2012;
Président Thomas Byrne;
Production de matière première algale pour des marches à haute valeur ajoutée tels la nutraceutique, l'alimentation humaine et animale, l'aquaculture et les biocarburants renouvelables;
Vise la mise en place de partenariats avec des chercheurs renommés de l'industrie des algues, des équipementiers, des organisations locales et gouvernementales pour le développement de produits de haute qualité pour ces différents marchés.

Projets majeurs

02/2012: accord commercial avec OriginOil pour aider au développement d'un système de production algale en plusieurs étapes sur le site de Mexico (MX), choisi pour ses conditions climatiques favorables, différents soutiens en local et gouvernementaux et pour la disponibilité de sources de CO2. OriginOil doit fournir son expertise pour la croissance et la récolte des algues. Le projet devrait permettre de convertir des algues brutes directement en carburant brut renouvelable, changement d'échelle prévu mi-2012 de la R&D à une installation pilote de 10 acres; production commerciale envisagée courant 2013[1].

.



[1]http://www.originoil.com/company-news/algae-producer-aquaviridis-and-originoil-announce-joint-commercial-agreement

Parabel, Inc. (ex PetroAlgae, Inc.)

Informations générales

www.parabel.com

Melbourne (Floride)

CEO: Antony Tiarks;

05/2012: le changement de nom de la société de PetroAlgae en Parabel est du à un changement de stratégie d'entreprise[1];

PetroAlgae Inc. était active dans le domaine de l'énergie alternative et disposait d'une technologie brevetée correspondant à un système de microculture pour produire des huiles et des aliments de façon durable à l'égard de l'environnement. Un design de construction flexible et modulaire permettait une croissance quasi continue et un procédé de récolte d'une grande variété de microcultures conçues pour les climats locaux, en s'assurant d'avoir les meilleurs taux de croissance. Le système mondial extensible de PetroAlgae permettait de produire des protéines à grande valeur ainsi qu'un substitut rentable pour les combustibles fossiles, tout en absorbant le dioxyde de carbone provenant des émissions de gaz à effet de serre.

Modèle d'affaires: vente de licences de sa technologie de croissance des algues en bassins à ciel ouvert et commercialisation du procédé de transformation de la biomasse marine en biodiesel ainsi qu'en alimentation pour le bétail à partir de micro-algues et micro-organismes tels que les diatomées, les micro-angiospermes et les cyanobactéries (entre autres)[2].

Parabel Inc. transforme la Lemna, genre de plante aquatique flottante (un des genres des lentilles d'eau ou lenticules) en produit pour l'alimentation animale et potentiellement pour des ingrédients alimentaires chez l'homme, ainsi que pour le marché des biocarburants. Installation de démonstration en Floride: bioréacteur en bassin ouvert.

Pas d'activité a priori concernant les microalgues.

Modèle d'affaires : vente de licences d'une technologie de production de lentilles d'eau et microcultures riches en protéines, fibres, vitamines, minéraux, chlorophylle et Omega-3. Revendique le "non-OGM" et sans solvant chimique.

La matière produite contient 45% d'amidon et 30% de lignine traités par voie enzymatique qui conduirait a un coût comparable aux carburants issus de canne à sucre. Par Fischer-Tropsch, sont obtenus des carburants diésel, essence et kérosène, ou une forme de « brut » raffiné avec le pétrole.

[1]http://www.biodieselmagazine.com/articles/8337/petroalgae-changes-name-to-parabel-to-better-reflect-new-strategy
[2]http://energiesdelamer.blogspot.fr/2009/08/petroalgae-commercialise-ses-licenses.html

Synthetic Genomics, Inc. (SGI)

Informations générales

www.syntheticgenomics.com

La Jolla (Californie)

Société de biotechnologie spécialisée en biologie synthétique, créée en 2005 en partie par J. Craig Venter (Co-CSO, pionnier de la génomique, 1er auteur de la publication « The Human Genome » sur le séquençage et l'analyse du génome humain, parue dans Science en février 2001 alors qu'il était chez Celera Genomics, société qu'il a fondée en 1998) et Hamilton O. Smith (Co-CSO, Directeur Scientifique du J. Craig Venter Institute (JCVI) et Prix Nobel en 1978 pour la découverte des enzymes de restriction).

CEO: Olivier Fetzer;

Basée sur des outils et des techniques propriétaires permettant de synthétiser et manipuler des constructions d'ADN de grande taille, SGI développe des produits pouvant trouver des applications dans différents domaines tels que les carburants, les huiles ou suppléments nutritionnels et les vaccins.

Depuis 2009, SGI travaille à la production de biocarburant à l'échelle industrielle en utilisant des algues recombinantes et d'autres microorganismes. SGI a acheté 81 acres sur le site de l'Imperial Valley en Californie du Sud dans le but d'y produire du carburant algal.

Business Unit Genovia Bio, dédiée aux développements dans le domaine de la nutrition humaine et animale et des biocarburants algaux. Des progrès ont été faits ces dernières années dans le développement de méthodes permettant de construire, introduire et activer des chromosomes algaux synthétiques, ce qui permet d'envisager l'introduction de modifications cellulaires plus complexes pour améliorer la production de lipides. L'équipe travaille également sur l'augmentation de la quantité de lumière convertie en huile; des éléments génétiques de régulation contrôlant l'adaptation de l'algue à la lumière dans un environnement donné ont été identifiés.

Synthetic Genomics, Inc. (SGI)

Projets majeurs

- 2009: SGI et ExxonMobil Corp. ont initié un partenariat de de recherche et développement de souches de microalgues naturelles ou modifies par des techniques conventionnelles pour une utilisation dans le développement de biocarburant algal. Budget potentiel de 600M$;

  Octobre 2011: Craig Venter aurait déclaré lors d'une conférence à Washington que son équipe ne parvient pas à identifier une variété modifiée génétiquement qui permettrait de développer une filière rentable de biocarburants à base de micro-algues, et serait convaincu «qu'une approche passant par des cellules entièrement synthétiques sera la meilleure voie vers une vraie rupture [technologique] » (d'après une déclaration obtenue par Steve Levine, du magazine américain Foreign Policy);
- 2013: Exxon Mobil et SGI, via Genovia Bio, poursuivent leur collaboration avec un nouvel accord basé sur de la recherche fondamentale visant à développer des souches à croissance rapide, optimisées pour la production de lipides et vivant dans différentes conditions. Les algues représentant une source d'huile pouvant être convertie dans des raffineries existantes en gasoil, diésel ou kérosène, des milliers d'algues sauvages ont été récoltées et une dizaine ont été optimisées pour la production d'huile en utilisant des technologies de biologie synthétique de SGI. Le but est d'être compétitif par rapport à l'énergie fossile.

Brevets

SGI a financé les recherches du John Craig Venture Institute pour un montant d'au moins 30 $M et dispose en échange de droits exclusifs d'exploitation de la propriété industrielle générée. 15 années de recherche ont été nécessaires pour générer en 2010 la 1ère bactérie auto-réplicative possédant un chromosome construit de façon artificielle, et de nouveaux outils et technologies ont pour cela été développés.

SGI a déposé plus de 13 familles de brevets en lien avec ces inventions qui peuvent être licenciées à des tiers.

Exxon Mobil

Informations générales

corporate.exxonmobil.com

Irving (Texas)

Société pétrolière et gazière, plus gros producteur de gasoil et diésel. 1er groupe industriel privé;

PDG: Rex W. Tillerson.

Projets majeurs

L'armée américaine est, avec Exxon, l'investisseur le plus impliqué dans le développement de biocarburants expérimentaux.

- Dans le domaine des biocarburants, la société a initié en 2009 un programme avec Synthetic Genomics (50% sur les algues) avec un investissement de 600M$ visant à développer un biocarburant sous 10 ans.

  En 2013, après 100M$ d'investissements et 4 ans de R&D sur l'usage des algues (évaluation de 20 000 souches et sélection d'une dizaine) pour produire du carburant dans les raffineries existantes, Charles Engelmann (porte parole d'Exxon Mobil) déclarait " *We have gained significant understanding of the challenges that must be overcome to deliver scalable algae-based biofuel*s". James Flatt, CTO de SGI indiquait que les résultats obtenus depuis 2009 ont montré que de simples modifications des algues à l'état naturel ne pouvaient pas permettre d'obtenir des performances compatibles avec une solution commerciale économiquement viable[1].

  Les 2 sociétés ont donc réorienté le projet sur de la recherche fondamentale visant à développer des souches à croissance rapide, optimisées pour la production de lipides et vivant dans différentes conditions. Ce nouvel accord vise à approfondir la compréhension des transformations génétiques d'algues, coeur du métier de SGI. Il s'agit ici d'un projet à long terme.
- En 2013, ExxonMobil Research and Engineering a pris une licence auprès de G2X Energy, Inc. pour la production d'essence à partir de gaz, ce qui peut indiquer un abandon de la filière algue.

D'après les informations recueillies par T2M, Exxon Mobil a temporairement mis fin à sa collaboration avec SGI.

[1]http://www.bloomberg.com/news/articles/2013-05-21/exxon-refocusing-algae-biofuels-program-after-100-million-spend

Matrix Genetics

Informations générales

Société de biotech;
Spin off de Targeted Growth, Inc. (TGI), société de biotech également (semence, amélioration des rendements pour les semences alimentaires et destinées au biocarburant);
Premiers travaux sur les cyanobactéries en 2007. La PI générée transmise a Matris;

Focalisée sur les carburants et produits de spécialité issus de cyanobacteries (“blue-green algae”);
Développements autour du métabolisme et de plateformes biologiques afin d’optimiser les microorganismes pour l’application recherchée.

AFS et AFS BioOil

Informations générales

Création en 2007 San Fransisco (10-20 salariés et CA 1-5M$)

www.algaefloatingsystems.com

Achat en 2006 de la technologie d'Algae Floatting System; un module opérationnel a Fairfield Californie;

Produit des « biofermes » basées sur des:

- PBR propriétaires qui optimiseraient les coûts opérationnels, l'usage de la lumière/m^2 et seraient utilisables sous de nombreux climats avec diverses souches et qualités d'eau;
- Systèmes d'extraction d'huile propriétaires (extraction sans séchage);

FS BioOil, filiale créée en 2010 pour la culture et la production de biodiesel.

Selon leur plan de développement, le système est vendu seul ou intégré dans un site complet qui produirait aussi de l'électricité pour rentabiliser au mieux les coûts/bénéfices;

En cours d'instruction d'un projet pour produire 5 MWe/0,79 ML/an: usage de la chaleur pour produire de l'électricité et production de diesel par microalgues et microbes simultanément. Le projet de taille finale commerciale sera sur 500 acres 1 000 MWe à 6c/kWh /0,79 ML à 0,53$/L /an

Stratégie : forte PI et secrets + intégration des systèmes; regrette les temps d'instruction des dossiers d'installation: plus de 6 mois signent la mort du projet.

https://ceocfointerviews.com/interviews/AFS-AFSBioOil12.htm

Streamline Automation

Informations générales

http://www.streamlineautomation.biz/

Ingénierie et développement dans les domaines de la chimie, défense, environnement et automatisme;

Projets majeurs

Suite au contrat avec DOE ont déposé un brevet US 12/970,512 pour l'extraction d'huile algale le 16 decembre 2010:

« *The invention relates to use of an active ionic liquid to dissolve algae cell walls. The ionic liquid is used to, in an energy efficient manner, dissolve and/or lyse an algae cell walls, which releases algae constituents used in the creation of energy, fuel, and/or cosmetic components. The ionic liquids include ionic salts having multiple charge centers, low, very low, and ultra low melting point ionic liquids, and combinations of ionic liquids. An algae treatment system is described, which processes wet algae in a lysing reactor, separates out algae constituent products, and optionally recovers the ionic liquid in an energy efficient manner* »

Technologie de lyse licenciée a Io Li Tec: permet de séparer l'huile qui surnage.

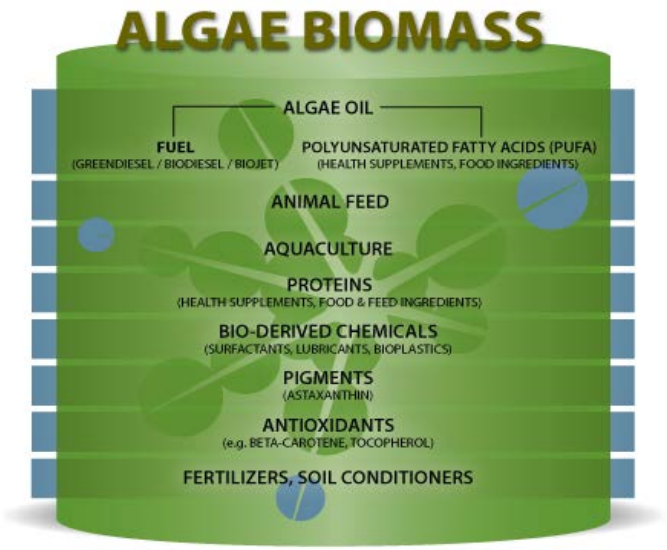
Solix BioSystems, Inc.

Informations générales

www.solixbiosystems.com

Fort Collins, Colorado

- Création de Solix Biofuels en en 2006 à Fort Collins;
- James Tuan, Executive VP Business Development, expérience chez Aurora Nutrition, LLC et Zymetrics, Inc. (enzymes);
- Moins de 50 personnes;
- Changement de nom en 2011 et de Président, Austin Maguire, en janvier 2014;
- Démonstrateur validé par plusieurs années d'activités



Brevets

La propriété intellectuelle de Solix est constituée autour de sa technologie propriétaire AGS, un système de production de biomasse algale à bas coût, adaptable à de nombreuses algues. Le système AGS est une surface de culture étendue, incorporant des panneaux de PBR Lumian™ (panneaux verticaux suspendus dans un bassin rempli d'eau). La société revendique une haute productivité, un rapide changement d'échelle et un contrôle aisé du procédé.

Investissements

- 2008: 10,5M$ 2BF Venture Capital, Bohemian Investments, Southern Ute, Valero Energy, Infield Capital
- 2009: 6,3M$ Shangai Investment
- 2009: 3M$ Bohemian Asset Management, I2BF Venture Capital, Southern Ute Alternative Energy, Valero Energy
- 01/2010: 2M$
- 03/2011:16M$ de Bohemian Ventures, The Southern Ute Alternative Energy Fund et I2BF Global Ventures pour aider à la commercialisation du système de production AGS[1]
- 08/2012: lève 31M$ auprès de I2BF Global Ventures pour passer à l'échelle industrielle.

[1]http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/03/29/game-change-name-change-solix-raises-16m-changes-name-focus/

Solix BioSystems, Inc.

Projets majeurs

- 2009: passage à l'échelle industrielle (x15), bassin de 50 000L utilisant l'eau et le CO^2 d'une centrale adjacente;
- 2010: Solix rejoint le consortium National Alliance for Advanced Biofuels and Bioproducts qui a reçu 44M$ du DOE;
- 04/2011: vente d'un PBR Lumian^{TM} AGS4000 à l'Université d'Etat du Nouveau-Mexique (NMSU) à Las Cruces. Peter Lammers, Directeur technique du projet à la NMSU indique que les fonds viennent d'une subvention de l'US Air Force (jet fuel);
- 08/2011: collaboration avec Glycos Biotechnologies pour tester les catalyseurs de Glycos sur les produits de Solix pour des produits de spécialité (bio-isoprene). L'huile de Solix n'est pas toxique pour les biocatalyseurs de Glycos; validation de production d'éthanol.
- Été 2011: lancement de production à l'usine de Coyote Gulch (8000 m2) près de Durango dans la réserve de "Southern Ute";
- 09/2010: accord avec BASF SE pour tester la possibilité de produire des molécules de spécialité pour BASF. Harald Lauke, Président de la Recherche de Chimie de Spécialité chez BASF a déclaré: "Algae represent a fascinating addition to BASF's technology portfolio as they offer the potential to produce a number of exciting specialty products. After surveying the algae industry, we chose to work with Solix based on its knowledge of algal biology and the strength of its AGS."
- Accord avec le Los Alamos National Laboratory (LANL) pour developper sa technique de concentration algale par utltrasons.



Système AGS

Solazyme, Inc.

Informations générales

www.solazyme.com

South San Francisco (Californie)

Société créée en 2003; co-fondateur et CEO: Jonathan S. Wolfson;

Société leader dans la biologie de synthèse des algues;

Développe des cultures d'algues qui contiendraient de grandes quantités d'huile pour le marché des biocarburants mais également de l'agroalimentaire, de l'agro-industrie et des produits de santé, marchés plus lucratifs à court et moyen terme;

Croissance des algues selon un procédé hétérotrophe, en utilisant le sucre comme source d'énergie primaire. Diverses souches sont utilisées;

A commencé sa production commerciale d'huiles renouvelables issues de microalgues pour les lubrifiants, la métallurgie, les soins (home et personal care) en janvier 2014 (usine d'ADM à Clinton, Iowa et ANP à Galva, Iow. 3 huiles sont fabriquées pour la distribution et la vente aux Etats-Unis et au Brézil;

Produits figurant dans la catégorie «carburants renouvelables» sur le site internet de Solazyme: SoladieselBD, SoladieselRD, Solajet, Military Grade, développés en partenariat avec des leaders industriels;

Solazyme a annoncé en novembre 2011 que la compagnie United Airlines avait fait voler le 1er vol commercial avec un biocarburant issu de micro-organismes, le Solajet™ (Boeing 737-800, 40% de Solajet™ et 60% de carburant classique, vol de Houston à Chicago);

La société a été sélectionnée par l'US Department of Defense (DoD) pour développer et produire à l'échelle commerciale des biocarburants à base d'algues, qui répondent aux spécifications de la marine américaine pour ses plates-formes militaires tactiques. Solazyme produira un carburant renouvelable sous le nom commercial "Soladiesel ® F-76". Ce sont 20.000 gallons qui devaient être livrés en 2010 pour commencer les premiers tests de compatibilité avec l'actuel carburant diesel "F-76 Naval distillat"[1].

[1]http://web04.univ-lorraine.fr/ENSAIA/marie/web/ntic/pages/2009/baldin.html

Solazyme, Inc.

Projets majeurs

Carburants “Military Grade” developpés depuis 2008 avec l’Armée US et le Département de la Défense afin de tester et certifier des carburants de type “drop-in” dont un carburant pour l’aviation et un diésel pour la marine répondant aux spécifications militaires HRJ-5.

Vente à l’US Navy de:

20 000 gallons à 425$/gallon en 2009

150 000 gallons à 67$/gallon en 2010;

Marché autres que énergie (agro-alimentaire, agro-industrie):

Alliances avec les groupes européen Unilever, japonais San-Ei Gen et américain Bunge; alliance avec Roquette Frères (FR), un des leaders mondiaux dans la valorisation de matières agricoles riches en amidon (maïs, blé, pommes de terre, pois):

- 06/2013: “no questions” letter de la Food and Drug Administration reconnaissant le statut de “Generally Recognized As Safe (GRAS)” pour l’AlgaVia, une farine algale;
- 01/2015: “no questions” letter de la FDA et GRAS concernant son produit protéiné AlgaVia (fibres, lipides et nutriments tels que lutéine et zéaxantine). Applications en alimentation, céréales, remplacement de la viande, fromage, produits laitiers ou à base d’oeufs, jus de fruits, etc;
- 03/2010: Accord de R&D avec Unilever pour un usage en savon et produits de toilette;
- 09/2013: accord avec Unilever de fourniture à compter de 2014 de 10 000 t d’huile algale “Tailored” produite sur le site de la Joint Venture avec Bunge Ltd (usine de sucre au Brésil);
- 06/2013: dissolution de la Joint Venture Solazyme-Roquette Nutritionals, spécialisée dans les ingrédients alimentaires élaborés à partir d’algues créée en 2010 (à 50/50) avec Roquette Frères, S.A., du fait de vues divergentes quant à la stratégie de commercialisation des produits alimentaires algaux (pas en lien avec la capacité de production ni la qualité des produits). La JV disposait depuis 2011 d’une unité opérationnelle à Lestrem (Pas-de-Calais), dédiée à la production de farine complète issue de microalgues. Cette ligne de production devait voir sa capacité de 300 tonnes par an portée sous peu à 5 000 t/an dans le cadre de la coentreprise. Roquette précise qu’il portera désormais seul ce projet. Chaque partie est allée sur le marché, avec pour Solazyme la marque AlgaVia et Roquette ALGILITY™ (farine d’algues riche en lipides, protéines et fibres).

Solazyme, Inc.

Investissements

21,8M$ du DoE pour l'usine de démonstration;

08/2012: Solazyme a levé 52M$ lors d'un 4ème tour de financement, afin d'accélérer son développement industriel sur le front des biocarburants verts qui doivent être utilisés comme carburant alternatif par l'armée américaine. Ce financement a été levé par l'intermédiaire de Braemar Energy Ventures, et réunit des investisseurs dits stratégiques, comme la multinationale pétrolière Chevron Technology Ventures LLC et San-Ei Gen, un très important fabricant et distributeur japonais d'ingrédients alimentaires (à base d'algues).

Tours de financement précédents:

12/21/05	Series A	-1M	Harris & Harris Group, The Roda Group
06/01/09	Series C	57M	Braemar Energy Ventures, Lightspeed Venture Partners, VantagePoint Venture Partners, The Roda Group, Harris and Harris Group
08/01/10	Series D	52M	Richard Branson, Chevron Technology Ventures, Bunge

Aurora Algae (ex Aurora Biofuels)

Informations générales

www.aurorainc.com

Hayward (Californie)

Paul Angelico, Président et CEO;

La société a annoncé son changement de nom en septembre 2010 afin de s'ouvrir à d'autres debouchés commerciaux que les biocarburants, dont ceux des nutriments;

Jusqu'à cette époque, la société avait consacré l'essentiel de ses forces et de ses capitaux à développer dans ses installations de Alameda une souche d'algues particulièrement riche en acide gras omega. La réalisation de profits avec des nutriments pharmaceutiques mais aussi des aliments pour la pisciculture, voire même des matières premières pour les cosmétiques était donc envisageable;

A développé la 1ère plateforme synthétique à l'échelle commerciale; Développement de process permettant de révotutionner l'agriculture algale et d'obtenir des méthodes pour cultiver et récolter les algues et extraire et produire des produits algaux de qualité à des prix compétitifs;.

Produits non-OGM, riches en huiles et avec des rendements de production optimisés;

Culture en bassins ouverts;

Marchés vises: carburants, pharmacie (acides gras omega-3), alimentation animals, nutrition;

Une usine pilote a produit de la biomasse algale jusqu'en 2007.

Brevets

98 brevets et demandes de brevet deposés dans le monde entier.

Aurora Algae (ex Aurora Biofuels)

Projets majeurs

Diverses collaborations afin de developer avec les partenaires des solutions de haute-qualité et économiquement compétitives, répondant à leurs besoins:

Investissements

Date	Type	Amount	Investors	Valuation
06/01/08	Series B	20M	Oak Investment Partners, Noventi, Gabriel Venture Partners	Unknown
08/01/11	Other	22M		Unknown

Joule Unlimited (ex Joule Biotechnologies)

Informations générales

www.jouleunlimited.com

Bedford (Massachussets)

Start-up créée en 2007;

Serge Tchuruk, Président et CEO depuis novembre 2014 (ancient Président et CEO d'Alcatel et Total SA); Tom Jensen, Vice Président Exécutif et Head of Corporate Development;

La société a mis au point une technologie de production de biocarburant à base de microalgues génétiquement modifiées (cyanobactéries) qui peuvent sécréter de l'éthanol, de l'essence ou du diésel;

Les cyanobactéries fabriquent directement l'éthanol à partir du soleil, en consommant de l'eau non-potable et du CO_2;

Site pilote au Texas, usine de démonstration au Nouveau-Mexique (Hobbs) d'une superficie de 1,5 ha et construction d'usines commerciales prévue en 2014 pour mise sur le marché d'éthanol en 2015.

Projets majeurs

Partenariat exclusif avec le groupe allemand Audi pour le développement d'éthanol (*Sunflow-E)* et diésel (*Sunflow-D)* produits de façon biologique; va permettre de tester, valider et analyser le cycle de vie des biocarburants produits par Joule. Pour Audi, cette collaboration s'inscrit dans la stratégie de la société de devenir un fournisseur de carburant neutre en CO_2 pour les générations à venir.

Volumes et coût prévus[1]: Audi annonce 75.000 L/ha/an pour le e-ethanol (à comparer aux 7000 L/ha/an du bioéthanol produit à partir de la betterave); pour le e-diesel, le chiffre serait de 50.000 L/ha/an (contre 1000 L/ha/an pour le biodiésel).

Coût de production estimé à 0,25 € le litre pour e-ethanol et le e-diesel.

[1]http://www.lepoint.fr/automobile/innovations/l-apres-petrole-est-deja-la-02-10-2012-1512571_652.php

Joule Unlimited (ex Joule Biotechnologies)

Brevets

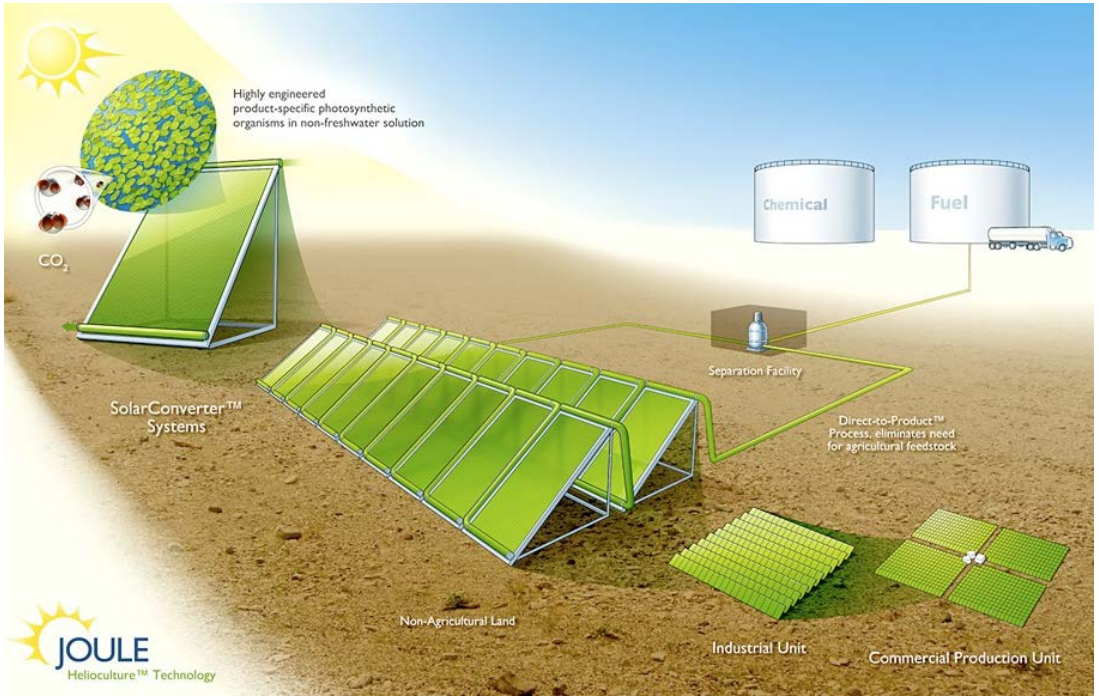
Nombreux brevets protégeant les techonologies de la société;

Investissements

Fonds privés;

01/2012: a levé 70 millions de dollars auprès de son investisseur historique, Flagship Ventures, et d'autres partenaires restés anonymes (3e tour de table);

Investissements Audi.



Pond Biofuels (CANADA)

Informations générales

www.pondbiofuels.com

Markham (Ontario)

Société créée en mai 2007 par Max Kolesnik (CTO et CEO interim) et Steven Martin;

Société produisant des algues à partir du CO_2 industriel;

Développe un procédé de séquestration du CO_2 industriel pour entretenir la croissance de microalgues dans un réseau de bioréacteurs; la biomasse microalgale peut ensuite être valorisée dans différentes applications telles que la nutrition animale ou la production de biocarburants;

Le brut vert est traité par un procédé chimique pour obtenir un biodiesel répondant aux normes réglementaires pour une utilisation dans les systèmes de distribution de carburant existants (ex: US ASTM D6751).

Pond Biofuels a conçu, construit et exploite une usine pour la validation du procédé à grande échelle en utilisant le CO2 provenant de la cimenterie de Saint Mary. Cette installation est capable de capturer 12 tonnes de CO_2 par an. Les fumées émises par la cimenterie sont aspirées en sortie de cheminée et transitent par des réacteurs chargés d'eau et de microalgues. Ces micro-organismes ont la faculté d'assimiler le gaz carbonique comme un nutriment et, en complément d'une lumière fournie par les réacteurs, de se multiplier. Steve Martin précise: « *Une fois séchée, cette biomasse riche en lipides possède un fort pouvoir calorifique. On peut la brûler comme du charbon, ou bien en extraire une huile qui sera raffinée en biodiesel* ».

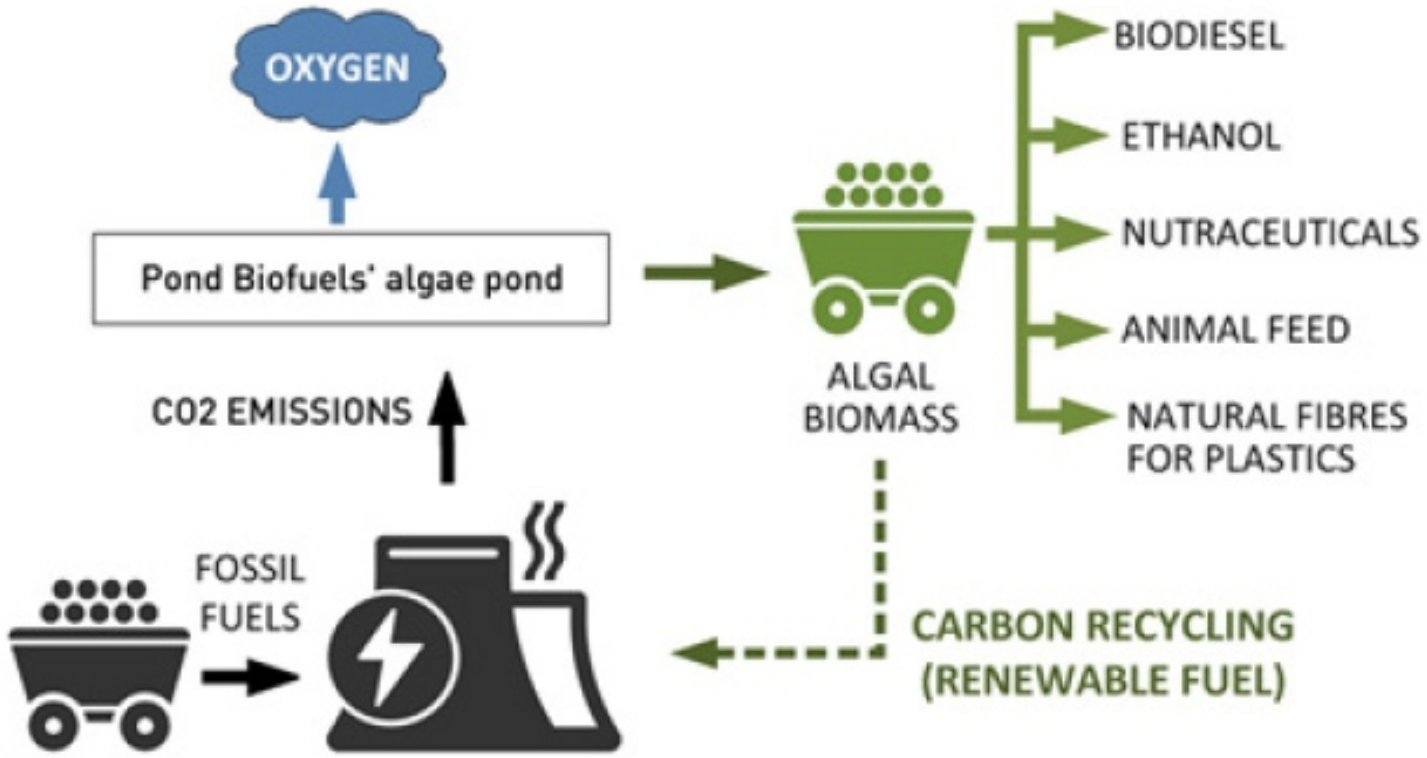
En juin 2012, ayant sélectionné des souches d'algues aptes à proliférer, la société atteignait une productivité de 12 grammes de biomasse par litre d'eau et par jour.

Phase industrielle: usine commerciale pouvant être fournie directement aux clients ou licenciée pour fabrication par un tiers.

Etaient prévus une capacité totale d'un million de litres et des réacteurs en mesure de séquestrer 2 000 tonnes de CO_2 par an.

[1]http://www.industrie-techno.com/pond-biofuels-convertit-le-co2-en-biomasse-energetique.13362

Pond Biofuels (CANADA)



Procédé de Pond Biofuel

http://www.cbc.ca/news/politics/co2-emissions-could-feed-algae-biofuel-bonanza-1.1269739

Pond Biofuels (CANADA)

Brevets

Dépôt de 12 demandes de brevets afin de protéger les technologies et les systèmes de la société dont:

- *DILUTING EXAUST GAS BEING SUPPLIED TO BIOREACTOR*
  US 8889400 B2
- *PROCESS FOR GROWING BIOMASS BY MODULATING INPUTS TO REACTION ZONE BASED ON CHANGES TO EXHAUST SUPPLY*
  US 8940520 B2
- *PROCESS FOR GROWING BIOMASS BY MODULATING SUPPLY TO REACTION ZONE*
  US 8969067

Projets majeurs

Importants partenariats avec l'industrie et le gouvernement:

- St. Marys Cement
- U.S. Steel Canada Limited
- Ontario Ministry of Economic Development and Innovation (anciennement Ministère de la Recherche et de l'Innovation)
- Canadian Gas Association
- Union Gas
- Federal Economic Development Agency of Southern Ontario
- Asia Pacific Partnership
- Ontario Centers of Excellence
- National Research Council's IRAP program

Investissements

Gouvernement et secteur privé dont support de l'Innovation Demonstration Fund (IDF) pour l'usine sur le site de Saint Mary.

Sociétés non pertinentes aux USA

Sociétés identifiées dans la bibliographie mais ayant disparu, changé d'activité ou hors champ biofuel

- **Fuel: Bio One, filiale de FuelBio Holdings, LLC a semble-t-il produit du biodiesel en 2007; (« operates as a commercial producer of biodiesel. The company is based in Elizabeth, New Jersey") Site inactif;**
- **AlgoDyne Ethanol Energy Corporation, crée en 2007: pas retrouvée;**
- **Aquavirdis (citée avec Origin Oil en 2012);**
- **Algaewheel: système développé pour le traitement des eaux par OneWater;**
- **PetroSun, issue du monde pétrolier, ne semble plus avoir d'activités depuis 2009. Technologie de combustion de matière organique pour produire du CO_2 et du charbon utilisé pour alimentation des algues et comme fertilisant;**
- **PetroAlgae http://www.parabel.com/services/industrial/ produit des lentilles d'eau; pas vraiment des algues et vise toutes les applications (licencie sa technologie)**
- **Cyanotech Hawai: suppléments nutritionnels, colorants alimentaires et diagnostic immunologique http://www.cyanotech.com/contact.html**

Conclusions USA

Le DOE a lancé des projets à plusieurs reprises et de façon continue depuis les années 90 (même si son action dans le domaine est antérieure), qui ont permis de faire émerger des "champions" capables de produire des algocarburants. Les prix ne sont pas encore compétitifs avec le pétrole mais des améliorations techniques sont annoncées régulièrement et les prix décroissent.

Des essais en vraie grandeur (US Navy ou Air Force) avec ces carburants (parfois achetés très cher) ont montré la possibilité de les utiliser. Certains ont obtenu les qualifications;

Le DOE s'adresse aux industriels et aux laboratoires et finance des plateformes ouvertes à tous;

Le DOE semble désormais convaincu qu'il faut tirer partie de TOUTE l'algue pour tenir les objectifs de coût et ses derniers appels d'offre "Targeted Algal Biofuels and Products 2014" incite tout particulièrement au développement d'autres produits, à la protection des cultures et à l'utilisation du carbone via les algues créant ainsi diverses sources de revenus.

Les sociétés prennent également ce virage (Solaryme/Bunge par ex.);

- **Conclusion du DOE (15 Oct 2014 Bruxelles- Folie 18 http://www.energy.gov/eere/bioenergy/downloads/response-ig-recommendation-create-formal-lessons-learned-process) sur les leçons tirées de son Biorefinery program:**
  - **Proper integrated pilot testing**
  - **Feedstock procurement**
  - **Risk management throughout the project**
  - **Partnership for construction rather than standard EPCM contract**
  - **Mechanical completion ≠ operational**
  - **Secure adequate financing, incl. contingency**

- **Pour l'ABO "***The path is simple: Advance the technology and infrastructure through to initial commercialization, find revenues in new and bigger markets, repeat***." La baisse du pétrole ralentira mais n'enrayera pas le processus.**

Low Oil Price Won't Put Brakes on Biomass Future By Matt Carr | February 02, 2015
http://www.biomassmagazine.com/articles/11467/low-oil-price-wont-put-brakes-on-biomass-future

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.3: Programmes et sociétés hors France

B.3.5: Programmes et sociétés reste du monde

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

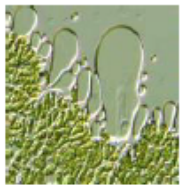
Programmes micro-algues au Japon

Strategic Development of Next-generation Bioenergy Utilization Technology

Target is to establish manufacturing technology that utilizes BTL and microalgae-derived biofuels by 2030

Japanese Government → NEDO → Private company, Universities and R&D institutes

Budget in FY2013 :approx.18M US$
Duration: from FY2010 to FY2016

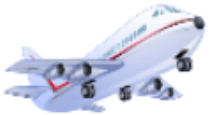


Microalgae etc.
(*Botryococcus* etc.)

Cultivation, harvest, extraction conversion etc.



Hydrocarbon etc.



Jet-fuel



Gasoline



Woody biomass etc.

Gasification , purification, FT-synthesis, distillation



Hydrocarbon



Bio-diesel



15
Kerosene

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
AIST

NEDO

Country Report Japan

Biocarburants au Japon et microalgues

- **En 2007, 6 229 kL de biodiesel produit au Japon et 8 652 kL en 2010: 97,1 yen/L (0.04% des 21,4 M de kL mondiaux en 2011) via des huiles alimentaires usagées en général mais collecte insuffisante ;**
- **Trans Algae Corporation doit monter une usine qui utiliserait des carburants d'algue;**
- **La reconstruction de la région de Tohoku inclut notamment un projet 2012-2016 sur les microalgues (Pf Toji, Tohoku University) pour 800 million yen.**

Selon le NEDO*, 5 souches sont étudiées pour leur rendement en OP. Ensuite 1000 m^2 d'OP serviront de démonstration (résistance, variation annuelle…) . Objectif 2020: validation et production commerciale à grande échelle en 2030, pour un prix de $1/L pour substituer 10% des 5M kL de kérosène qui devraient être utilisés en 2030.

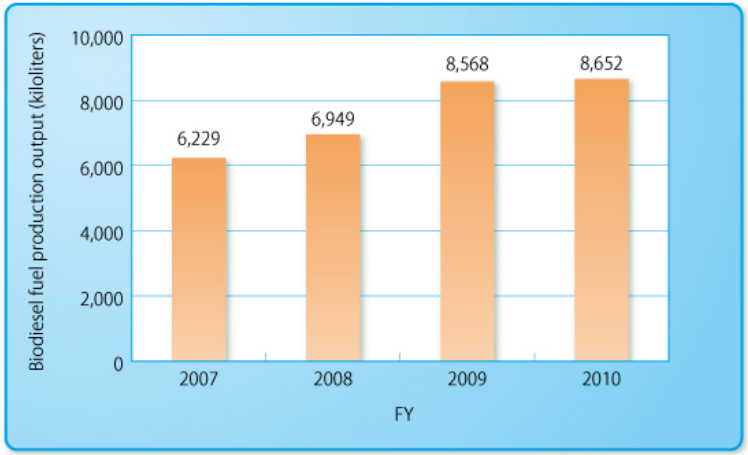


Fig. biodiesel fuel produit au Japon

http://www.asiabiomass.jp/english/topics/1208_03.html

* Japan Moves toward Becoming a Leading Country in the Introduction of Biofuels derived from Algal hydrocarbons and fats produced by Japanese Original Technology, Takahisa Yano Biomass Group New Energy Technology Department, NEDO

Historique du Japon selon [1]

- **Développement lié à l'alimentation/ nutraceutique**

JPR

Historical overview on the algae industry in Japan

Several "the first" and "leading" of the algae industry in commercial production

Chlorella Industry Co., Ltd

- Established the world's first commercial production of Chlorella in 1964
- Production: Fine health foods, dietary supplement product
- Sales: 4,588 million yen (FY Apr. 2010)

DIC LIFETEC Co., Ltd.

- As a world's first company to be successful for commercial production of Spirulina for more than 30 years(800 tons)
- Sales: 2,580 million yen (FY Mar. 2011)

Fuji Chemical Industry Co., Ltd

- Established the world's first commercial stabile production of the extract of the green unicellular alga Haematococcus pluvialis, astaxanthin, in 1994. (Global share 70%)

Nikken Sohonsha Corporation

- An algae-growing enterprise in Eilat owned by Nikken Sohonsha, produces beta-carotene-rich Dunaliella powder and other health foods
- Sales: 7,853 million yen (FY 2008)

J-Phoenix Research Inc. : All Rights Reserved. 2011

Roadmap development of algae industry in Japan and keys to success, J-Phoenix Research Inc., 4th Algae World Asia Beijing; Nov 15 2011

Historique du Japon

JPR

Implications of NEDO-RITE Project 1990-2000

Summary of NEDO-RITE Project 1990-2000

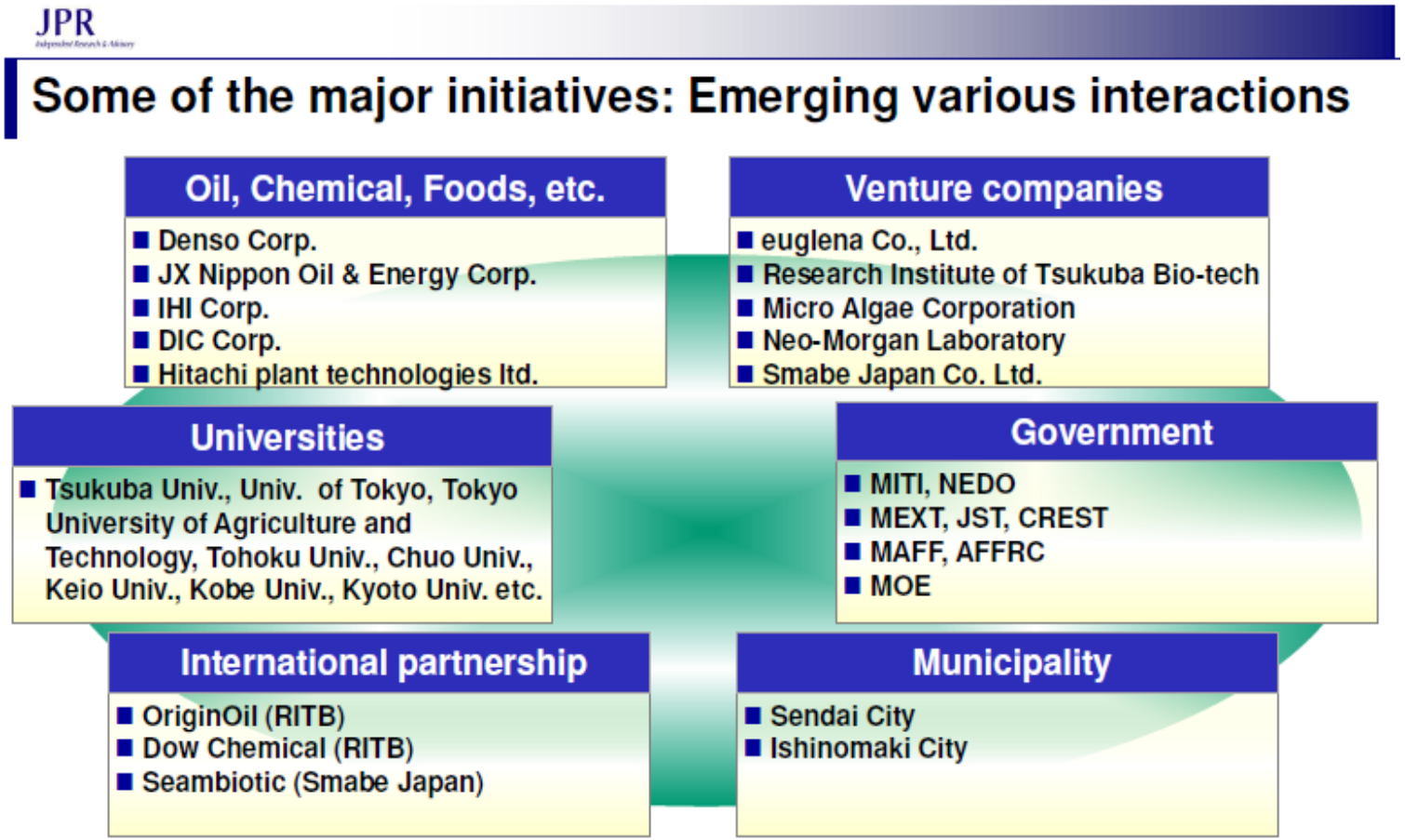
- Extensively examined the ability of fixation and the recycle mechanism of CO2 of photosynthesized microorganism such as algae and microbes
- Total executed budget: 12,242 million Yen
- Achieved top level research regarding the ability of fixation of CO2 of photosynthesized algae and microbes
- Found several useful algae strains which have favorable characteristics producing high portion of lipids and hydrocarbon
- Focusing on PBR, failed to design a total system which is commercially valuable in terms of fixation and recycle of CO2

Commercially unsuccessful but top level R&D was developed and accumulated in terms of the biological sense

- Various academic researchers involved in this project are leading the current development of the algae industry for biofuel production (For example: Dr. Kurano of Denso and Professor Harayama of Chuo University)

Historique du Japon: renouveau

- **Suite au tsunami, le JP a décidé de diminuer la part nucléaire**



Forces du Japon

JPR

Why Japanese is leading in the commercial production?

Characteristics of algae production

- Incredibly complex interaction of various conditions. Careful control through the well customized production facilities
- Deep and integrated understanding of phycology and engineering, fluid dynamics and water treatment, etc.
- Feedback from operators at the front of facility for the optimization of total system is key to success in commercial operation

Integral architecture of production

- Intense interactions and continuing learning of production processes and development of production facilities are the keys for success
- As a result, knowledge shares between operators and researchers who are responsible to design total system are keys to success
- You can not produce algae in terms of the commercial sense just like personal computer which you can produce by assembling CPU and module components

Japanese are in general very successful in "Integral architecture of production"

- Japanese industries are leading in "Integral architecture of production" , such as auto industry, machinery, electronic components, fine chemical, etc. (Prof. FUJIMOTO Tokyo Univ.)
- Algae production might be another example of "Integral architecture of production" of where Japanese companies are leading in commercial production

Analyse Japon en 2011

- **Le JP dispose de forces (voir slide précédente) et de succès effectifs (hors biofuel);**
- **Efforts gouvernementaux relancés suite au tsunami;**
- **Besoin d'investissements privés importants et d'un consensus des acteurs japonais sur le long terme: académiques, industriels, Etat, le peuple japonais (prise de conscience);**
- **Besoin de tirer les conclusions de l'échec du programme NEDO-RITE et d'autres échecs dans le monde.**

"Algae Industry Incubation Consortium" in Japan might contribute to promote and create "consensus" regarding how algae industry should be developed and support to create the governmental policy to support the industry on the long-term basis

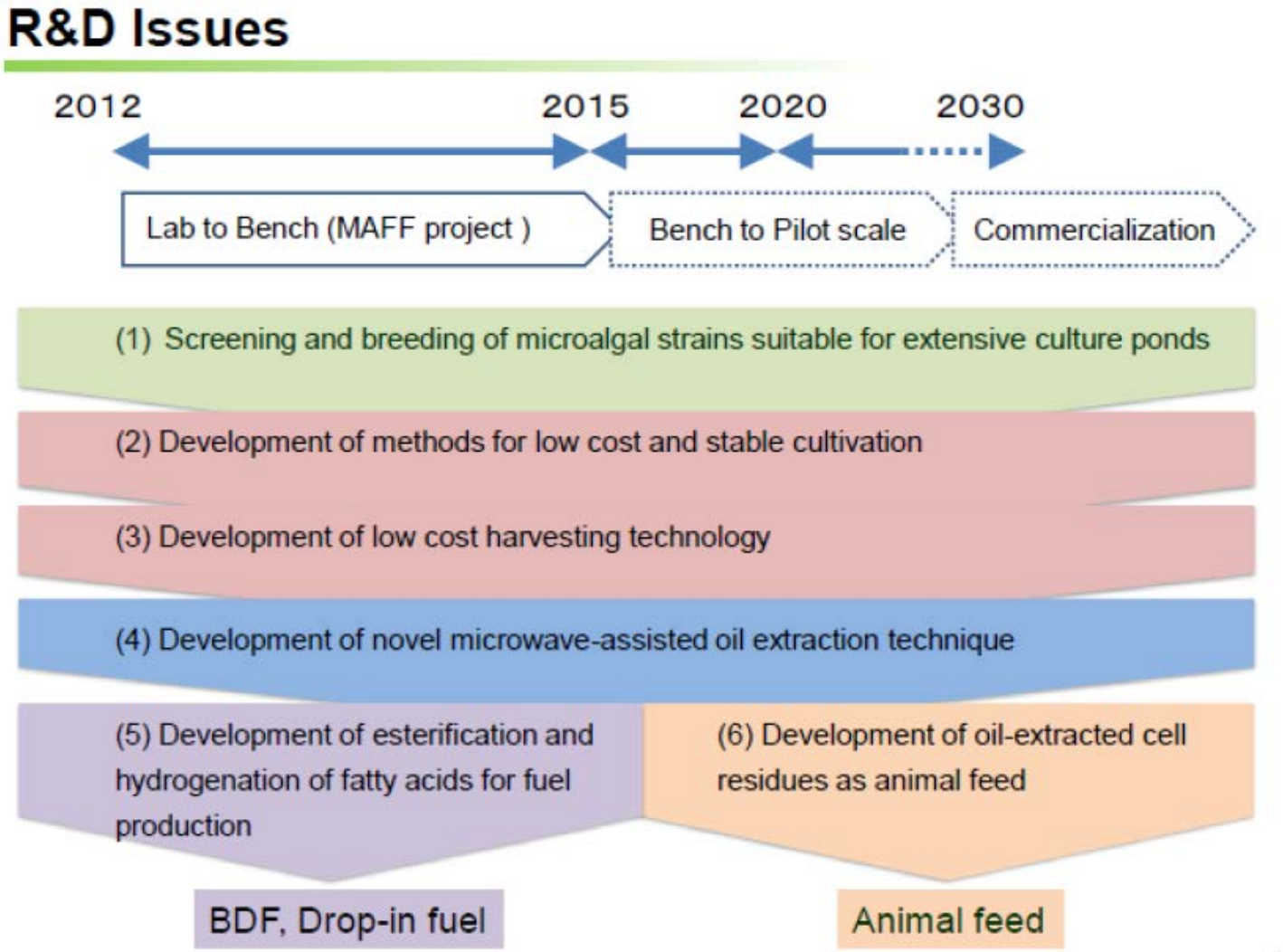
Algae Industry Incubation Consortium (AIIC)

- **Création en juin 2010 sous la direction du Prof. Isao de l'univ de Tsukuba;**
- **Plus de 100 partenaires (15 à sa création, 70 en 2011) académiques, industriels (JX Nippon Oil & Energy Corp., IHI Corp., DENSO Corporation, Hitachi Plant Technologies, Ltd., Mitsubishi Corp., Idemitsu Kosan Co., Ltd., Euglena Co. Ltd., Neo-Morgan Laboratory Inc., IDEA Consultants, Inc., YANMAR Co., Ltd)**
- **Soutenu par Ministère de l'Agriculture, des forêts et de la pêche. Etablit une feuille de route pour la création d'une filière de biocarburants algaux, le développement de technologies autour des biocarburants algaux et les recommandations nécessaires à ce développement;**
- **Collaboration avec Algae Biomass Organization depuis sept 2013;**
- **Son président considère que l'association manque de «pouvoir» et déclare (sur le site) «Japan is still in the stage of basic research and primary technological development."**
- **Un projet de 3 ans est en cours sur la compréhension de la biomasse d'algues natives.**

AIIC Algae Industry Incubation Consortium JAPAN

Algae Industry Incubation Consortium, Japan

Roadmap de l'AIIC



Selon http://www.algaebiomass.org/wp-content/gallery/2012-algae-biomass-summit/2010/06/Watanabe_Makoto1.pdf

RITB

JPR

Research Institute of Tsukuba Bio-tech Corporation (RITB)

- Algae strains: Euglena and "New Strain x"
  - New Strain X: Autotroph, discovered by RITB. It grows very fast (1kg-d.m./m3/d) in fresh water with oil contents around 70%. Oil is suitable for Jet Fuel
- CEO of RITB is Dr. Maekawa, Professor Emeritus of Tsukuba Univ.:
- LED driven cultivation methods
- Research and business collaborations:
  - Tsukuba Univ., Gunma Univ., Chiba Univ., Kita Kyushu Univ.
  - OriginOil, Inc. of Los Angeles, CA for the technology of extraction of oil, Dow Chemical and Japan Air Line
- Governmental supports: Japan Science and Technology Agency

Biomasse algale: vue générale Asie/Océanie

Pays	Développement
Chine	•An American company BioCentric Energy Algae Co. secured 500 ha of land in Guandong Province and constructed a bioreactor 63.5 cm in diameter ×10.4 km in length (consists of 40 boxes containing 146 m long culture tubes); •The plant (bioreactors) to be capable of producing 80 t/day of algae absorbing CO_2 emitted from factories of the nearby region, as much as 0.4 million ton a year; •Chinese innovation group ENN is presently operating a pilot plant for algae culturing, and planning to build a demonstration production plant within three years on a land of 100 ha.
Australie	•South Australian Research and Development Institute (SARDI) and Algal Fuels Consortium, a research consortium organized by CISRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research) as the center, jointly constructed a pilot plant for algae culturing on Torrens Island.
Sri Lanka	•The government of Sri Lanka has offered a land of 5,000 ha to a Indian business EBTI (Enhanced Biofuels & Technologies India (P) Ltd.). The land is to be used for growing crops to make biomass fuels as well as for culturing algae.
Pakistan	•The country is investigating the possibility of utilizing its salty sterile land 110,000 km^2 wide for culturing micro algae.
Japon	•Denso Co. is developing a biofuel plant of 80 ton-oil/y capacity that will produce a light oil (C10 - C25) extracted from microalgae (Pseudochoricystis ellipsoidea); •Institute of Advanced Energy, Kyoto University, succeeded in producing bioethanol from a kind of foreign-origin waterweed (Elodea Canadensis) that grows in Biwako (Lake); adopted as a national model project and started model experiments since April 2009.
Thaïlande	•The University of Khon Kaen discovered, in November 2008, a species of microalgae (KKU-S2), which showed an extraordinary rate of oil production - as much as 136.9 kL,/ha/y; •The algae reproduce twice as much in a couple of days. It is possible to harvest oil within one or two weeks. Full-scale commercial production is awaited.

http://www.asiabiomass.jp/english/topics/0911_07.html

Biomasse algale: vue générale Asie/Océanie

Pays	Développement
Nelle Zélande	•Aquaflow Co.(devenu NTX Fuel) is culturing microalgae in a water-aeration pond that can treat 5 million kL of drained water from sewage treatment facility (for 27,000 people) and wineries; •Using a pilot plant for filtering water at a rate of 70m^3/h, it is possible to recover 70～90% of micro algae; •Aquaflow, jointly with UOP (Universal Oil Products), is developing ways for industrial utilization of micro algae; •Investigating a variety of micro algae.
Inde	•Enhanced Biofuels & Technologies India Ltd. (EBTI) discovered some species of microalgae containing 37 - 54% of oil content after investigating 64 species of micro algae; •Discovered a microalgae that has a very high productivity (245 ton-oil/ha/y, 132 ton-biomass/ha/y); •Discovered a species of microalgae containing 50-60 % of oil and having a high reproduction rate of 4 times a day; •Succeeded in attaining 90 % of extraction rate of oil from microalgae, and concluded an agreement of joint R & D with Renewed World Energies Co.
Korea and Indonesia	•Korea (the Korea Institute of Industrial Technology) and Indonesia (Indonesian Maritime Affairs and Fisheries Ministry) concluded an agreement of joint R & D project on production of biofuel from algae, on 31 March 2009; •SPICE (the Science for the Protection of Indonesian Coastal Marine Ecosystems) started development of a small-scale biogas plant at Saugi Island. The plant produces biogas using red seaweed from which carrageenans (a food stabilizer) are extracted.

http://www.asiabiomass.jp/english/topics/0911_07.html

Malaisie

- 28/1/2014. Airbus a signé un MoU avec le CIRAD et des partenaires malaysiens (Aerospace Malaysia Innovation Centre (AMIC), Malaysian Industry-Government Group for High Technology (MIGHT), University Putra Malaysia (UPM) and the Malaysian Biotechnology Corporation (BioTech Corp) pour l'étude de biocarburants locaux. 1 an de screening de la biomasse disponnible. Frédéric Eychenne, Airbus New Energies program manager, ajoute que l'Asie du SE dispose de grandes ressources en biomasse et que la création de ce "Center of Excellence in Malaysia" pourrait à terme conduire Airbus à construire des usines de production de carburant.

Algues en Chine

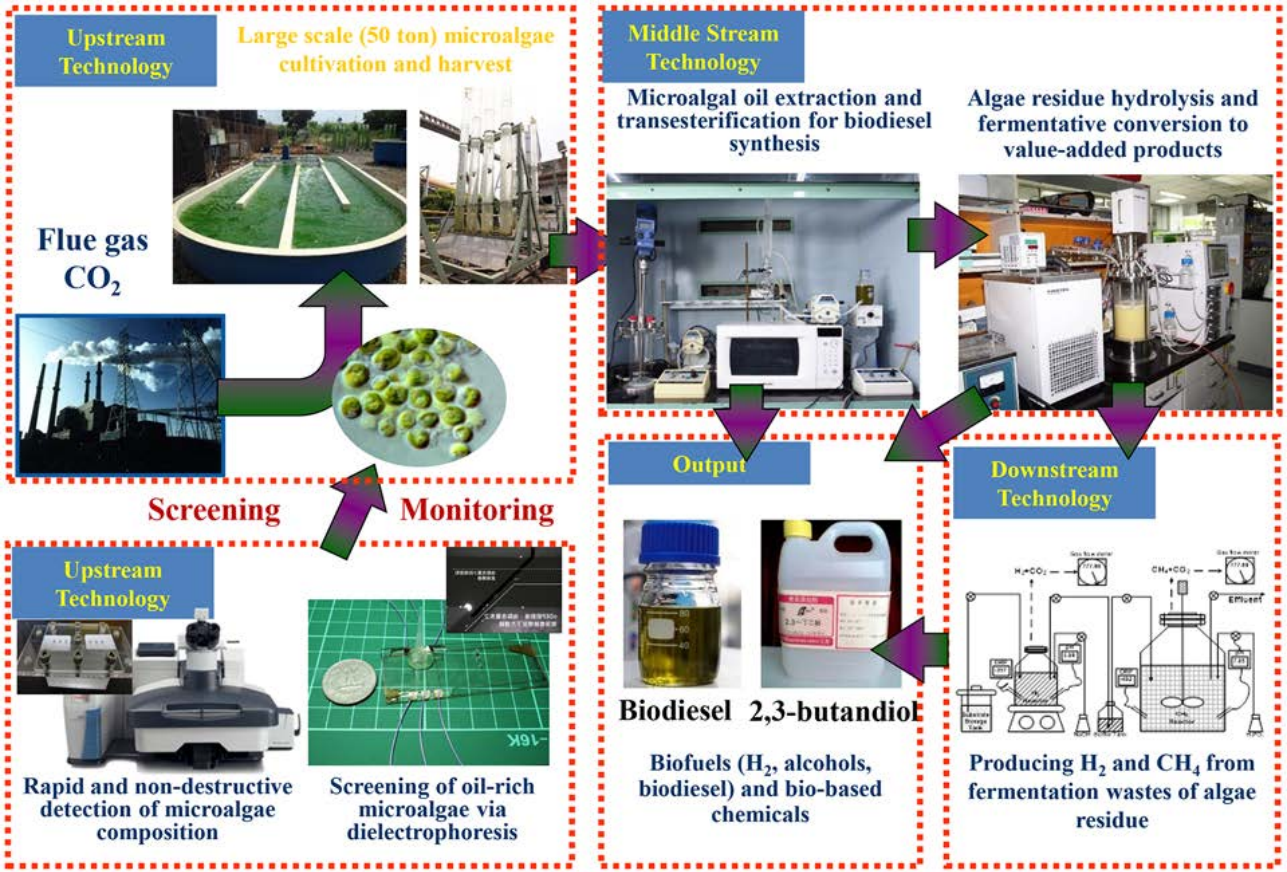
- **Selon[1] la Chine dispose d'un potentiel sérieux en microalgues avec une production de 12Mt de biojetfuel à partir de 2020 (soit 30% de sa consommation) sur la base de micro/macro-algues et huiles de cuisine;**
- **CBEL a investi début 2011 dans une JV de biofuel algal avec Phyco BioSciences;**
- **Le Gouvernement chinois a annoncé sa volonté de tenir une politique "Ciel bleu" et d'utiliser toutes les technologies et procédures afin de réduire la pollution et les GES. (annonce avec les USA de diminuer les émissions);**
- **Les avantages de la CN: nombreuses industries lourdes (acier) cherchant à se défaire de leur CO2/ Place disponible dans les réseaux d'aquaculture (>100M ha);**
- **Ecueils: manque d'expérience et de connaissances; la CN serait en retard en R&D (Note : la réf. date de 2012). La CN ne possèderait pas (à l'époque) de production de compléments alimentaires; ils proviendraient des USA, TW ou NZ. Besoin d'un partenaire local; l'importation de souches non locales serait interdite de même que la mise en œuvre par un non chinois de souches locales.**

- **ICET: Innovation Center for Energy and Transportation, organisation professionnelle à but non lucratif qui promeut les biocarburants. Essentiellement 1G et 2G. Peu d'informations pour les "advanced biofuels". Pas une agence de financement.**

1) Available Resources for Algal Biofuel Development in China, Shuhao Huo et al, *Energies* **2011**, *4*(9), 1321-1335]

National Cheng Kung University Taiwan

National Cheng Kung University
Research Center for Energy Technology and Strategy



Direction : Pf Jo-Shu Chang
1ère équipe à TW à établir une plateforme de capacité > 50 t (liée à l'usage de rejets gazeux) et le traitement associé jusqu'au biocarburants ou molécules à HVA

http://cets-en.ncku.edu.tw/bin/home.php

National Cheng Kung University Taiwan



Dispose d'une plateforme de combustion pour tester divers carburants

11/2012 Annonce des resutlats du programme de développemetn de microalgues pour biodiesel entre le «Fisheries Research Institute » (Donggang) et l'Industrial Technology Research Institute (ITRI - Hsinchu). Le ministère estime la production initiale de diesel à 15,000 L/an.
ITRI a également signé un MOU avec le NAABB (USA) pour le développement de filtres multicouches



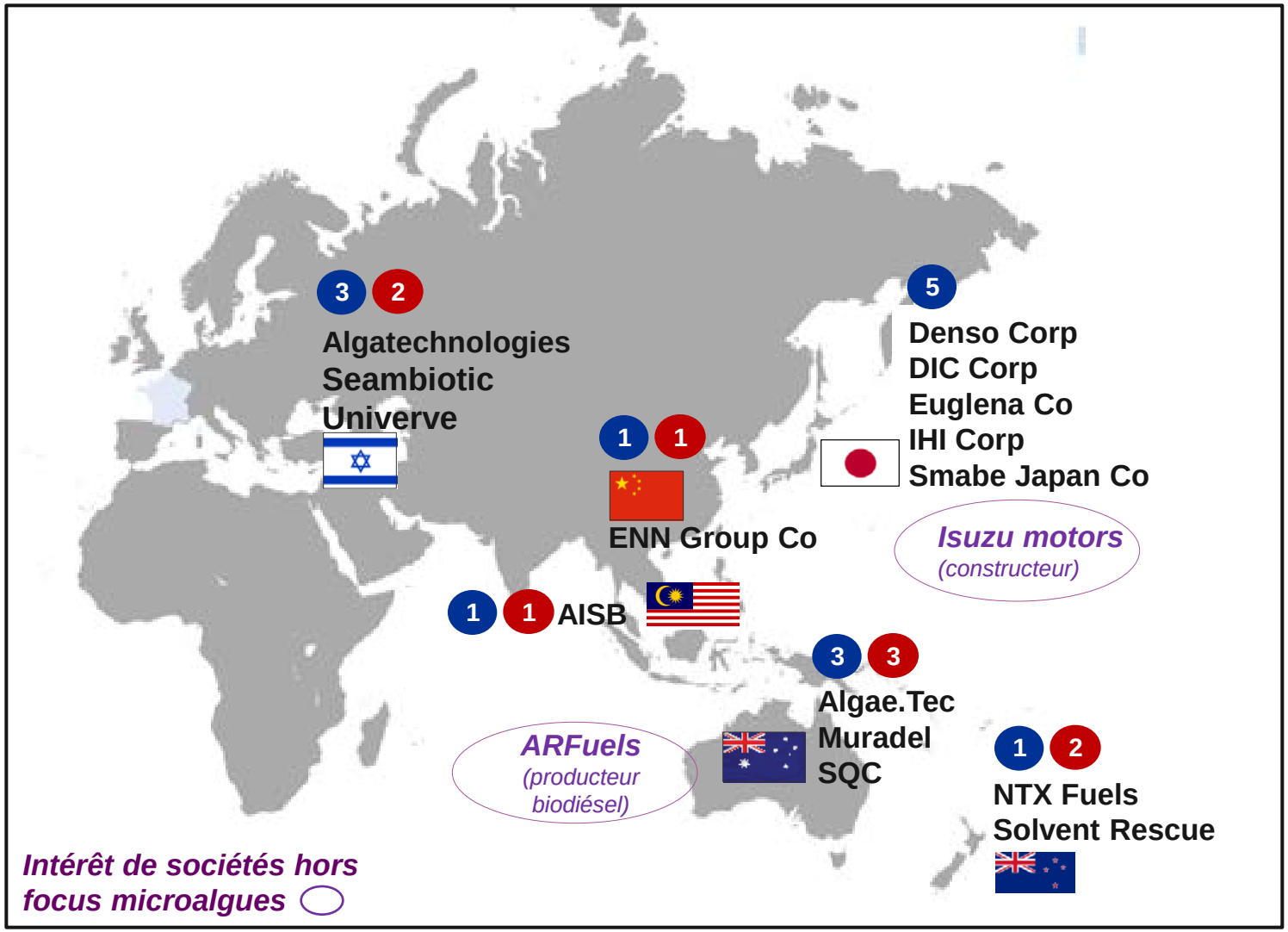
20 nov 2012 visite des installations a "Fisheries Research Institute" de Donggang Township

Qatar Advanced Biofuel Platform (QAPB)

Description

Pilote en projet en 2012
Qatar Airways, Airbus, Qatar Petroleum, Qatar University Science and Technology Park, et Rolls-Royce forment la « Qatar Advanced Biofuel Platform (QAPB) »
L'université du Qatar se chargeant de la recherche sur la souche et un équipement de taille laboratoire pour la production de l'huile;
Passage au démonstrateur: 18 mois et quelques $M. Le CO2 vient d'une raffinerie de Qatar Petroleum et l'emplacement est choisi pour passer à l'échelle commerciale dès que le système sera prouvé.

Principales sociétés en ASIE et OCEANIE



Principales sociétés et chaîne de valeur

Société			
Algatechnologies	X	X	
Seambiotic	X		
Univerve	X	X	
ENN Group Co	X	X	
Denso Corp	X		
DIC Corp	X		
Euglena Co	X		
IHI Corp	X		
Smabe Japan Co	X		
AISB	X	X	
Algae.Tec	X	X	
Muradel	X	X	
SQC	X	X	
NTX Fuels	X	X	
Solvent Rescue		X	

ISRAËL 1/2

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs	Brevets	Informations principales
Algatech -nologies	1998	IS (Kibbutz Ketura)		www.algatech.com	Dr Oran Ayalon (Dr R&D) Efrat Kat (Dr Marketing & Sales) info@algatech.com	Focus actuel n'est pas sur l'énergie mais les compléments alimentaires chez l'homme.	Accord de R&D signé avec Schott AG en septembre 2014 pour augmenter la productivité du système de culture clos. Travaux de R&D avec notamment le Microalgal Biotechnology Laboratory du Prof. Sammy Boussiba, Ben-Gurion University of the Negev.	Système de culture fermé breveté.	Société de biotechnologie spécialisée dans la culture des microalgues (culture de différentes espèces et souches) et dans l'extraction de produits. Culture en réacteurs fermés (PBR tubulaires, culture en condtions controlées) et semi-fermés; Production de produits pour la cosmétique et la nutrition. Technique d'extraction CO2 super critique. Produit astaxanthine naturelle; AstaPure®(pigment rouge et antioxydant très puissant) issu de la microalgue Haematococcus pluvialis (marché annuel estimé à environ $250 millions). Recherche appliquée: nouvelles applications des microalgues et nouveaux produits pour les industries de la nutrition, la nutraceutique,la pharmaceutique, la cosmétique et les biocarburants. Société détenue à 20% par le Kibbutz Ketera et à 80% par un investisseur privé (JCA). Membre de NAXA, la "Natural Algae Astaxanthin Association".

ISRAËL 2/2

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collabo --ratifs	Brevets	Informations principales
Seambiotic	Société fondée en 2003 par la compagnie israélienne d'électricité	IS (Tel Aviv)	11 à 50	www.seambiotic.com (page web actuellement inaccessible)	info@seambiotic.com	Nutraceutique, additifs alimentaires et alimentation animale		Méthodes brevetées visant à faire croître des organismes photosynthétiques en utilisant des gaz de combustion de centrales à combustible fossile.	Société spécialisée dans la culture des microalgues. Production de microalgues dans des fermes marines en utilisant les rejets de fumée des centrales électriques, donc nécessité d'implanter ces fermes près des centrales. Plusieurs espèces de microalgues sont cultivées: Nannochloropsis sp., Phaeodactylum tricornutum, Amphora sp., Navicula sp., Dunaliella sp., Chlorococcum sp., Tetraselmis sp., et Nannochloris sp. Ces microalgues capturent le CO_2, et sont des organismes à haute teneur en lipide et hydrate de carbone, utilisés ensuite dans l'industrie neutraceutique, les additifs alimentaires, l'alimentation animale, la production de bioéthanol et biodiésel. Culture en bassins ouverts et raceways. Source T2M: suite à la baisse du prix du pétrole, a abandonné ses projets concernant le développement de biocarburant pour se consacrer à la commercialisation de produits à plus haute valeur ajoutée.
Univerve	2009	IS (Tel Aviv)		www.univerve-biofuel.com	Ohad Zuckerman (CEO & Cofondateur) info@univerve-biofuel.com	Nutraceutique, alimentation animale.			UniVerve a commencé à construire sa 1re ferme "Biomasse" au nord du pays. Les souches de microalgues cultivées produisent naturellement de l'EPA (eicosapentaenoic acid) qui est un acide gras de la famille des Omega-3, pour le marché des compléments alimentaires. Cette usine de production de biomasse riche en EPA devait être lancée fin 2014. La société souhaite également mettre en place des usines: "Oil & Biomass" pour ses clients de l'industrie du biocarburant, avec valorisation de coproduits pour l'alimentation humaine et animale "Biomass", pour ses clients de l'industrie de l'alimentaion humaine et animale (production d'EPA, de protéines et glucides). Source T2M: suite à la baisse du prix du pétrole, a abandonné ses projets concernant le développement de biocarburant pour se consacrer à la commercialisation de produits à plus haute valeur ajoutée.

Seambiotic

Informations générales

www.seambiotic.com (page web inaccessible)

- Création en décembre 2003 par la compagnie israélienne d'électricité;
- Entreprise de technologies vertes spécialisée dans le développement et la production de microalgues marines en utilisant une technologie permettant la capture de CO2;
- Filiale américaine Seambiotic USA;
- L'approche de Seambiotic vise à rentabiliser la production par les algues marines de matière transformable en biocarburant, par les bénéfices de la récupération du CO2, et à produire avec les algues des compléments alimentaires de santé pour lesquels il existe un marché florissant en Asie;
- Production de microalgues dans des fermes marines en utilisant les rejets de fumée des centrales électriques.
  Les microalgues utilisées proviennent de souches résistantes cultivées de manière durable dans des bassins d'eau de mer avec une forte productivité due aux conditions d'ensoleillement importantes: culture d'espèces telles que Nannochloropsis sp., Phaeodactylum tricornutum, Amphora sp., Navicula sp., Dunaliella sp., Chlorococcum sp., Tetraselmis sp., et Nannochloris sp.;
- Marchés visés: nutraceutique, additifs alimentaires, alimentation animale, production de bioéthanol et biodiésel.

Brevets

Méthodes brevetées visant à faire croître des organismes photosynthétiques en utilisant des gaz de combustion de centrales à combustible fossile.

Projets majeurs

D'après un article de la SILICONWADI[1] paru en juillet 2013:

- Seambiotic aurait 2 Joint Ventures en Chine où la capture de CO2 d'une centrale de 500MV devrait permettre la production de nutricaments à base d'algues.
- Seambiotic aurait un accord de recherche avec la NASA visant à developer un biocarburant algal commercial à partir d'algues ayant absorbé du CO2, et 5 projets d'usine aux USA, en Chine et en Italie ainsi qu'1 site test en France en coopération avec EDF.
  L'accord avec la NASA (Centre de recherche Glenn) aurait été mis en place avec Seambiotic USA et viserait à optimiser les procédés de croissance des microalgues en tant que matière première d'agrocarburants dans le domaine de l'aviation.

Information T2M, mars 2015: suite à la basse du prix du pétrole, Seambiotic a abandonné ses projets concernant le développement de biocarburant pour se consacrer à la commercialisation de produits à plus haute valeur ajoutée.

[1] http://siliconwadi.fr/9795/seambiotic-transformer-les-emissions-de-co2-plutot-que-de-les-reduire

CHINE

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Chiffre d'affaire	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collabo-ratifs	Informations principales
ENN Group Co	1989	CH (Langfang)			ir.ennenergy.com	Yosuo Wang (Founder and Chairman)	Nutrition humaine, alimentation animale, produits à haute valeur ajoutée	Airbus	Au travers de ses filiales, le groupe ENN est impliqué dans la production et la fourniture d'énergie renouvelable. Technologies propriétaires dont plus de 200 souches de microalgues, PBR pour la culture de microalgues, techniques de récolte et d'extraction d'huile. Développement de souches industrielles par mutagenèse et transformation de gènes. Culture de masse d'algues, séquestration de CO_2 dans son usine de démonstration (Darlat). Culture en PBR et bassins. Culture en utilisant le CO_2, des eaux usées et de la chaleur issus d'une usine de gazéification du charbon. Vise la production de biocarburant et de carburant pour l'aviation.

ENN Group Co., Ltd.

Société créée en 1989;
Le groupe ENN est impliqué au travers de ses filiales dans la production et la fourniture d'énergie renouvelable, spécialiste de la bioénergie.
Implication notamment dans la production de biocarburant;

Technologies propriétaires:
- plus de 200 souches de microalgues à hautes performances, pour différents produits (certaines souches contiennent plus de 50% d'huile);
- PBR à hautes performances pour la culture de microalgues à bas coût (productivité environ 26g/m^2/jour);
- techniques de récolte (ultrafiltration puis floculation/flottation) et d'extraction d'huile (« subcritical wet extraction » permettant d'extraire 99% de lipides).

Culture de masse d'algues avec utilisation de déchets: gaz de combustion (CO_2) issu d'une usine de gazéification du charbon, chaleur et eau salée;
Culture en PBR et bassins;
Techniques de récolte à bas coût, techniques d'extraction de l'huile;
Développement de souches industrielles par mutagenèse et transformation de gènes. Banque constituée pour différentes applications dont biocarburant, nutrition humaine et alimentation animale, produits à haute valeur ajoutée.

Usine de démonstration (Darlat).

10 tonnes d'huile algale auraient été obtenues afin de produire du carburant pour l'aviation et du biodiésel.

http://www.algaebiomass.org/wp-content/gallery/2012-algae-biomass-summit/2010/06/T3_Tue_1500_Mlui.pdf (données non datées)

JAPON 1/3

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs	Brevets	Informations principales
Denso Corporation	1949	JP (Kariya)	~ 140,000	www.globaldenso.com		Focus initial n'est pas sur l'énergie.		Brevets identifiés: EP1873233 B1 "Microalgues et production d'hydrocarbures" (priorité de 2005) WO 2014091718 A1 "Procédé de culture et système de culture pour des microalgues" (priorité de 2013)	Equipementier automobile. Denso développe par ailleurs un système de recyclage utilisant dans son usine l'huile produite par la photosynthèse effectuée par les algues à partir du CO2 émis par cette même usine. Denso a pour objectif de produire en masse la microalgue Pseudochoricystis ellipsoidea, capable de produire par photosynthèse une huile similaire aux huiles légères classiques, et de convertir l'huile en biocarburant (technologie micro-ondes).
DIC Corporation (ex Dainippon Ink & Chemicals, Inc.)	1908	JP (Tokyo)		www.dic-global.com	Kazuo Sugie (Chairman of the board) info@nikken-miho.com nikken_miho@yahoo.com.hk	Focus n'est pas sur l'énergie mais compléments alimentaires, colorants etc	Juillet 2012: accord de licence entre Earthrise Nutritionals, LLC et Sapphire Energy, Inc.: Sapphire Energy intègrera la souche de Spiruline de Earthrise dans ses stocks de cyanobacteries et souches d'algues pour la production d'énergie issue d'algues (brut vert pouvant être raffiné en diésel, kérosène et essence).		Entreprise chimique spécialisée dans le développement, la fabrication et la vente d'encres, de pigments, de polymères, de plastiques spécialisés et de composés biochimiques. Plus grand fournisseur mondial de Spiruline, DIC produit la Spiruline pour une utilisation dans les domaines des aliments naturels et des colorants alimentaires depuis les années 1970. Earthrise Nutritionals, société US (Californie) devenue filiale de DIC Corporation en 2005: 1re ferme algale (180,000m^2) sur le territoire américain pour la production de spiruline (culture de masse dans bassins de type "raceway" en extérieur). Société soeur en Chine (ferme).

JAPON 2/3

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs	Brevets	Informations principales
Euglena Co	2005 (issue de l'Université de Tokyo)	JP (Tokyo)		www.euglena.jp	Mitsuru Izumo (Président)		Partenariats de recherche avec des structures académiques. Partenariats de recherche pour le développement de kérosène avec JX Nippon Oil & Energy, Hitachi (amélioration de la productivité d'euglena par une approche biologique et utilisation de la biomasse produite). Projet DeuSEL®: partenariat de recherche initié depuis juillet 2014 avec Isuzu Motors Limited. Partenariat avec Chevron Lummus Global pour construire et exploiter un raffinerie produisant dès 2018 du biocarburant pour l'aviation.		Euglena est une microalgae mesurant 0.05 mm de long. Quand euglena croit par photosynthèse, elle produit une huile qui peut être utilisée en tant que biocarburant notamment pour l'aviation. La société recherche, développe, produit et commercialise des microalgues avec un focus particulier sur euglena. Commercialisation d'euglena pour la cosmétique et l'alimentation. Domaine de recherche: biocarburants, alimentation animale et utilisation du CO_2 émis par les usines industrielles. Partenariats en matière de capital en vue du développement d'euglena dans le domaine des biocarburants et de l'alimentation: ANA Holdings, Dentsu, Tokyo Century Lease
IHI Corporation	1853	JP (Tokyo)	> 27,000	www.ihi.co.jp	Tamotsu Saito (CEO)	Alimentation animale et engrais			Industrie lourde. Enomoto algae » (famille Botryococcus braunii) En 2011, IHI Corporation, Gene and Gene Technology (G&GT, startup de biotechnologie qui a découvert l'algue) et le laboratoire Neo-Morgan Incorporated (NML) créent IHI NeoG Algae LCC qui développe l'exploitation de la souche "Enomoto Algae" (variété améliorée par le Prof. Taira Enomoto (Univ. Kobe) qui aurait la plus grande vitesse de croissance des algues connues pour les carburants (X1000). Usine pilote a Yokohama vise une production industrielle en 2020.
Isuzu Motors Limited	1916	JP (Shinagawa)		www.isuzu.co.jp			Projet DeuSEL®: partenariat de recherche initié depuis juillet 2014 avec Isuzu Motors Limited en vue du développement et de la commercialisation d'un biodiésel issu de la microalgue euglena, avec test du biodiésel sur un service de bus navettes.		Constructeur automobile.

JAPON 3/3

Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs	Brevets	Informations principales
Neo Morgan Laboratory	2002	JP (Kanagawa)		www.neo-morgan.com	Tomohiro Fujita (CEO）				Entreprise de biotechnologie (muratagénèse). Cherche à développer une super-algue qui permettra de produire du biodiésel à moins de 100yen/L.
Smabe Japan Co	2009	JP (Ishinomak)		www.smabe.co.jp		Compléments alimentaires, alimentation animale.	Collaborations de recherche avec les Universités de Tokyo et Ishinomaki Senshu.		Projets en lien avec les algues. Culture d'algues: souche Nannochloropsis, autotrophie (contenu en lipides élevé), culture sur la base d'une licence Seambiotic (savoir-faire). Projet: créer un open-bond près de la ville d'Ishinomaki. Stratégie: à court terme, adressage des marchés des compléments alimentaires (EPA) et alimentation des rotifères; à plus long terme: efforts de R&D pour développer un biocarburant.
Trans Algae	2012	JP (Tokyo)		tac-algae.com	Takashi Nishihira (CEO）				R&D pour algocarburants; conçoit et installe des usines de production et des algocarburants; activités de consultance pour l'environnement; Souhaite produire du biodiésel et du biocarburant pour l'aviation.

Japon (suite)

- En 2010 on comptait 41 sociétés dans le domaine dont Toyota Motor's Hitachi R&D unit, Denso, Nippon Oil, Idemitsu Kosan et Kikkoman qui travaillaient avec l'université de Tsukuba pour la production de carburants, cosmétiques, molécules chimiques et alimentation;
- Après avoir abandonné les projets en 1990 suite a la chute des cours pétroliers; Denso et l'université de Keio ont repris l'étude de pseudochoricystis et Mitsubishi collabore avec UCLA pour l'éthanol;
- En 2010 également, Nippon Oil et Hitachi Plant Technologies ont annoncé leur collaboration sur l'Euglena via une JV pour atteindre $0.80/L et développer du kérosène;
- Notons encore un projet entre Helia et Sincere Corporation pour une usine près de Saga.

Denso Corporation

Informations générales

www.globaldenso.com

Un des plus importants équipementiers automobiles;

Denso développe des projets autour des algues depuis 2008 comme un système de recyclage utilisant dans son usine l'huile produite par la photosynthèse effectuée par les algues à partir du CO_2 émis par cette même usine.
Denso a pour but de produire en masse la microalgue Pseudochoricystis ellipsoidea, capable de produire par photosynthèse une huile similaire aux huiles légères classiques, et de convertir l'huile en biocarburant (technologie micro-ondes). P.ellipsoidea produit des triacylglycérols (TAGs) et se cultive aisément à l'extérieur (culture acide); les huiles extraites sont converties par hydro-traitement en drop-in.
Toyota Central R&D Labs., Inc. et DENSO s'intéressent à B Braunii qui produit des huiles hydrocarbonées non oxygenées. Avec Tsukuba, la conversion a été développée pour produire des diesels drop-in A FAIBLE TEMPERATURE;

DENSO a construit un raceway à Zenmyo en 2010 avec usage de la chaleur et du CO_2 de l'usine de cogénération ainsi que des eaux usées. Des techniques de recombinaison génétique ont été mises au point avec l'université de Chuo via des projets NEDO et MAFF;
DENSO vise les marchés complémentaires de l'alimentation pour rentabiliser l'exploitation mais aussi la récupération des métaux précieux de l'électronique dans les résidus des cellules algales (université de Saga);

Brevets identifiés

EP1873233 B1 "Microalgues et production d'hydrocarbures" (priorité de 2005);
WO 2014091718 A1 "Procédé de culture et système de culture pour des microalgues" (priorité de 2013).

Euglena

Informations générales

www.euglena.jp

- Spécialiste de la culture de microalgues;
- Création en 2005 (capital de 4.79 Mds yen) par MM Izumo, Suzuki (Dr R&D) et Fukumoto (Dr Marketing) pour une production d'Euglena avec un partenaire spécialiste de la spiruline (établi depuis 1975) Yaeyama Shokusan Co., Ltd. Kengo Suzuki Dr R&D depuis 2010;
- A commencé l'algoculture pour l'alimentation (produits à forte valeur ajoutée) et la cosmétique (production établie) car la microalgue Euglena contient plus de 59 nutriments (dont vitamines, minéraux, acides aminés et acides gras insaturés), ce qui en fait une source complète;
- Originalité: plutôt que de combattre les espèces non désirées qui s'implantaient dans la culture, la société a institué des conditions de culture où seule euglena survit;
- Euglena s'est diversifiée depuis 2010 dans la production de biocarburant et vise une production de kérosène pour 2018 avec ANA Holdings Inc. (JP) car les huiles issues d'euglena sont plus légères que celles d'autres algues, ce qui rend cette espèce adaptée à ce type de carburant.
- Deux centres de recherche; Collaborations avec les universités de Tokyo, Osaka et Kinki.





Euglena

Projets majeurs

- Collaborations avec l'Université de Tokyo (métabolisme), l'Université d'Osaka (nutrition), l'Université de Kinki (culture) et l'Université de Tottori (fonctionnalités);
- Fonds du NEDO: développement de kérosène avec JX Nippon Oil & Energy et Hitachi plant technologies Ltd, le but est de produire du carburant à base d'euglena dans une unité pilote à $0.80 le litre afin d'être compétitif avec le kérosene usuel;
- 06/2014: projet avec Isuzu Motors Limited pour un fuel "drop in" d'ici 2018;

  07/2014: lancement du projet DeuSEL®: partenariat de recherche avec Isuzu Motors Limited en vue du développement et de la commercialisation d'un biodiésel issu de la microalgue euglena, avec test du biodiésel sur un service de bus navettes;
- 22/02/15: Euglena et Chevron Lummus Global (unité de Chevron US) ont convenu de construire et exploiter une raffinerie (dont le coût s'élèverait à 250 millions $US) pour produire du carburant pour l'aviation à base d'euglena notamment. L'usine, qui devrait être opérationnelle en 2018, serait la 1re en Asie et serait située près d'un aéroport important. Le 1er client devrait être All Nippon Airways (ANA).[1]

Investissements dans Euglena

Apport de capital et prise de participation d'ANA Holdings, Dentsu et Tokyo Century Lease pour les applications biocarburant et alimentaire.



Euglena : culture à destination de carburant pour l'aviation

[1]http://asia.nikkei.com/Japan-Update/Japan-to-get-Asia-s-first-jet-biofuel-refinery

IHI Corporation

www.ihi.co.jp

Informations générales

- Création en 1853 dans les métiers de l'ingénierie de l'énergie (nucléaire et thermique), de l'aéronautique, de la chimie, de la marine et de l'acier;
- CA: 13$ Mds et plus de 27000 salariés;

Projets majeurs

- IHI et sa filiale IHI NeoG Algae LCC utilisent des espèces d'algues propriétaires à haute teneur en lipides, «Enomoto algae » (famille *Botryococcus braunii);*
- 06/2011: IHI Corporation, Gene and Gene Technology (G&GT, startup de biotechnologie qui a découvert l'algue) et le laboratoire Neo-Morgan Incorporated (NML) créent IHI NeoG Algae au capital de $3,3M USD. IHI indiquait vouloir investir 5.1$ M USD (incluant le capital) pendant les 2 premières années;
  IHI NeoG Algae LCC développera l'exploitation de souches d'algues appartenant à G&GT "Enomoto Algae," variété améliorée par le Prof. Taira Enomoto (Univ. Kobe) et qui aurait la plus grande vitesse de croissance des algues connues pour les carburants (capacité de reproduction 1000 fois plus rapide que la variété naturelle tout en obtenant un produit de très haute qualité). NML apporte son expertise industrielle des microorganismes et IHI la conception et construction des équipements, la R&D et les essais de culture, l'extraction des lipides et d'autres améliorations de l'Enomoto algae.
  IHI vise des PBR d'une 12^{e} de L puis quelques m^{3} en deux ans;
- 11/2012: usine pilote à Yokohama; développe depuis 2010 et vise une production industrielle en 2020. Coûts de production affichés: $12,58 /L et objectif de diviser par 10 via une collaboration avec l'univ. de Kobe. Coproduits alimentation animale et engrais.
- 01/2014: IHI NeoG Algae LLC annonce avoir diminué ses coûts de production de $9,60 à $4,80/L et vise $0,96 pour 2020 (via la souche et des automatismes de traitement). L'huile obtenue appelée "Mobura" peut être utilisée comme kérosène ou pour la production de polymères ou de cosmétiques. L'unité date de 2011 et appartient à G&GT et au NML.

D'après IHI, la demande de biocarburant algal serait de 7.78 milliards/an en 2020, et ce carburant serait vraisemblablement utilisé principalement pour l'aviation.

http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/11/09/ihi-launches-algae-biofuels-pilot-plant/
http://www.algaeindustrymagazine.com/japan-new-venture-to-pursue-mass/

Isuzu Motors Limited

www.isuzu.co.jp

Isuzu et Euglena ont lancé un programme de développement pour produire le DeuSEL®, un biodiésel issu de l'Euglena de la société eponyme;

A compter de juillet 2014, navette de bus roulant avec un mélange de pétrole léger et 5% de DeuSEL® entre l'usine de Fujisawa et la gare de Shonandai (2km), soit 22 tournées/jour (sud de Tokyo);

Lors du CA de Denso Corporation (société spécialisée principalement dans les équipements industriels et systèmes pour le marché automobile) de juin 2014, le Vice Président Masahiko Miyaki a déclaré: "We are still far from being able to drive a single truck (using algae-based fuel), and it is not easy."



http://blogs.wsj.com/japanrealtime/2014/06/26/isuzu-to-run-japans-first-microalgae-fuel-bus/ Isuzu to Run Japan's First Microalgae-Fuel Bus

Trans Algae Corp.

Informations générales

http://tac-algae.com/english/index.html

Peu d'informations;

Création le 22 mars 2012 à Tokyo. Capital 335,530,000JPY;

Activités : R&D pour algocarburants; conçoit et installe des usines de production et des algocarburants; activités de consultance pour l'environnement;

02/2013: lancement de la construction du centre de R&D à Kumagaya;

04/2013: création d'une JV MASTAC Japan, avec MAS Clearight (Dubai):

06/2013: construction d'une "Algae Green Farms" (AGF) à Tsu, Mie;

09/2013: création d'une JV avec HIKARI CAPITAL (Malaisie);

11/2013: AGF à Okinawa (MASTAC JP);

02/2014: construction et lancement d'un "TAG-AGF System10" à Uruma, Okinawa;

08/2014: début de construction d'un "TAG-AGF System 100" à Awaji, Hyogo;

10/2014: mise en route "TAG-AGF System 100" at Awaji, Hyogo

Les 5F selon Trans Algae:



DIC Corporation

Informations générales

http://www.dic-global.com/

160 personnes

Projet majeurs

08/ 2011: DIC annonce sa collaboration avec l'Univ de Tsukuba pour la production de masse de Botryococcus; Le Professor Makoto Watanabe a validé l'extraction d'huile, son raffinage et sa transformation en carburant;

DIC Corporation produit 800 tonnes de Spiruline pour l'alimentation; c'est le plus gros producteur;

La réduction des coûts demeure pour le carburant un problème sensible;

L'identification de l'action de l'enzyme Botryococcus dans la production des hydrocarbures par le Professor Shigeru Okada a permis d'augmenter al productivité.

Smabe Japan Co

JPR

Smabe Japan Co., Ltd.

- Algae strains:
  - Nannochloropsis
  - Autotroph/ high lipid content
  - Cultivation know-how on the basis of license from Seambiotic
- Research collaborations: Tohoku Univ. , Ishinomaki Senshu Univ.
- Planning to create open pond near Ishinomaki-city
  (The mayor of Ishinomaki-City has Ph.D. of Biology)
  - Ishinomaki city of Miyagi prefecture was one of the hardest hit cities during the March 11, 2011 Great East Japan earthquake and tsunami. In Ishinomaki alone, the death toll is reported to be at 3, 151.
- Strategy:
  - Early profitable operation through EPA supplement and Rotifer feeds
  - Long-term R&D efforts for developing biofuel
- Governmental support: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

J-Phoenix Research Inc

Informations générales

-.consultant associé par le gouvernement japonais a sa réflexion sur la feuille de route du développement des algues au Japon

- http://www.j-phoenix.com/ site en japonais

AUSTRALIE

Nom société	Création et affiliation	Pays (ville)	Person-nel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs	Informations principales
Algae.Tec	2007	AU et US (Perth et Atlanta)	environ 35	www.algaetec.com.au	Peter Hatfull (Managing Director)	Projet de se focaliser également sur la nutraceutique.		Spécialiste du biocarburant algal. Production de biocarburant grâce à des cultures de microalgues en bioréacteur en conditions controlées. Souhaite produire 100 millions de gallons de biodiésel par an. 2012: projet d' accord de collaboration avec la compagnie aérienne allemande Lufthansa pour la construction d'une usine près d'une source industrielle de CO2 pour produire un biocarburant à partir d'algues destiné à l'aviation. Usine de démonstration située à Nowra (AU) et démonstrateur dans le centre de R&D à Alpharetta (US). Accord avec la société indienne Reliance Industries pour mise en place d'une usine pilote en Inde visant à capter le CO2 et à produire du biocarburant algal.
ARFuels (Australian Renewable Fuels)	2005	AU (Barnawartha)		www.arfuels.com.au	info@arfuels.com.au			Producteur de biodiésel. 3 usines pour la production de biodiésel, avec une capacité de production totale de 150 millions de L/an. Matières premières utilisées actuellement telles que huiles végétales, huiles de cussion. D'autres sources de matières premières sont investiguées dont les algues.
Muradel Pty Ltd	décembre 2010 (Joint Venture entre Université d'Adélaïde, Université de Murdoch et société SQC Pty Ltd)	AU (Maylands)		www.muradel.com	David Lewis (Fondateur et CEO, Prof. associé à l'Université d'Adélaïde)			Société de carburants renouvelables. Technologie Green2BlackTM: process de production de biocarburant en 5 étapes en utilisant directement de la biomasse algale produite sur place, de la biomasse végétale et des déchets organiques pour alimenter un réacteur à eau subcritique capable de convertir en quelques minutes cette matière organique en pétrole brut vert par liquéfaction hydrothermale sans usage de catalyseur. Demande de brevet électrofloculation.
SQC Pty Ltd	1999	AU		www.sqcaustralia.com.au			Partenariat de R&D avec Universités d'Adélaïde et de Murdoch et avec une université en Inde	Nom de la société issu de "sequestration of carbon". Conversion de biomasse algale en produit carboné renouvelable, biocarburant principalement. Activité de R&D, technologie biocarburant algal de 3e génération. Investisseur principal: Aban Australia Pty Ltd, lié à Aban (Inde).

Algae.Tec

Informations générales

www.algaetec.com.au

- Création en décembre 2007, Perth (AU) puis filiale Algae Energy Inc (Atlanta, USA);
- Production de protéines et biocarburant;
- R&D 2012 > AU$1,5M;
- 2014: annonce entrée sur marché nutraceutique (estimé $205 Mds 2017) pour garantir une base de chiffre d'affaires; Garnet Earl McConchie (Executive Director), chimiste, diverses expériences industrielles. Fondateur de Teco Bio LLC. Colin McGregor, Gal Manager Project Operations; usine biofuel Sydney (spécialiste bio & aviation fuels).

Brevets

Mars 2013: les analystes indiquent comme une faiblesse « toujours pas de brevet (délivré) sur le système de McConchie-Stroud » (high-yield enclosed algae growth and harvesting technology); pas de brevet visible et pourtant une activité existe.

Investisseurs

- Teco Bio LLC 74% des parts en 2012;
- 01/2014: contrat exclusif avec Reliance Industries (IN): usine pilote et apport de capital AU$1,5M puis option AU$ 1,2M sous 2 ans;
- 02/2014: une filiale de RIIHL commande pour $2,4M de matériel.

Algae.Tec

Projets majeurs

- Revendique une technologie propriétaire autour des produits issus des microalgues "*via a novel modular photo-reactor system and improved algae harvesting and product refinement technologies*";
- 12/2011: Holcim Lanka Ltd (ciment) usine de 5 modules au Sri Lanka option d'extension si bilan positif;
- 01/2012[1]: MOU avec Shandong Kerui Group Holding Ltd pour JV 50/50 pour construire 1 usine de 250 modules, production/an= 33M de litres carburant et 33kt de biomasse de valeur $M40;
- 08/2012[2]: première usine carburant en Australie;
- 09/2012: licence à Lufthansa pour 1 usine payée en EU avec obligation d'acheter 50% de la production à prix déterminé;
- 10/2013: contrat exclusif avec Phoenix Energy (AU) pour usine traitement de déchets en AU et NZ;
- 07/2013[3]: contrat avec Macquarie Generation (un des plus gros producteurs d'énergie) pour usine de production de biocarburant près d'une centrale électrique à charbon de 2 640 MW près de Sydney: 50Mlitre/an;
- 12/2013: validation d'un laboratoire Nal, le SESL; collaboration exclusive avec Nutrition Care Laboratories (Melbourne), producteur de nutraceutiques bien implanté en Asie. Prévisions de production de Chlorella et B-Carotene: 2,000 t en 2014 (X2 en 2015; X4 en 2016 et 10,000 t en 2017).
  Prix vente Chlorella: $16,000 et B-Carotene: $90,000/ t avec usage 100% algue – Investissement estimé à $7,000/t donc marché profitable;
- 01/2014: accord avec la société indienne Reliance Industries pour mise en place d'une usine pilote en Inde visant à capter le CO_2 et à produire du biocarburant algal.



[1] http://www.newsmaker.com.au/news/14267/algaetec-announces-chinese-equity-partner-for-first-biofuels-and-carbon-capture-production-facility-in-china
[2] http://algaenews.com/tag/algae-tec/
[3] http://www.biodieselmagazine.com/articles/9188/algae-tec-signs-carbon-capture-deal-with-mega-coal-power-firm

Muradel

Informations générales

www.muradel.com

- Création en décembre 2010 par l'Université d'Adélaïde, l'Université de Murdoch et la SQC Pty Ltd.;
- Fondateur et CEO: David Lewis, Prof. associé à l'Université d'Adélaïde;
- Société de carburants renouvelables. Travaille sur des biocarburants issus de microalgues mais également d'autres types de matières premières;
- Technologie propriétaire Green2BlackTM: process de production de biocarburant en 5 étapes en utilisant directement de la biomasse algale produite sur place, de la biomasse végétale et des déchets organiques pour alimenter un réacteur à eau subcritique capable de convertir en quelques minutes cette matière organique en pétrole brut vert par liquéfaction hydrothermale sans usage de catalyseur. Ce pétrole brut vert doit ensuite subir des étapes de raffinage.
- Les microalgues utilisées proviennent de souches résistantes cultivées de manière durable dans des bassins d'eau de mer avec une forte productivité due aux conditions d'ensoleillement important.

Brevets

1 demande de brevet « électrofloculation » identifiée.

Projets majeurs

A démarré la 1re unité de démonstration d'Australie de conversion de microalgues en pétrole brut d'origine renouvelable: usine de démonstration installée à Whyalla; utilise la technologie Green2black; a été financée à hauteur de 4,4 M$ par une subvention de l'Agence australienne des énergies renouvelables (ARENA) et par des subventions locales;
Projet initié en 2013 et opérationnel depuis fin 2014;
D'après les informations recueillies par T2M, la production devrait générer d'ici 2020 plusieurs centaines de millions de dollars grâce à la vente de biocarburant dans le sud de l'Australie, avec une activité rentable d'ici 2017;

Ce projet pilote est un pas vers la construction d'une usine commerciale de production de 80 ML de pétrole vert/an d'ici 2019 (équivalent de 500000 barils de pétrole capables d'alimenter 30 000 véhicules)[1].

Investisseurs

Actionnaire majoritaire: SQC Pty Ltd.

[1]http://www.industrie.com/chimie/muradel-produit-des-biocarburants-a-base-de-biomasse-algale,58884

NOUVELLE-ZELANDE



Nom société	Création et affiliation (si issue d'un laboratoire)	Pays (ville)	Personnel	Site Web	Contact	Autres applications hors Energie	Projets collaboratifs (ANR, etc)	Brevets	Informations principales
NTX Fuels (ex Aquaflow Bionomic Corporation)	2005	NZ (Christchurch)		www.ntxfuels.com	Nick Gerritsen (Fondateur, Directeur et Investisseur) Anake Goodall (Directeur)		Signature en octobre 2008 d'un Memorandum of Understanding avec la société US UOP (Honeywell) pour utiliser des process existants de UOP pour produire du carburant renouvelable et pour développer un modèle de stockage de CO2 pour les usines de production d'huile algale d'Aquaflow.	2 brevets identifiés	Startup active dans le domaine des carburants renouvelables (hydrocarbones) à partir de différentes ressources biologiques dont les algues. Aurait pendant une année produit un biodiésel issu de microalgues (souches sauvages). La 1re production aurait été effectuée en mai 2006 par Aquaflow (1re mondiale) Pas de modification génétique des algues.
Solvent Rescue		NZ (Christchurch)		www.solventrescue.co.nz			Joint venture entre Solvent Rescue et Rayner Engineering pour créer Solray Energy.	Brevet "super-critical water reactor"	Production de biodiesel algal en 2003 par Solvent rescue dans l'usine de traitement des eaux usées de Christchurch.

NTX Fuels

Informations générales

Création en 2005 par Nick Gerritsen pour transformer la biomasse en carburant « drop-in » (essence, carburant pour l'aviation, diesel);

Les algues sont une biomasse possible parmi différentes ressources biologiques;

Aurait pendant une année produit un biodiésel issu de microalgues (souches sauvages), avec une 1re production effectuée en mai 2006 par Aquaflow (1re mondiale);

Pas de modification génétique des algues.

Société distinguée en 2012 parmi 200 finalistes comme "the year's most promising private technology ventures from the Asian business region."

04/2012: accord de coopéraiton avec CRI Catalyst Company (CRI)

Brevets

TRANSFORMATION OF BIOMASS - 20110245444 - dépôt 11/09/2011

Abstract: A method for processing biomass comprising heating an aqueous slurry comprising biomass, water and a phosphate catalyst in a pressure vessel at a temperature of about 150° C. to about 500° C. to produce a mixture comprising a dispersion of an organic phase and an aqueous phase.

CONCENTRATION OF ALGAL BIOMASS - 20110232344 - dépôt 11/09/2011

Abstract: A method for producing an algal biomass that readily separable from water, and preferably sterile, the method comprising heating an aqueous slurry of algae comprising a mixture of an algal biomass, optionally together with a suitable separation agent, and water in a pressure vessel at a temperature of about 140° C. to about 300° C. and a pressure sufficient to maintain the liquid phase. The method produces an algal biomass that is more readily separable from water and an aqueous phase containing organic chemicals.

Projets majeurs

Signature en octobre 2008 d'un Memorandum of Understanding avec la société US UOP (Honeywell) pour utiliser des process existants de UOP pour produire du carburant renouvelable et pour développer un modèle de stockage de CO_2 pour les usines de production d'huile algale d'Aquaflow.

Autres sociétés en Asie

INDE

- **Hydrolina Biotech**

www.hydrolinabiotech.com/index.htm

Production de spiruline essentiellement comme complément alimentaire; revendique de la R&D sur les biocarburants algaux;

- **EBTIPLC Enhanced Biofuels & Technologies India Ltd**

www.ebtiplc.com

Projet de production de biocarburant à partir de Jatropha et d'algues;

Collabore avec Wagneningen, l'Université de Caroline et d'Arizona (USA);

- **Parry Nutraceuticals**

www.parrynutraceuticals.com

Division de E.I.D. Parry (India) Ltd (sucres, nutraceutiques, bio-pesticides), Groupe Murugappa (fabriquant de sucre);

Compléments alimentaires issus de Spiruline (dont protéines, caroténoïdes, acides gras essentiels, minéraux, sulpholipides, SOD). Culture de la Spiruline en "raceways". A participé en 2009 à un projet ($3.3 million): "Clean algae biofuel" avec l'Université de Murdoch et l'Université d'Adélaïde (AU);

- **Altret Greenfuels Limited (AGF)**

www.altretgreenfuels.com

Société créée en 2008 par Akbar Lokhandwala (PDG, vient de l'industrie chimique);

Située a Bhuj dans l'état du Gujarat avec lequel elle a signé un MOU en 2011;

Culture de microalgues en laboratoire et en bassins ouverts;

Production et vente de biomasse algale sèche. Vise le marché de l'énergie/biocarburants.



Algae Growing In Actual Algae Harvesting Pond With 30,000 Litres Capacity

Autres sociétés en Asie

MALAISIE

- **Algaetech International Sdn Bhd (AISB)**
- **BIONAS**

Algaetech International Sdn Bhd (AISB)

Informations générales

www.algaetech.com.my ; info@algaetech.com.my

CEO: Tn Syed Isa Syed Alwi;

AISB est entrée dans le domaine de la R&D sur les microalgues en 2004;

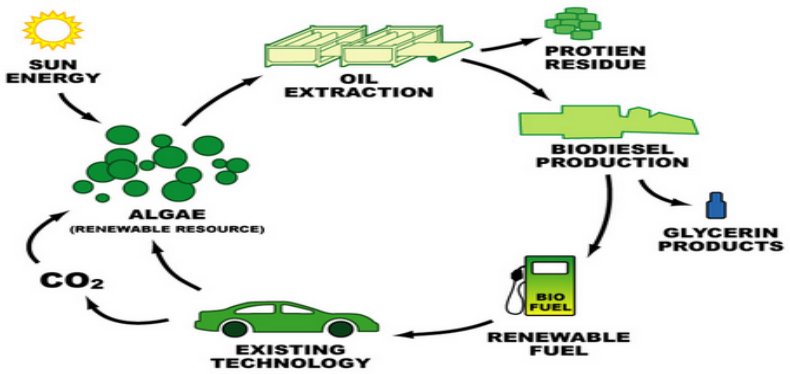
Possède sa propre technologie et son propre système “Algae Integrated Management System (AIMsys)” pour cultiver les microalgues. AIMsys consiste en une combinaison de photo bioréacteur clos et système en bassin ouvert;

AISB vise la production de biodisel et autres produits à haute valeur ajoutée tels que les antioxydants et les nutraceutiques;

2007: succès dans démonstration R&D et dans culture de microalgues pour la production de biodiésel; la société est actuellement à l’étape de la commercialisation de son algocarburant.

Bio-Algae Fuel

A créé et développé une ferme algale en Indonésie pour une production de biodiésel (PBR), capacité de 500 000 litres.
Plusieurs souches de microalgues sont cultivées en laboratoire: Nannochloropsis, Chlorella, Tetraselmis, Haematococcus, Botrycoccus, Dunaliella, Scenedesmus. En système ouvert les algues sont cultivées avec une capacité de 12 686L et 600L maximum pour les PBR.
En R&D les volumes d’essais sont de 500 à 6000L et la récolte et le traitement des algues se font par flocculation (divers agents chimiques) puis centrifugation (4000 rpm) et Spray Dry.



Algaetech International Sdn Bhd (AISB)

Partenaires

Universités malaisiennes de Kebangsaan (UKM), Sains Malaysia (USM), SIRIM Berhad;
Consultant malais: Mega Global Technologies (M) Sdn Bhd;
EBRU, Rhodes Univ Afrique du Sud: Dr. Keith A. Cowan, consultant/collaboration digestion anaérobie, récupération du méthane, traitement H_20 et souches d'algues;
Biotechnology International R&D (BIRD);
World Fish Centre;
Supreme Biotechnology, New Zealand, et Jingzhaou Natural Astaxanthin Inc., Chine: 2 transferts de sa technologie de culture d' Haematoccocus et astaxanthine et contrat d'achat pour les algues produites (buy back agreement).

Projets majeurs

Yayasan Kalimajari, Indonesie: projet national pour croissance d'algues sur cotes de Malaisie;
09/2011 projet "Malaysia Integrated Algae Valley (MIAV)" sur 2000ha de Pahang Biodiesel Corp Sdn Bhd (PBC) (Rompin, Pahang). Usine clef en main d'Algaetech Int pour des produits d'aquaculture, du biodiesel et du carburant pour l'aviation.

04/2012: Contrat de JV avec BATC Development Bhd. Production et vente de biocarburants via la technologie de Nano-Emulsion & Polarisation. Nano-emulsion: mélange carburant pétrolier/produits algaux et additifs pour former des liaisons stables et produire des carburants B20 et biojetfuels B10-B25.

Bionas Agropolitan Technology Corridor Development Berhad

Bionas Agropolitan Technology Corridor Development Berhad ou BATC Development Berhad
Société malaisienne (2004) qui opère sous le nom “BIONAS”;

Culture de Jatropha Curcas pour carburants 2G: 790,000 acres plantés et une réserve de terres de 3.3 M acres + 313 nurseries, 4 unités de pressage et 2 pour le process et les mélanges.

Annonce 0,85 Mt d’huile brute de Jatropha Oil (CJO), 1,7 Mt de biomasse (cake) et 8,5 Mt d’additifs « Drop-in » a base de Jatropha qui correspondent a 85 Mt de biocarburants.

BIONAS étend son influence en Indonésie, Thaïlande, Vietnam, Cambodge, Philippines, Taiwan, Chine, Kenya, Pakistan, Moyen Orient, Ethiopie, Soudan et Nigeria, avec plus récemment des annonces sur les Amériques.

Des annonces sur les algocarburants:

04/2012: Joint Venture pour la production d’algocarburants à partir des techniques de nano-Emulsion & Polarisation de Bionas avec Algaetech Sdn Bhd.

Des exemples hors Europe

$

- Les USA très loin devant en termes de financements
  le DOE vise un prix inférieur à $1,32 /L en 2019 et 0,79$/L en 2030 (pour 18,92 Mds litres/an) via des plateformes multi-produits
- L'Australie réduit les investissements en général (et donc sur les algues –source T2M)

Recherche

- Le NEDO a inscrit les algocarburants dans un projet 2010-2016 avec une démonstration de production à l'extérieur sur 5000m² à compter de mi-2016 (projet biomasse total 3,6Mds Yen).
- Des initiatives un peu partout dans le monde (Asie, Brésil via USA)

Sociétés

- USA très loin devant en termes de financements: 100M$ du DOE rien que sur 3 projets industriels
- Seuls les USA (Joules, Solazyme,…) et dans une moindre mesure l'Australie et Israël disposent de producteurs qui visent /visaient (changements de stratégie) la production d'algocarburant à grande échelle.
- Ce type d'acteur (industriel spécialisé avec un fort financement public) manque en Europe

Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.4: Résumé des plateformes académiques/industrielles

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Echelle de projets académiques

Projet (Pays)	information	Produit	Echelle	Production
Biofat (EU FP7)	PBR (green wall panels and tubular) et 2 OP recolte automatisée	Diesel transesterification, ethanol fermentation	2 P ½ ha (It et P) puis D de 10ha	100 t/an
ASU (AsCATI)	ATP3		235 KL OP 21KL PBR	1,5-2 Mt AFDW
All Gas (FP7)	(porté par Aqualia Esp) objectif 2016		10ha soit 3000kg algue sèche /j à 20% de lipides	20kL /ha/an
Solar Biofuels Research Centre (3,5M AU$)	2013		P	
CalPoly (USA)	ATP3		100 000 KL OP 1,2 KL PBR	1 -1,5 Mt AFDW
Cellana (USA)	ATP3		750 000 KL OP 300 KL PBR	12 -15 Mt AFDW
Florisa Algae ?			30 000 KL OP 200 KL PBR (int. Excl.)	<0,5 Mt
Touchstone (USA)	ATP3		525 000 KL OP 9000 KL PBR	3-4 Mt
Georgia Tech (USA)	ATP3		6 000 KL OP 200 KL PBR (int. Excl.)	<0,1 Mt
Kentucky Energy and Environment Cabinet et University of Kentucky (USA)			Pilote PBR 1,000 square feet 23 klitres Taille finale: 100 acres	
Khon Kaen Univ (TH)	Decouverte en 2008 soucheKKU-S2			Productivité algue 136.9 kL,/ha/y.
Inst. Adv. Energy, Kyoto (JP)	Elodea Canadensis tirée du lac Biwako Projet modèle national (depuis 2009)	bioéthanol		

Echelle de projets académiques

Projet (Pays)	information	Produit	Echelle	Production
Ben Gurion Univ. (IL)			PBR 10 000m^2 et 300m^2	
Fisheries Res. Inst. Et Indus. Technol. Res. Inst. (TW)				15 000L/an
GTI Gas Technology Institute (Des Plaines USA)	IH2 – 50 Continuous pilot plant	FT-liquids; gasoline-type fuel	P 2012	4,1 t/a (wood) 8 t /a (algae)

P pilote D Demonstrateur OP: Open Pond AFDW : Ash Free Dry Weight Informations bibliographiques

Echelle des projets industriels

Projet (Pays)	information	Produit	Echelle	Production l
BioProcess Algae (USA)	Co-financement du BETO	Algae Oil to Jet A	P (BETO)	21,9Ml/an*
Solazyme Inc. (USA)	Co-financement du BETO JV avec Bunge (BR) A vendu à US Navy: - 20 kGal à 425$/gal en 2009 et - 150kgal à 67$/gal en 2010 5 projets d'usines CN, USA, IT (FR avec EDF pour tests)	Biodiesel and Renewable Et hors carburant Accord avec Chevron pour 450 000gal pour US Navy projet BR: carburant et chimie	P (BETO) 3 fermes de capacité: - 2000t/a Peoria - 20 000t/a Clinto (USA) - 100 000t/a BR	• 20kt /an TailoredTM oil selon http://solazyme.com/blog/2014/01/30/solazyme-announces-u-s-commercial-production-of-renewable-algal-oils-at-iowa-facilities-2/ • 10 kt huile pour Unilever (hors carburant) • 1 134 000 l/an (interview sté par T2M) • Projet BR vise 300 000t/a pour alimentation
US Biofuels		jetfuel		15 M L/an*
Algenol (USA)	Co-financement du BETO Vise 1,27$/l 2015 puis 0,3 $/l (annonce sté)	Ethanol (obtenu par évaporation, peu rapide)	P (BETO)	378 541 L/an (interview T2M) 7,9 Mds L en 2033
Mercurius (USA)		Ethyl Levulinate	P	0,946 Ml/an
Sapphire Energy Inc. (USA)	Co-financement du BETO	Drop In Jet Fuel and Diesel Fuel	D (BETO) 40,5ha 120ha	3,38 Ml/an* 3,788 Ml (interview T2M) Echelle ind 2015 : 5 000 barils/j en 2018 sur 121ha acres
Frontline (USA)		Jet fuel et diesel	P	75,7 kl/an

- http://www.algaeu.com/pilot-projects-map.html

Status of Advanced Biofuels Demonstration Facilities in 2012 A REPORT TO IEA BIOENERGY TASK 39 18 March 2013; T39-P1b D Bacovsky et al

Echelle des pilotes et/ou démonstrateurs

Projet (Pays)	information	Produit	Echelle	Production M gal/an
Muradel (AU)	Liquéfaction hydrothermale But <1$/L	algocarburant	750ha OP	30kL /an a ce jour Prévu 80ML/an en 2019 (voir industrie.comchimie/muradel 17/11/2014) Selon T2M :750ha 50kL/semaine si Cial
Algae.Tec (AU)		Carburant	Pilote8,1ha dont 2,42 en OP soit 15t biomasse/mois puis indus. 1500 acres	33klitres (2012) 50 klitres annonce 2013
Aurora Algae (US et AU)	Abandon des carburants		761ha	3 785l/an * Cial a Karratha AU
Mercurius (USA)		Ethyl Levulinate	P	0,946 Ml/an
A2BE (USA)	OP			24t/ha et an
ENN (CN)	200 souches en interne		P 100ha 26g/m2/j	9,5t algue/ha et an Déjà 10t algojetfuel produits (en combien de temps ??)
Accelergy et YanKang For Algae Farm (CN)			Qq millions d'acres	?
Algae System LLC (USA)	Traitement eau, fertilisant coproduit	Huile traitée par voie hydrothermale	4ha	
Denso Co. (JP)	algue Pseudochoricystis ellipsoidea	Huile légère C10-C25	P	80t/an huile
Duke Energ et U Kentuky (USA)	Pilote adossé centrale energie de DE	jetfuel	PBR 10 580l	?

* http://www.algaeu.com/pilot-projects-map.html

Echelle des pilotes et/ou démonstrateurs

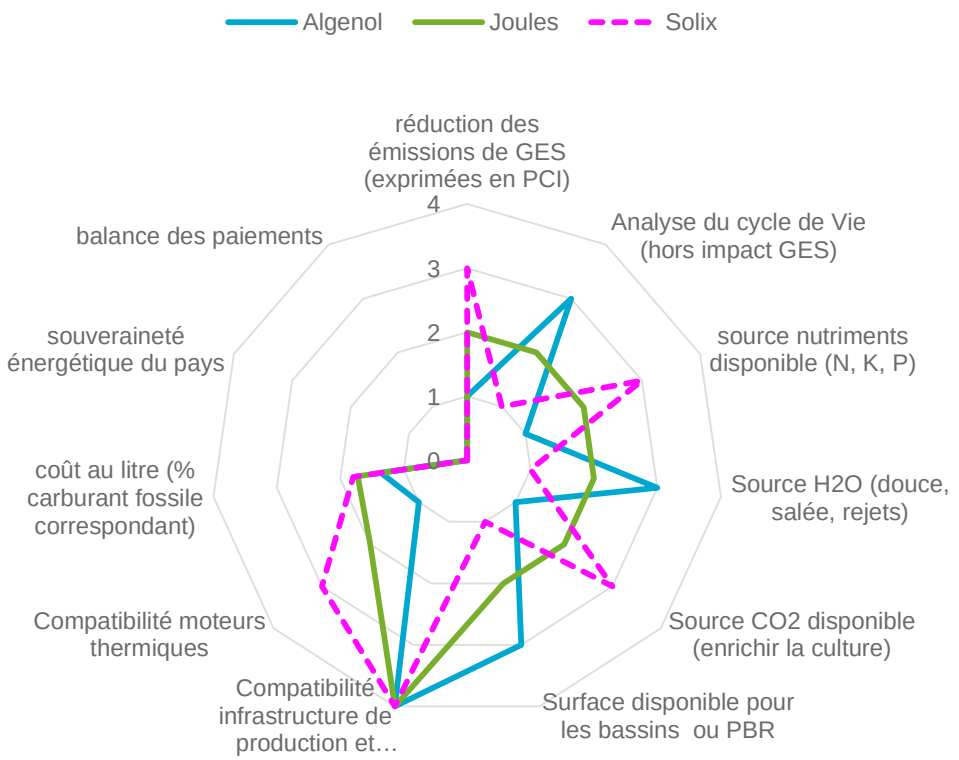
Projet (Pays)	information	Produit	Echelle	Production M gal/an
E.On (D)	Projet arrêté car biocarburant non rentable		180 L Flat Panel Airlift PBR Vol total = 1.44 m³ (2 modules à 4 reacteurs)	
Proviron (BE)		?	Pilote 12ha	
REPSOL (ES)	Projet PIIBE 2006-09 « new algae farming system »		P	?
BioCentric Energy Algae Co. (CN) Chinese innovation group	PBR D 63,5cm×10,4km L constitué de 40 modules de tubes L 146 m		500 ha dans province de Guandong .	80 t/j d'algues
EBTI (Enhanced Biofuels & Technologies India (IN) Ltd.).	Terrain offert par gvt du Sri Lanka		5000ha pour culture de biomasse : algues et végétaux	
Heliae (USA)	Arrêt des biocarburants	Huile pour cosmeto, fertilisant. Abandon carburant	8,1 ha (Gilbert AZ)	
Cellana (USA)			D 2,42 ha en surface	
Earthrise Nutritionals (USA)	Spirulina (filiale de DIC JP).	Pigments pas de carburants	OP 180,000-m2 aux USA	
Solix Biofuels (USA)	Lancement prod. 2011 selon système propre	Carburant et coproduits HVA	8 ha	22,7 kl/an 7560 à 12 000 litres d'huile/ ha et an (2012)

Echelle des pilotes et/ou démonstrateurs

Projet (Pays)	information	Produit	Echelle	Production M gal/an
Algasol et OriginOil (USA)	Sac plastique immergé + electroséparation		6 acres echelle indus.	23t algues /mois
Algasol et Biodiesel Misr (EG)			Indus 5 ha	
AFS Biooil (USA)			Echelle commerciale à l'étude 500 acres	1 000 000 MW electricité à 6 cent /kWh et 79,3ML < 0,53$/L
Joules Unlimited (USA)		Sunflow-E (Ethanol) Sunflow-D (Diesel)	80 acres 1ere installation. Terres achetées ailleurs dans le monde	Annonce sté : 37 850l/an Sunflow E (et objectif 94 635L/an 7 900 kl/an (interview par T2M)
Euglena (JP)		Diesel kerosène		But: 0,8$/L
IHI (JP)	4,8$/L huile algae en 2014 et vise 0,96 en 2020	Carburant, cosmétique, polymère	PBR pilote 12L	
Algaetech (Malaisie)		Carburant nutraceutique - succès du biodiesel	Commercial diesel 200ha PBR de capa 600L +OP 12686L	500 000L en Indonésie
Biofuel System (Esp)	faillite	Carburant et produits a HVA	Pilote en CN Usine de 600ha	20-30$/baril 1M barils/j
Public Company Limited (TH)	Site construit 8M$ + 642M$ pour 2012-2016			100 000L

Grille d'analyse et comparaison des projets

- **Pour comparer les projets existants une grille d'analyse est proposée qui reprend les critères essentiels / projet . Les critères sont évalués sur une échelle de 1 à 4 dans un premier temps sur la base des sources disponibles.**
- **La grille permet à terme une représentation graphique**
- **Pour des raisons de représentation les valeurs inconnues sont prises de façon arbitraire 1,2,3 en rose dans le tableau; les autres évaluées au mieux selon données disponibles**



critère	Algenol	Joules	Solix
réduction GES (exprimées en PCI)	1	2	3
Analyse du cycle de Vie (hors impact GES)	3	2	1
source nutriments disponible (N, K, P)	1	2	3
Source H2O (douce, salées, rejets)	3	2	1
Source CO2 disponible pour enrichir	1	2	3
Surface disponible pour les bassins	NA	400ha	8ha
Compatibilité Infra-structure production et distribution carburant	4	4	4
Compatibilité moteurs thermiques	1	2	3
cout au litre (% carburant fossile correspondant)	0,3/0,22= 1,36	2,21/1,28 = 1,72	5,5/3,06= 1,79
souveraineté énergétique du pays	37,8341/5038300= 7,5093E-06	7900/5038 3000=15,7 E-05	22,7/5038 3000=4,5 E-06

Commentaires

(issus des discussions avec le groupe projet et T2M au fil de l'étude)

- **Des chiffres annoncés variables et difficilement vérifiables mais américains essentiellement (pas européens). Des chiffres obtenus lors des interviews par T2M différents des chiffres publiés.**

Par exemple :

Annonce 2012 : Solazyme 537 ML d'ici à 2015 contre 1ML/an lors des interviews soit 500 fois moins que prévu

Annonce 2012 : Sapphire 238 ML à compter de 2014 contre 3,7ML lors des interviews soit 64 fois moins

- **Les retraits du marché ne donnent pas lieu à annonce (et les informations devenues obsolètes restent sur les sites).** Plusieurs projets ont été arrêtés ou ont changé d'application pour des produits à plus haute valeur ajoutée: E.ON (D), Symbiotic ou Univerve (IL), Aurora Algae (AU). Ceux qui se poursuivent sont soutenus financièrement.

- **Annonces pas toujours explicites :**
  - quantité d'algue sèche ou humide (%RH?)
  - Quantité d'huile extraite ou transformée (et si transformée , en quoi?)
  - Quantité nominale, réalisée ou projetée? Sous quelle échéance? Ex Solazyme: contrat pour 1,7ML avec US Navy
  - Parfois une somme de quantités sur plusieurs sites de production

- **Pas ou peu de coûts associés et là encore les sommes indiquées peuvent être :**
  - un coût de revient de la biomasse
  - Un coût de revient de l'huile algale
  - Un coût de revient du produit transformé (diesel, éthanol…)
  - Un prix de vente

Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.5: Organisations

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

European Algae Biomass Association (EABA)

- **Création 2009;**
- **Vítor Verdelho Psdt de l'EABA (et fondateur de Necton et 4F qui produit des algues en PBR externes); http://www.eaba-association.org/en**
- **Ses ambitions pour l'EABA sont de développer les secteurs micro et macro algues dans les mondes industriels et académiques. EABA gagne en reconnaissance auprès des acteurs mais aussi de la commission Européenne;**
- **Rôles: promouvoir échanges et coopération dans le domaine de la production et l'usage de biomasse y compris l'usage des biofuels. Défendre les intérêts de ses membres. Agir comme un catalyseur pour encourager les synergies (industrie, académiques et politique) en R&D&T et capacité industrielle autour des algues;**
- **En 2014, fusion de l'International Algae Congress (8th IAC), organisé par DLG BENELUX, et l'EABA Global Conference du 1er au 3 Décembre 2014 à Florence;**
- **Ceci est une première étape vers d'autres programmes communs.**

- **Le président attend un doublement du nombre d'adhérents dans les deux ans qui viennent et souhaite faire de la conférence annuelle (EABA Conference 2015 1-3 déc. Lisbon) la référence du domaine en Europe. Il souhaite fluidifier le transfert d'informations entre l'industrie et les académiques et faire de l'EABA une référence pour les applications alimentation et transformation OGM;**
- **Le plus gros besoin selon lui est clairement la réglementation afin de pouvoir mettre sur le marché une large gamme d'espèces et de produits dérivés ou extraits. Il faut donc garantir la sécurité et les potentiels de production (besoins de recherche). Il souligne que le démarrage du domaine est lié maintenant et dans le futur à l'intérêt que les grandes sociétés déjà plus ou moins impliquées lui porteront: BASF, DSM, Lonza et Roquette (microalgue), Danisco, Cargill et FMC (macroalgue) et Linde, Air Liquide, Alfa-Laval, Westfalia, GEA, Merck (fournisseurs pour les deux familles d'algues).**

European Biofuels Technology Platform

- **Création en 2006 pour favoriser l'échange entre industrie, les producteurs de biomasse, d'énergie ou de véhicules et la recherche, les ONG et les gouvernements. La CE est observatrice; http://www.biofuelstp.eu/**
- **2013: soutien via le projet FP7 EBTP-SABS pour augmenter les participants de tous les Etats Membres qui peuvent ainsi accèder à des études, contacts, listes d'évènements…**
- **En 2007: rédaction du Strategic Research Agenda and Strategy Deployment Document SRA/SDD identifiant les besoins de R&D pour la décade suivante et la Vision 2030. Elle a été remise a jour en été 2010.**

Biofuels Issues and Trends October 2012 *Independent Statistics* U.S. Energy Information Administration (EIA)

EnAlgae

- **Projet INTERREG 03/2011-06/2015**

- **19 partenaires académiques/publics et 14 observateurs:** Indigo Rock Marine Research Station / NETALGAE (IE / ERDF); Atlanpole (FR); Norwegian Biomass Association (NO); Tata Strip Products (UK); Institut fur ZukunftsEnergieSysteme (DE); Biosciences Knowledge Transfer Network (UK); SUNBIOPATH (FP7); Algal Energy Ltd (UK); Hessen RIC/ Climate-KIC (DE); European Algal Biomass Association; BIOMARA (ERDF); Roundtable on Sustainable Biofuels (CH); Le Centre de Recherche Public - Gabriel Lippmann (LU); Bord Iascaigh Mhara (IE)

- Publie des rapports sur l'état de la recherche et la production d'algues (macro et micro) dans divers pays d'Europe

- **6 plateformes pour les essais de culture de microalgues**
  - Swansea University (United Kingdom): several photobioreactors on-site and works with local aquaculture and heavy industry to identify potential sites for its mobile technologies. It has recently invested in a new type of reactor that will be housed in the University's greenhouse and will allow scientists to further explore ways to grow, harvest and process microalgal biomass.
  - Hochschule Für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (Germany) works in the field of closed loop aquatic production. Its facilities include several recirculation aquaculture systems (RAS) for marine fish and crustacean that are coupled with photobioreactors for the production of microalgae. The technology maintains clear seawater which nutrients can be dissolved in; this water can then be used for photoautotrophic co-production.
  - Ghent University, Campus Kortrijk (Belgium) has built a mobile pilot installation; a heated open pond with microalgal bacterial flocs (MaB-flocs) and flue gas injection. It will operate on three different company sites, treating parts of real waste water streams. Biomass will be harvested by sieving and then tested for its biogas potential.
  - Wageningen UR / ACRRES (Netherlands) has built two open pond systems that connect to an anaerobic digester feeding flue gas, minerals and warmth to the algae system. It has also built two open LED light assisted pre-culture basins. These facilities are providing vital data about how algae grows under different conditions.
  - Plymouth Marine Laboratory (United Kingdom) has upgraded a large-scale microalgae facility at the Boots company site in Nottingham. It consists of a photobioreactor system which is directly coupled to the emission stack of a gas turbine power station. The aim of the facility is to provide data on cultivation and maintenance of microalgae.
  - InCrops Enterprise Hub (United Kingdom) is building a pilot facility to investigate how by-products of water purification can be used to grow algae. The information collected will be shared across the partnership to develop understanding of the financial and environmental aspects of growing algae in North West Europe.

Algae Biomass Organization (ABO)

- **Association à but non lucratif (501 c(6) non-profit) ayant pour mission la promotion du développement de marchés viables de «commodities » renouvelables et soutenables issus d'algues. Elle comprend tous les échelons de la chaîne de valeur: *www.algaebiomass.org*.**

- **Rôle: informer le public, les politiques et les industriels des bienfaits de la filière algues pour la sécurisation de l'énergie, la production de nourriture, et la durabilité, et favoriser des politiques accélératrices des marches de produits algaux.**

- **Organisation de la conférence industrielle Algae Biomass Summit, (Orlando, 30 sept. 3 oct) .**

- ***Mai 2013 nouveau bureau (2013-2015)* Tim Burns – BioProcess Algae / Jose Olivares – Los Alamos Nal Lab / Todd Taylor – redrikson & Byron et toujours David Hazlebeck- General Atomics /Margaret McCormick – Matrix Genetics / Paul Woods – Algenol Biofuels/ Tim Zenk – Sapphire Energy / Mark Allen – Accelergy Corporation / John Benemann – MicroBio Engineering, Inc. / Tom Byrne – Byrne & Company, Ltd. / Bill Glover – Boeing Commercial Airplanes / Greg Mitchell – Scripps Institution of Oceanography / Joel Murdock – FedEx Express / Philip Pienkos – National Renewable Energy Laboratory / Jim Rekoske – Honeywell/UOP**
- **Sept 2013 : Annonce d'un accord avec Algae Industry Incubation Consortium, Japan (AIIC), un groupe actif dans les biocarburants algaux pour partager bonnes pratiques et expertise. Isao Inouye de l'Univ. de Tsukuba - Président du bureau AIIC. "***Japan's energy goals and technical expertise can play a positive role in accelerating the commercialization of algae cultivation technologies that can provide sustainable fuels, chemicals and other products. We are looking forward to a productive partnership.***"**

https://algae-consortium.jp/isab2013/

Algae Biomass Organization (ABO)

ALGAL BIOMASS ORGANIZATION

Platinum Members

ACCELERGY CORPORATION

ALGENOL BIOFUELS

bioprocessalgae

BOEING

heliae

PHITEC SUSTAINING EFFICIENCY

Sapphire Energy

WSGR Wilson Sonsini Goodrich & Rosati PROFESSIONAL CORPORATION

Gold Members

ALGIX Formulating The Potential of Algae

cellana algae-based products

MATRIX GENETICS

The Gas Company A Sempra Energy utility

TASA

BYRNE & Company Limited

DUKE ENERGY

Laboratoires Nationaux

Los Alamos NATIONAL LABORATORY EST. 1943

Pacific Northwest NATIONAL LABORATORY

Proudly Operated by Battelle Since 1965

Sandia National Laboratories

NREL Leading clean energy innovation

ABO corporate members



Biomasse microalgale pour l'énergie

Partie C: Eléments de marché

Réalisation: T2M et FIST SA

(Confidentiel)

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

SOMMAIRE ETUDE STRATEGIQUE

PARTIE A : Panorama brevets et publications
- Introduction de l'étude stratégique
- Synthèse (document séparé)

A.1: Panorama des brevets
A.2: Panorama des publications
A.3: Comparaison panorama brevets/panorama publications

- Annexe Partie A: Informations diverses
……
PARTIE B: Programmes, laboratoires et sociétés

B.1: Chaîne de valeur
B.2: Focus France
B.3: Programmes et sociétés hors France (voir aussi Partie C.2)
B.4: Résumé des plateformes académiques/ industrielles
B.5: Organisations
……
PARTIE C: Eléments de marché

C.1: Marché des microalgues
C.2: Positionnement du marché des biocarburants de 3ème génération
C.3: Aspects contractuels et financiers

SOMMAIRE PARTIE C

C.1 MARCHE DES MICROALGUES

C.2 POSITIONNEMENT DU MARCHE DES CARBURANTS DE 3e GENERATION

C.2.1 Benchmark International par Tech2Market

C.2.2 Les applications possibles

C.2.3 Structure des coûts

C.3 ASPECTS CONTRACTUELS ET FINANCIERS

Sigles

- **Institutions américaines**
  - CARB California Air Resources Board
  - DOE U.S. Department of Energy
  - E10 mélange 10% éthanol 90% essence en volume
  - E15 mélange 15% éthanol 85% essence en volume
  - E85 mélange 51 à 83% éthanol en volume dans l'essence
  - EIA U.S. Energy Information Administration
  - EPA U.S. Environmental Protection Agency
  - FAA Federal Aviation Administration
  - NBB U.S. National Biodiesel Board
  - RFS U.S. Renewable Fuel Standard, Energy Policy Act of 2005
  - RFS2 Renewable Fuel Standard, Energy Independence and Security Act of 2007
  - RNIS Renewable Identification Numbers
  - USDA U.S. Department of Agriculture

- **Nom des pays**
  - BR Brésil EU ou EP Europe
  - FR France GB Royaume Uni IL Israel
  - NL Pays Bas

- **Produits et procédés**
  - ETBE : éthyl tertio butyl éther
    EMHAU : ester méthylique d'huile alimentaire usagée
  - EMGA : ester méthylique de graisse animale
  - HVP : huile végétale pure

- **Divers**
  - HVA : Haute Valeur Ajoutée

Biomasse microalgale pour l'énergie

Partie C: Eléments de marché

C.1 Marché des microalgues

Réalisation: FIST

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Production de microalgues et marchés

- **2008[1]: production de microalgues et cyanobactéries mondiale: 10 000 t (5000 t en 2003);**
- **2009[2]: production mondiale de microalgues: 9 000 t (matière sèche ??);**
- **2010[3]: environ 200 sociétés productrices de biofuel algal dans monde pour 271 MUS$ en 2010 et un coût de 1,2 (??) à 7,9 US$/litre;**
- **2010[4]: production mondiale: 7 000t/an (matière sèche) pour une valeur de 3,5 à 5 Md€ dont santé et alimentation (€1,5 Md) et aquaculture (0,5 Md€);**
- **2014[5]: production mondiale de microalgues: 15 000 t (matière sèche) pour une valeur estimée de façon très variable en 2010 entre 600 M€ et 3,3 Mds €;**
- **2014[6]: production mondiale: 35 000 t (mat. Sèche) pour 3 segments: régime, alimentation et cosmétique (NB chiffre bien supérieur aux autres);**
- **A ce jour pas de microalgue OGM sur le marché (étude JRC);**

1) La production de biocarburant lipidique avec des microalgues :promesses et défis; J.-P. Cadoret et O.Bernard , journal de la Société de Biologie, 202 (3), 201-211 (2008)
2) Current Status and potential for algae biofuels production- A. Darzins et al- report to IEA Bioenergy Task 39- T39-T2 august 2010
3) http://task39.org/files/2013/05/Algal-Biofuels-IEA-Task-39-and-AMF-Joint-Summary.pdf
4) http://www.algaemax.eu/more-in-detail.html
5) Évaluation du gisement potentiel de ressources algales pour l'énergie et la chimie en France à horizon 2030 Juillet 2014 pour l'ADEME par ENEA Consulting et INRIA Contrat n°1301C0033
6 http://www.oilgae.com/ref/report/non-fuel-algae-products.html#sthash.jhgNmMHj.dpuf

Marché des microalgues

- **Marché principal: 74%$_{vol}$ alimentation humaine (Spiruline essentiellement - protéines et omega-3). *D. salina* est aujourd'hui la 3^{e} la plus vendue (ß-carotène);**
- **Producteurs principaux en Asie et Australie (règlementation moins sévère qu'en EU pour la mise sur le marché) mais les acteurs Européens s'implantent par acquisition;**
- **85% utilisés[1] dans les "nourritures fonctionnalisées" ou suppléments alimentaires;**
- **Marché[1] en développement pour aquaculture (longues chaines Omega 3) mais limité par le coût $50-$100 /kg actuel et $1-2/kg visé pour la biomasse;**
- **Plus grosse croissance[1] pour la pharmacie mais seulement 2 oméga 3 validés (quand même 1,6% de la consommation et US $ 1,5 Mds);**
- **2011: Marché de près de 600M€ pour la spiruline et le genre *Crypthecodinium* soit ¾ de la production commerciale;**
- **principaux extraits valorisés: caroténoïdes, phycobiliprotéines (pigments) et antioxydants soit >50% de la biomasse produite;**
- **Valeur totale mondiale[2] des produits finis à base de microalgues: # 4Mds€;**
- **Prévisions de vente d'Algae.Tec: Chlorella et B-Carotene: 2,000 t en 2014 (X2 en 2015; X4 en 2016 et 10,000 t en 2017). Prix vente Chlorella: $16,000 et B-Carotene $90,000/t – Investissement estimé à $7,000/t donc marché profitable;**
- **Spiruline et Chorella sont les plus vendues[3] 5 kt et 2kt respectivement /an.**

1) http://www.oilgae.com/ref/report/non-fuel-algae-products.html#sthash.jhgNmMHj.dpuf
2) http://www.actu-environnement.com/ae/news/business-microalgues-13990.php4
3) JRC Scientific and policy reports Miroalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe 2014

Marché des microalgues

- **Les produits à base de triglycérides (EPA, DHA) sont en développement mais validation règlementaire à franchir;**
- **Prix de vente des omega-3 algaux: US$ 140/kg >> ceux issus des poisons; leur marché était estimé à plus de 85 000 t en 2009 et 135 000-190 000 t pour 2015 (estimations de 2010);**
- **Le plus gros producteurs d'astaxanthine Asta Real ou Fuji Health ont doublé leur production;**
- **Nombreux composants antimicrobiens découverts, idem production d'enzymes et toxines pour la pharmacie (prix estimé à 4000-8000 $US/kg);**
- **Des ruptures sont attendues dans les produits à HVA; les commodités telles qu'acide lactique ou polyhydroxyalkanoates (bioplastiques) et le butanol se vendent 1 300 – 7000US$/t;**

- **Arthrospira (alimentation humaine) vient surtout de CN et IN. Les producteurs sont Hainan Simai Enter. Ltd. 200 t poudre sèche (2006) soit 25% - 10% de la production nationale – mondiale, Earthrise Farms (440,000 m^2, CA, USA), Myanmar Spirulina Factory, Cyanotech Corp. (Hawaii), Cyanotech Corp. (USA).**

http://www.oilgae.com/ref/report/non-fuel-algae-products.html#sthash.jhgNmMHj.dpuf

Marché des microalgues

Current product based on micro-algae	Production volume (tons/ year dry weight)	Number of producers (key players)	Value of production volume (yearly turnover)	European share in produc-tion (%)	Potential market (synthetic / traditional forms)
Food and feed products: whole dryed micro-algae biomass					
Spirulina	5,000 tonnes[5]/ year (2012) [92]	>15 companies (Cyanotech / Earthrise) [83]	US $ 40m (2005)[83]	(NA)	No synthetic alternative
Chlorella	2,000 tonnes/ year (2003) [92]	> 70 companies (NA) [83]	US $38m (2006)[87]	(NA)	No synthetic alternative
Food and feed products: micro-algae components					
Astaxanthin (based on Hae-ma-tococus)	300 tonnes/year (2004)[92]	>8 companies (Fuji Chemicals, Cyanotech)	US $10m (2004) [87]	(NA)	US$200m (2004) [83]
Phycibiliprotein colourants (incl phycocyanin)	(NA)	>2 companies [83]	(NA)	(NA)	> US $ 50m (2004) [83]
EPA/DHA (Omega-3 PFA) (based on *Chrypthecodinium*)	240 tons[6]/year (Martek) (2003) [83]	>4 companies (Martek/DSM) [85]	> US $300m for Martek (2004) [83]	(NA)	±US 14.39bn (2009)[88]
β-Carotene (based on *Dunaliella Salina, Schizochrytium, Nannochloropsis*)	1,200 tons per year (2010) [87]	> 10 companies (Cognis/BASF) [83]	(NA)	(NA)	US $ 285m [83] (2012)
Other products					
Stable isotope biochemicals	(NA)	> 1 company (Martek/DSM) [87]	> $13m (2006) [87]	(NA)	(NA)
Skin products	(NA)	> 4 companies			
(Solliance, Solazyme/ Unilever)	(NA)	(NA)	(NA)		
Fluorescent protein markers	(NA)	> 1 company			
(Martek DSM)	(NA)	(NA)	(NA)		

Selon le JRC le volume de production est passé de 1kt (masse sèche) en 1999 à 5kt (1Md€) en 2004 et 9kt en 2009 '2,4Mds€) et le marché devrait croitre de 10%/an.

En général ces microalgues sont produites pour une application; les producteurs n'adressent pas plusieurs marchés.

Dans le tableau ci-contre les acteurs principaux (part majoritaire sur un marché) sont entre parenthèses.

Le JRC souligne que ce sont des estimations car il est difficile d'obtenir les données de chaque producteur individuel. La part européenne est estimée a 5%.

Les producteurs demandent plus de moyens à l'Europe pour valider les produits sur le marché (règlementations).

Les liens académiques/industriels sont soulignés comme insuffisants.

Production et marchés

- **En EU :**
  - **Allemagne 150 t ms/an;**
  - **France 20 a 30 t ms/an, soit 0,2 % de la production mondiale**

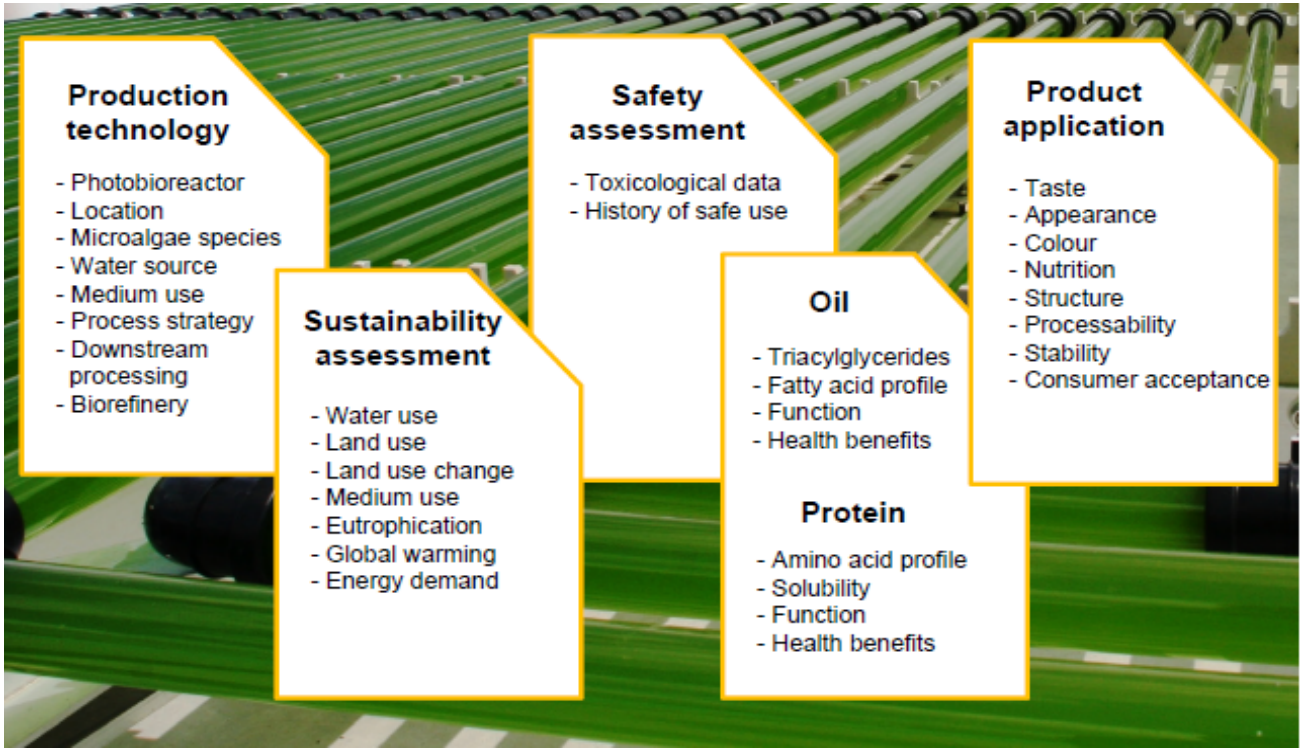
- **Selon http://www.biofatproject.eu/resources/pdf/ESBF2013_Vitor_Vedelho.pdf en 2013:**
  - **9 à 12 kt/an de spriruline (Prix: 5-50€/kg biomasse sèche)**
  - **2,7 à 3 kt/an de chlorelle (Prix: 10-60€/kg biomasse sèche)**
  - **1 à 1,6 kt/an de dunaliela (Prix: 60-100€/kg biomasse sèche)**
  - **0,28 à 0,35 kt/an d'haematococcus (Prix: 150- 340€/kg biomasse sèche)**
  - **Au total (incluant autres divers): 600M€ et 16 à 20 kt**

- **Alcimed 2014: marché mondial 0,6 à 1 Md €, pour un volume inférieur à 10 kt/an « *extrêmement émergent* ». 400-500 acteurs n'exploitant que quelques espèces (Spiruline, Chlorella, Dunaliella salina, Aphanizomenon, Haematococcus…), alors que le potentiel se chiffre en dizaines de milliers.**
- **Selon Prof Wijffels (2010 Aquafuel): 5 kt et 1,25Md €**

Note : autorisations des microalgues en alimentation humaine = procédure CE 258/97 «Nouveaux aliments » (JOCE du 27/01/1997), règlement EU dit "Novel Food" concernant les aliments et ingrédients composés de micro-organismes, de champignons, de microalgues ou isolés à partir de ceux-ci. Notamment pour les algues non consommées traditionnellement dans l'EU: besoin de déposer un dossier d'autorisation alimentaire règlement CE précité.

Marché alimentaire

- **A l'heure actuelle, 5 microalgues sont validées;**
- **Pour être utilisables en alimentation (homme et/ou animaux), plusieurs points doivent être pris en compte**
- **Procédures d'accréditation à établir pour ces substances car les huiles et protéines algales sont uniques. Caractérisation chimique et physique pour déterminer tous les composants présents. Analyse de toxicité (y compris mutagenèse, toxicité repro-et multi-génération…), présence de métaux lourds, de pathogènes ou coproduits formés pendant la transformation ou par dégradation.**



Graphe tiré de Scénarios studies for algae production thèse de Petronella Slegers (Wageningen)

Principaux produits pour l'alimentation humaine et animale (étude JRC)

High-value component	Chemical name	Micro-algae source	Application (Function/ Nutrient)	Traditional/ synthetic alternatives
Pigments				
β-carotene (Pigment/ Carotenoid)	1,3,3-Trimethyl-2-[3,7,12,16-tetramethyl-18-(2,6,6-trimethylcyclohex-1-en-1-yl) octadeca-1,3,5,7,9,11,13,15,17-nonaen-1-yl]cyclohex-1-ene	*Dunaliella* *Salina*	Colourant (food colourant) Additive for feed (provitamin A) Food supplement (provitamin A, anti-inflammatory effect, chemopreventive (not proven)	Synthetic form (but only all-trans isomers, cis-isomers only come from natural sources)
Astaxanthin (Pigment/ Carotenoid)	3,3'-dihydroxy-ß-carotene-4,4'-dione	*Haematococcus Pluvialis*	Feed additive (pigment enhancer for fish) Food supplement (anti-oxidant, restores UV damage)	Synthetic form Phaffia yeast extract
Phycocyanin (Phycobili-protein)	Protein complex	*Arthrospira* *Porphyridium*	Food pigment Reagents (Fluorescent markers)	Synthetic pigments
Fatty acids				
EPA	Eicosapentaenoic acid	*Nannochloropsis, Phaeodactylum, Nitzschia*	Food supplement (omega-3 fatty acid, brain development for children, cardiovascular health)	Fish oil
DHA	Docosahexaenoic acid	*Schizochrytium, Cryptocodinium*	Food supplement (omega-3 fatty acid, brain development for children, cardiovascular health)	Fish oil

Principaux produits pour l'alimentation humaine et animale (étude JRC)

Products currently on market (Form/Application)	Producers of current products	Micro-algae source
Astaxanthin (Dietary supplement)	Cyanotech (US, Hawaii) [51]	*Haematococcus Pluvialis* [51][52] [54][66][67]
	EID Parry (India) [53]	
	Mera Pharma (US/Hawaii) [66]	
	BioReal (Sweden) [71]	
	US Nutra (US) / Parry Nutraceuticals (India) [74]	
Astaxanthin (Food Ingredient/Additive)	AlgaTech (Israel) [65]	
	Blue Biotech (Germany) [54]	
	Fuji Chemicals (Japan) [52]	
	Mera Pharma (USA/Hawaii) [66]	
	BioReal (Sweden) [71]	

Les acides gras DHA, EPA, AA, GLA naturels représentent un marché de 7,2$ Mds en 2011 et 13$M en 2017. Ils sont en général extraits des poissons mais l'accumulation des toxines dans ces derniers et la surpêche sans parler de l'odeur et de leur faible résistance à l'oxydation conduisent à chercher de nouvelles sources. Le DHA est le seul commercialisé pour l'heure (Oméga 3); ils est indispensable au cerveau et recommandé par des institutions internationales dans la nourriture des enfants. Le marché mondial de la nourriture infantile est estimé à 10$Mds.

Principaux produits pour l'alimentation humaine et animale (étude JRC)

Food	*Spirulina* (Dietary supplement)	Cyanotech (US, Hawaii) [51]	*Spirulina* (algae as product)
		Earthrise (US, California) / Dainippon (Japan) [56]	
		EID Parry (India) [53]/ USA Nutra [74]	
		Blue Biotech (Germany) [54]	
		Inner Mongolia Biomedical Eng, (Mongolia) [55]	
		Panmol (Australia) [67]	
		Spirulina Mexicana (Mexico) [67]	
		Siam Alga Co (Thailand) [67]	
		Nippon Spirulina (Japan) [67]	
		Koor Foods Co (Israel) [67]	
		Nan Pao Resins Chemicals (China) [67]	
		Hainan Simai Pharmacy (China) [67]	
		Myanmar Spirulina (Myanmar) [67]	
		Blue Continent (NA) [67]	

Principaux produits pour l'alimentation humaine et animale (étude JRC)

Products currently on market (Form/Application)	Producers of current products	Micro-algae source
Chlorella (Dietary supplement)	Blue Biotech (Germany) [54]	*Chlorella* (algae as a product)
	Earthrise (US) / Dainippon (Japan) [56]	
	Roquette Kloetze (Germany) [69]	
	Chlorella Co. (Taiwan) [67]	
Chlorella (Food ingredient)	Phycom (Netherlands)	*Chorella*
Other Dietary supplements (Dietary Supplement)	Innova IG (France) [67]	*Porphyridum* (algae as a product
EPA/DHA (omega-3) as dietary supplement	Ocean's Alive (USA)	*Nannochloropsis*
	Flora Health (USA) [72]	*Schizochrytium* [67]
EPA/DHA (omega-3) (food ingredient)	Martek/DSM (USA/NL) [55]	*Chrypthecodinium* [55][157]
	Blue Biotech (Germany) [54]	*Nannochloropsis* [57]
	InnovaIG (France) [67]	*Odontella* [67]
	Photonz [75] (New Zealand)	(NA)
	Xiamen Huison Biotech Co. (China)	*Schizochrytum* [157]
	Lonza 2010 [157]	Ulkenia [157]

Principaux produits pour l'alimentation humaine et animale (étude JRC)

Products currently on market (Form/Application)	Producers of current products	Micro-algae source
β-carotene (as additive/vitamin/ colourant)	EID Parry (India) [60]	*Dunaliella Salina* [67][70]
	Cognis Australia/BASF (Australia/ DE) [55]	
	Betatene/BASF (DE)	
	Natural Beta Technologies (Australia) [62]	
	Tianjin Lantai Laboratory, China [62]	
	Nature Beta Technologies (Israel) / Nikken Sohonsa (Japan) [67]	
	Aqua Carotene Ltd (Australia) [67]	
	Pro Algen (India) Biotech [70]	
	Shaanxi Sciphar Biotechnology Co. [67]	
	DSM [67]	
Phycocyanin (colourant)	Blue Biotech (Germany) [54]	*Spirulina* [75][54]
	SandaKing (Japan) [75]	
	DIC Lifetec (Japan) [interview]	

Principaux produits pour l'alimentation humaine et animale (étude JRC)

	Products currently on market (Form/Application)	Producers of current products	Micro-algae source
Feed	*Spirulina* (Dietary supplements)	Blue Biotech (Germany) [54]	*Spirulina* [54]
		Ocean Nutrition (Canada)[68]	
	Chlorella (Dietary supplements)	Blue Biotech (Germany) [54]	*Chlorella*
		Necton (Portugal)	
	Astaxanthin (Dietary supplement)	Blue Biotech (Germany) [54]	*Haematococcus pluvialis* [54][71]
		BioReal (Sweden) [71]	
	Biomass for aquaculture (Living algae as feed for fish in aquariums)	Blue Biotech (Germany) [54]	*Nannochloropsis* [54] *Isochrysis* [54]
		Necton (Portugal) [157]	*Pavlova* *Phaeodactylum* *Chaetoceros* *Skelotenma* *Thalassiosira* *Tetraselmis [Pulz]*
	Astaxanthin (Colourant for living fish)	Blue biotech (Germany)[54]	*Haematococcus pluvialis* [54]
		BioReal (Sweden) [71]	
	Algaepaste	Innovative Aqua (Canada) [72	*Nannochloropsis* [72] *Isoschrysis* [72]

Marché alimentaire

- **Les produits issus des microalgues possèdent des propriétés que n'ont pas leurs « équivalents» synthétiques ou traditionnels;**
- **Selon Wageningen, sur la base d'une composition de 40% huile, 20% protéines, 20% carbohydrates et 20% ash et un taux de conversion de 90% on pourrait produire 25% resp.50% des besoins totaux européens (2011) de protéine et d'huiles.**

  Les protéines deviennent le facteur déterminant pour la surface nécessaire. Il faudrait 0,5-7,4% et 0,2 – 2,0% des terres non arables polonaises et espagnoles respectivement. Ceci démontre le potentiel des microalgues. On estime pouvoir descendre les coûts à 0.50 € kg-1 d'algues soit pour l'huile et les protéines une production à 8,30 et 16,15 € kg-1. Pour être compétitif il faut diminuer ces valeurs d'un facteur 10 (références marché actuel).
- **Régulation « Novel Food » contraignante: elle s'applique à tous les produits qui n'étaient pas sur le marché avant 15/05/1997. Les huiles riches en EPA et DHA récemment introduites sur le marché tombent sous le coup de ce réglement bien que EPA et DHA soient consommés depuis bien avant 1997. De même la spiruline est autorisée (pas un novel food) mais le colorant bleu qui en est tiré est un nouveau produit et tombe sous le coup de la réglementation.**
- **Parmi les autorisations: Lonza (CH), Innovalg (FR) Herbal Sciences (USA), Real AB (SE), Cyanotech (USA);**
- **Selon 1 le marché des caroténoïdes mondial sera 1,2 $Mds en 2015 et 1,3 en 2017.**
  - **L'astaxanthine est un élément essentiel d'aquaculture (saumon, crevettes): 1900$/kg pour un produit concentré à 5%;**
  - **Lutéine: Marché global 2004: 139$M; 233$M en 2010 et 309$M en 2018; issu de fleurs actuellement; pas de production microalgale très structurée mais des études montrent le potentiel de la chlorelle;**
  - **Beta carotène: marché mondial: 253$M en 2009 et 334$M en 2018; les algues produisent des isomères non faisables par la voie synthétique. Le prix varie grandement 300 - 3000$/kg**

1 An overview : biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture Yaakob et al; J of Biological Research Thessaloniki 2014, 21

Marché nutraceutique

- **Marché global[1] $142.1 Mds 2011 --> $204.8 Mds en 2017 (CAGR 6.3%) avec marché principal aux USA puis Asie en 2017;**
- **Asie prête à payer pour produits de qualité;**
- **Chlorelle comme source hautement protéinique;**
- **B-Carotène supplément pour vision, immunité et santé en générale;**
- **Haematococcus pluvialis: production d'astaxanthine : ~10$M/ton soit >100 000$/t biomasse algale[2]**

Ex: Algae.Tec «The nutraceuticals initiative was prompted by the significantly lower capital required and better anticipated profit margins /t of production compared with biofuels, and the very speedy path to production." Production de Chlorella et B-Carotene: 2,000 t en 2014 (x2 en 2015; x4 en 2016 et 10,000 t en 2017).

Prix vente Chlorella: $16,000 et B-Carotène: $90,000/ t avec usage 100% algue – Investissement estimé à $7,000/t donc marché profitable.

1 Nutraceuticals Product Market: Global Market Size, Segment and Country Analysis & Forecasts (2007-2017)," from Transparency Market Research, Albany, NY.
2 Overview: Algae Oil to Biofuels John R. Benemann Benemann Associates

Marché alimentation du bétail

- **26% des protéines destinées à la nourriture du bétail sont produites en France; le reste est importé (BR, AG);**
- **Le marché mondial des microalgues pour l'alimentation animale (AA) est estimé à 230M€ et l'aquaculture à 540M€. La plus grosse part est destinée aux poissons ou crevettes à qui elles permettent prise de poids plus rapide.**
- **Disparition des ressources halieutiques et intensification de l'aquaculture => farines de poisson: 500 US$/t en 2001 à 1 500 US$/t en 2010 et huiles de poisson: 500 à 1 000 US$/t;**
- **Marché français bétail 7Mt (2010) pet food 1Mt et aquaculture 50 à 70 kt (2006).**

- **La spiruline est utilisée en complément alimentaire pour les animaux du fait de sa richesse en nutriments et sa digestibilité. Selon 1, des essais sur des moutons australiens présentant des problèmes génétiques ont montré une prise de poids, une croissance, et une amélioration de leur conformation. Un supplément de 10g/kg (sec) diminue la teneur en lipides du lait et augmente la part de DEA et CLA. De plus grandes prises de poids ont été démontrées chez le porc.**

- 1 Growth and Body Conformation Responses of Genetically Divergent Australian Sheep to Spirulina (*Arthrospira platensis*) Supplementation B. W. B. Holman, A. Kashani and A. E. O. Malau-Aduli http://www.sciencedomain.org/abstract.php?id=2&aid=371

Marché des colorants

- **Cométique et "Personal care" jouent sur les propriétés antioxydantes (soins anti-âge, lutte contre la pollution et UV)**
- **Le marché de la santé met en avant la lutéine et la zeaxanthine[1]**
  - **14 406 DMA et 957 318 cataractes/an pourraient être évitées aux USA si les +55 ans diagnostiqués prenaient des suppléments de lutéine et zeaxanthine et selon un sondage 2012, 4% des +55 ans en prennent. Prix moy = 029$/dose journalière. Marché de la lutéine de 233 $M en 2010 et estimé à 309 $M en 2018.**
  - **Les producteurs d'astaxanthine[2] (Fuji Chemical Industry Co, Algatechnologies Ltd, et Cyanotech Corp.) ont formé la "Natural Algae Astaxanthin Association" pour promouvoir l'intérêt de cette molécule naturelle issue de Haematococcus pluvialis (par opposition à synthèse). Les essais cliniques portent sur la forme naturelle pour ses effets anti-inflammatoires, cardiovasculaires, effets sur le cerveau et les yeux et protection contre les UV;**
  - **Même tendance pour la lutéine et la zéaxanthine;**

- **L'Europe représente le plus grand marché mais l'Asie devrait connaitre le plus fort taux de croissance (CAGR 3.6%). L'existence d'une industrie pharmaceutique en Inde et en chine tire le marché dans ces pays;**

- **Le beta carotène est le plus gros marché mais la lutéine devrait connaître le plus fort taux de croissance (maladie des yeux). La chlorophylle représente aussi un segment en croissance mais le procédé de purification de la chlorophylle a et b, issue des algues, reste à mettre au point.**

- **Les grands acteurs de ce marché sont: Algatechnologies Ltd., BASF SE, Carotech Bhd, Chr. Hansen A/S, Cyanotech Corporation, FMC Corporation, FMC Biopolymer, Kemin Industries Inc., LycoRed Ltd., Royal DSM N.V., DSM Nutritional Products Ltd., Sensient Technologies Corporation, Valensa International LLC.**

Feed, Food & Pharmaceutical Applications Drive Demand for Carotenoids, According to New Report by Global Industry Analysts, Inc.
http://www.strategyr.com/Carotenoids_Market_Report.asp
1 http://www.crnusa.org/CRNfoundation/HCCS/chapters/06-CRNFSHCCS-ARED+LuteinandZeaxanthin.pdf
2 http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/07/01/pebble-into-boulders-heliae-takes-its-algae-technology-to-japan-in-jv-with-sincere-corporation/

Marché des colorants

- **Divers colorants possibles: jaune -or avec la lutéine, bleu profond avec la phycocyanine…**
- **Marché global des caroténoïdes:**

– **US$1,3Mds[2] en 2020 tiré par l'alimentation humaine et animale et la pharmacie (réduction de risque de cancer, perte de vision, maladie cardiovasculaire et neurodégénérative);**

- [1]Valeur du marché des caroténoides: 1,2Mds$ en 2010, estimé à 1,4 en 2018 (CAGR 2,3%):

- [1]beta-carotène: 250M$ en 2007, 261M$ en 2010, estimé à 334M$ en 2018 (CAGR 3,1%);

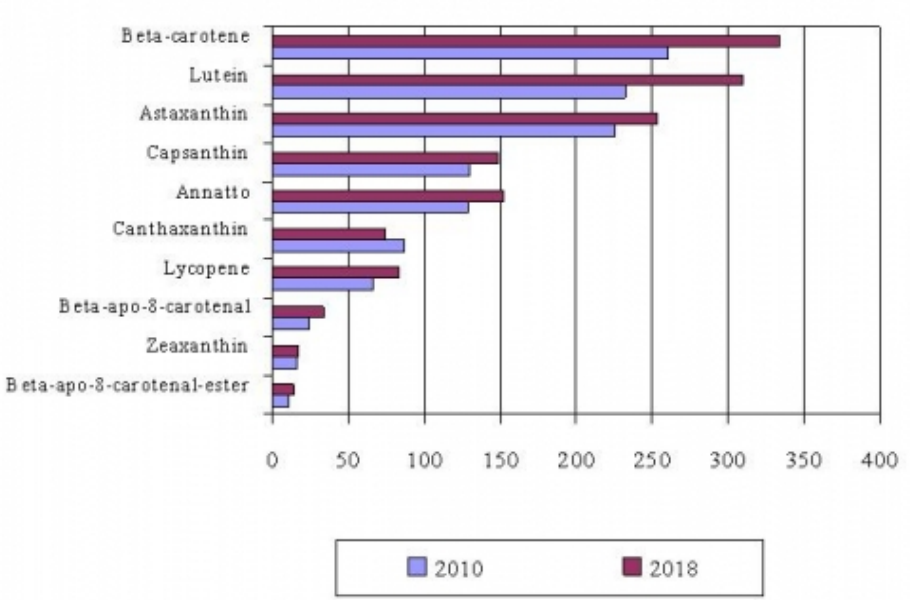
- [1]Lutéine: 233M$ en 2010, estimé à 309M$ en 2018 (CAGR 3,6%);

- >95% de l'astaxanthine est synthétique:

les extraits d'algue, carotte et tomate en tant que colorants alimentaires ont le vent en poupe en remplacement des produits synthétiques tels que le bleu 1, le jaune 5 ou 6 et le rouge 40.

Le rapport Mintel and Leatherhead Food Res. (2013) prédit une croissance de ce segment des additifs naturels surtout pour les produits à haute VA et pour l'enfant. Le CA de ces produits naturels était de 600$M en 2011 (+29% /2007) quand celui des artificiels/synthétiques valait 570$M (-4% / 2007).

[1]Marché des caroténoides /type en M$



[1] http://www.bccresearch.com/market-research/food-and-beverage/carotenoids-global-market-fod025d.html

2 Feed, Food & Pharmaceutical Applications Drive Demand for Carotenoids, According to New Report by Global Industry Analysts, Inc. http://www.strategyr.com/Carotenoids_Market_Report.asp

Marché médical (produits pharmaceutiques)

- **Des pigments: phycobilines purifiés, sont utilisés comme biomarqueurs fluorescents (immunodiagnostic, cryométrie de flux, screening a haut débit…);**
- **Greensea est l'un des principaux fournisseurs et poursuit ses travaux;**
- **Selon 1, les phycobiliprotéines ont été utilisées comme colorants naturels dans plusieurs applications pharmaceutiques (marquage d'anticorps, liaison avec des molécules actives comme l'immunoglobuline, la biotine ou des protéines); leur marché annuel serait de 5-10$M. Des recherches montrent que plusieurs antioxydants ont une action synergétique et que les antioxydants naturels présentent une meilleure biodisponibilité que leurs équivalents synthétiques (action préventive contre le cancer);**
- **Selon 1, le Béta 1,3-glucan, l'une des substances constituantes de la chlorelle, active une réponse immunitaire en présence de pathogènes. Connue comme le Zymosan dans les années 40, ses effets ont été démontrés contre le VIH, en immunothérapie tumorale et chez les patients en chimiothérapie;**
- **Certaines algues produisent des antibiotiques ou des molécules anti-cancéreuses (surtout des cyanobactéries). Des essais prometteurs ont été menés sur les souris; reste à cultiver les souches en quantité.**

1 An overview : biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture Yaakob et al; J of Biological Research Thessaloniki 2014, 21

Marché des cosmétiques

- **Cosmétique: épaississant, capteur d'eau et antioxydants: les carraghénanes sont issus des algues rouges et les alginates des algues brunes. Enfin d'autres produisent des protéines, vitamines A ou B, du fer, du phosphore, du cuivre du calcium utilisables comme émollients ou antioxydants pour la peau;**

- **Produits anti-âge et anti-irritation (IGV), émollients et soin du cheveu;**



- **Poudres et gélules de spiruline et chlorelle;**

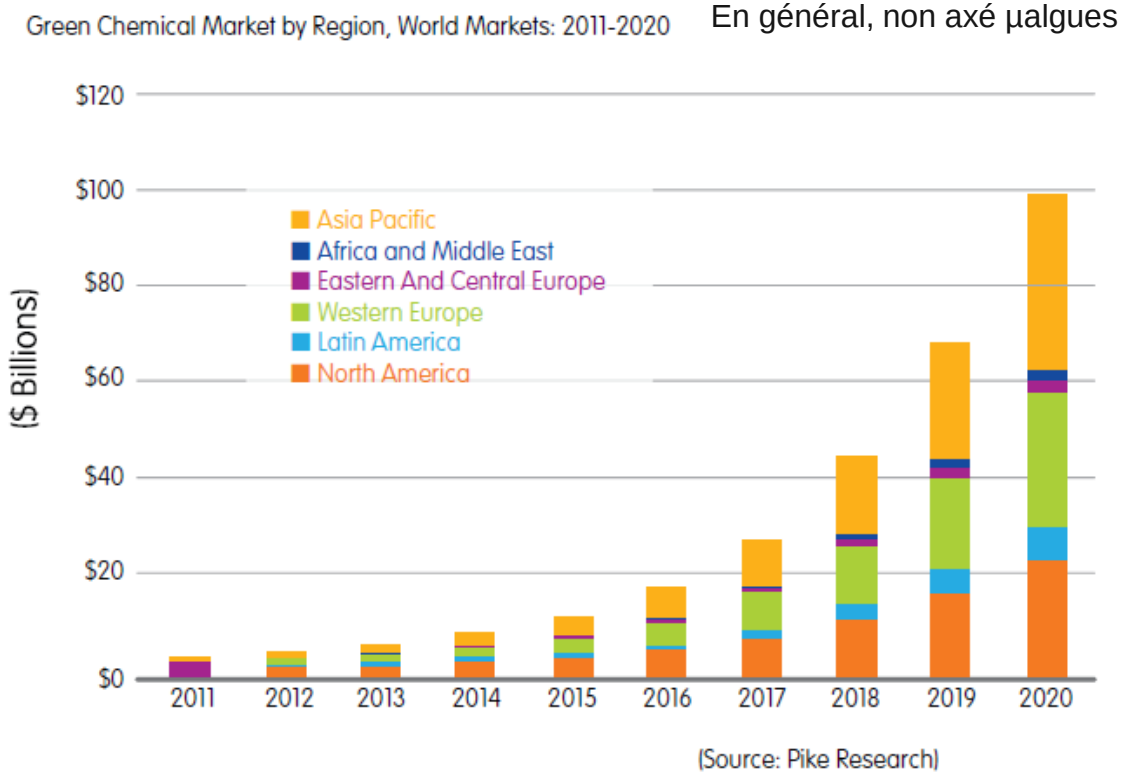
- **Les plus utilisées sont Arthrospira et Chlorelle parfois produites en interne (LVMH, Paris, et Daniel Jouvance, Carnac). Parmi les produits existants dès 2006: Protulines, Exsymol S.A.M., Monaco à base de chlorella; Dermochlorella, Codif, St. Malo; Pentapharm LTD (Suisse) à base de Nannochloropsis oculata et Pepha-Ctive à base de D. salina;**
- **La chorophylle peut servir de colorant brun, ou rouge en cosmétique.**

Commercial Applications of Microalgae P. Spolaore, C. Joannis-cassan, E. Duran, A. Isambert. . J. of Bioscience and Bioenginering, 101: pp. 87-96, 2006

Marché de la chimie verte

- **Selon l'Environmental Protection Agency, le marché mondial de la chimie verte est estimé à 98,5 Mds$ en 2020 contre 2,8 Mds$ en 2011, soit une croissance annuelle moyenne de 49% sur la période. Elle permettrait au domaine de la chimie d'économiser 65,5 $Mds en 2020 (Pike Res.);**
- **Les µalgues permettent de produire des lubrifiants (Solazyme) ou des molécules de base pour les polymères ou d'autres applications de chimie;**
- **La chimie française doit intégrer 15% de matières renouvelables dans ses produits d'ici fin 1017 (50% en 2050).**

En général, non axé µalgues



Marché de la chimie verte: bioplastiques

- **Algopack http://www.algopack.com/algopack.php**

Actuellement déchets de macroalgues brunes



- **Cereplast [1], Inc. annonçait en 2010 une nouvelle famille de bio-polymères à base de micro-algues susceptibles de réduire de 50% ou plus la part d'hydrocarbures dans le matériau. «we believe that algae will become one of the most important 'green' feedstocks in bioplastics as well as biofuels." Mr. Scheer. Accords avec des société productrices de déchets (CO_2, azote) et des polymeristes pour transformation biomasse en monomère.**

1 Cereplast's Breakthrough Algae-Based Plastics to be Launched by Year-end SpecialChem - May 17, 2010

Liste de sociétés dans le domaine des algues

Company	Products	Company	Products
Acroyali Holdings Qingdao Co. Ltd., China	agar	Ina Food Industry Co. Ltd., Japan	agar, carrageenan
Agar del Pacifico S.A., Chile	agar	Indonesian Seaweed Industry Association (APBIRI), Indonesia	agar
Agarmex S.A., Mexico	agar	Industria Pesquera Costa Azul, Chile	biomass (*Gelidium*)
Algas de Asturias S.A., Spain	agar	Industrias Roko S.A., Spain	agar
Algas Marinas S.A., Chile	agar	Ingredients Solutions Inc., USA	carrageenan
Algas Vallenar S.A., Chile	biomass (*Gracilaria*, brown macroalgae)	Innovalg, France	biomass (*Odontella*)
		ISP Alginates Ltd., United Kingdom	alginates
Algas, Cultivos, Exportaciones - Acex S.A., Chile	biomass (*Gracilaria*)	Jiangsu Cibainian Nutrition Food Co. Ltd., China	biomass (*Chlorella*, *Spirulina*)
Algatech, Israel	astaxanthin, microalgae-derived products	Jiangsu High Hope Int'l Group Tong Yuan Imp. & Exp. Co. Ltd., China	agar
Algisa, Compania Industrial de Alginatos S.A., Chile	alginates	Jiangxi Boyuan Spirulina Co. Ltd., China	biomass (*Chlorella*, *Spirulina*)
Alimentos Multiexport S.A., Chile	biomass (*Gracilaria*, brown macroalgae)	K. Tanaka Corp., Japan	agar
		Kimica Corporation, Japan	alginates
Alsheriff Trading, Singapore	agar	Kingland Seaweed Fertilizer Co. Ltd., China	macroalgae extract fertilizers
Bali Seaweed Company, Indonesia	agriculture products		
Billmont 169 A T/A Art Cosmetics & Art Marketing, South Africa	macroalgae based skin treatment cosmetics	Klötze, Germany	biomass (*Chlorella*)
		Kompak Indopola, Indonesia	biomass (microalgae), microalga extracts
Bintang Mas Sportindo CV, Indonesia	biomass (*Gracilaria*, *Eucheuma*)		
Bluebio Bio-Pharmaceutical Co. Ltd., China	biomass (*Chlorella*, *Spirulina*)	Lianyungang Saknox Seaweed Industrial Co. Ltd., China	alginates
Ceamsa, Spain	carrageenan	LVMH group, France	cosmetics
China Ocean University Organism Project Development Co. Ltd., China	macroalgae extracts	Lyg Seaweed Ind., China	alginates, mannitol, iodine
		Marcel Carrageenan Corporation, Philippines	carrageenan
China Seaweed Industrial Association, China	alginates	Marine Science Co. Ltd., Japan	carrageenan
		Marokagar S.A., Morocco	agar
Chocosuc Partner S. R. O., Slovakia	agar	Martek Biosciences Corporation, USA	fatty acids
Coast Biologicals Ltd., New Zealand	agar	Matsuki Agar-Agar Industrial Co. Ltd., Japan	agar
Cobra Chile S.A., Chile	agar		
Codif Recherche & Nature, France	cosmetics	Maxdragon BioChem Ltd., China	agar

Version partielle tirée de Algal Transgenics and Biotechnology A. Hallmann, *Transgenic Plant Journal 1(1), 81-98 ©2007 Global Science Books*

Liste de sociétés dans le domaine des algues

Cognis Nutrition and Health, Australia	β-carotene
Comercial Cisandina Chile Ltd., Chile	biomass (brown macroalgae)
CP Kelco ApS, Denmark	carrageenan
Cyanotech, USA	biomass (*Spirulina*), microalgae extracts
Dainippon Ink and Chemicals, Japan	pigments
Danisco Cultor, Denmark	carrageenan
Degussa Texturant Systems, Germany	alginates, carrageenan
Earthrise Nutritionals, USA	biomass (*Spirulina*), microalgae extracts
Exsymol S.A.M., Monacco	cosmetics
Far East Bio-Tec Co. Ltd., Taiwan	biomass (*Chlorella*, *Spirulina*), microalgae extracts, health care products, cosmetics
Far East Microalgae Ind Co., Ltd., Taiwan	biomass (*Chlorella*, *Spirulina*)
FMC Biopolymer, USA	alginates, carrageenan
Fortune Life Enterprise Co. Ltd., Taiwan	biomass (macroalgae)
Fuji Chemical Industry Co. Ltd., Japan	alginates
Fuqing King Dnarmsa Spirulina Co. Ltd., China	biomass (*Spirulina*)
Fuzhou Haifu Seaweed Developing Co. Ltd., China	agar, agarose
Gelymar S.A., Chile	carrageenan
Glory Karya Anugerah, Indonesia	biomass (macroalgae)
Guangdong Provincial Foods Enterprises Co., China	agar, carrageenan
Hainan Simai Pharmacy Co. Ltd., China	biomass (Spirulina), microalgae extracts
Mera Pharmaceuticals, USA	astaxanthin
MicroGaia, USA	astaxanthin
Midesa S.A.C., Chile	biomass (*Gelidium*, *Gracilaria*)
Mingfu Fujian Agar Co. Ltd., China	agar
Myeong Shin Chemical Ind. Co. Ltd., Korea	agar, carrageenan
Nanjing General Spirulina Developing Corporation, China	biomass (*Spirulina*)
Nantong Ding-bu-er Seaweed Food Co. Ltd., China	biomass (macroalgae)
Nantong Haida Aquatic Food Co. Ltd., China	biomass (macroalgae)
Nantong Xinshi Corporation, China	biomass (macroalgae)
Nature Beta Technologies, Israel	β-carotene
Necton Sa, Portugal	biomass (microalgae)
Nikken Sohonsha Corporation, Japan	microalgae products
Nutrinova, Germany	fatty acids
Ocean Nutrition, Canada	biomass (*Chlorella*), microalgae extracts
P.T. Agarindo Bogatama, Indonesia	agar
P.T. Asia Sumber Laut Indonesia, Indonesia	carrageenan
P.T. Gumindo Perkasa Industri, Indonesia	carrageenan
Payam Bazar, Iran	astaxanthin (microalgae)
Penglai Dengzhou Seaweed Co. Ltd., China	alginates, mannitol, iodine
Pentapharm, Switzerland	cosmetics
Phycotransgenics, USA	transgenic microalgae (*Chlamydomonas*)
Prodoctora de Agar S.A., Chile	agar
PT. Agarindo Bogatama, Indonesia	agar
PT. Java Seaweed, Indonesia	biomass (macroalgae)

Algal Transgenics and Biotechnology A. Hallmann, *Transgenic Plant Journal 1(1), 81-98 ©2007 Global Science Books*

Conclusions

- **Marchés existants: Alimentation humaine et animale; pharmacie, nutraceutique, cosmétique et thalassothérapie**
- **Marché émergents: traitement eaux et CO_2, biocarburants, chimie (biofibres et molécules de base) et fertilisants. Le JRC recommande de profiter des technologies développées pour l'énergie sur les autres marchés, d'explorer le traitement des eaux, secteur très organisé et règlementé, qui peut structurer une activité (de plus les réglementations fortes protègent les acteurs européens qui y sont déjà habitués), de favoriser les microalgues qui utiliseraient el CO_2 de process, et de profiter des relations historiques avec l'Afrique du Nord;**

- **Chiffres marchés variables selon les sources (et précision sur matière sèche/humide pas toujours indiquée);**

- **Producteurs nombreux en Asie (réglementation), Australie et USA. Mouvement des européens ces dernières années par acquisitions. L'EU dispose d'atouts pour les marchés Food & Feed (excellence en recherche et marché agroalimentaire bien structuré). Les producteurs demandent plus d'aide et de souplesse dans les dossiers d'autorisation administrative et plus de liens avec la recherche;**

- **En France:**
  - **petits producteurs (les spiruliniers par ex. mais secteur alimentation) ou ETI (Roquette, secteur alimentation);**
  - **Des acteurs spécialisés: Soliance, Codif, LVMH, D Jouvance (cosmétique);**
  - **pas de production pour l'énergie (Fermentalg ou Sofiproteol (EIMA) impliquées dans des projets mais ne produisent pas, Algosource fait de l'ingénierie).**

Biomasse microalgale pour l’énergie

Partie C: Eléments de marché.

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

C.2 Positionnement du marché des biocarburants de 3e génération

Parte C: Eléments de marché

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

C.2 Positionnement du marché des biocarburants de 3e génération

C.2.1 Benchmark international par Tech2Market

Tech2Market

Rapport final d'analyse

Etude de positionnement du marché des agro carburants de 3ème génération : état actuel et tendances

«Production de carburant issu de micro-algues»



Benoit Rivollet **Blaise Cavalli**
David Afriat **Tatiana Dantheny**

06 mars 2015

I. Rappel du contexte

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques pour la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

Rappel du contexte et des objectifs de la mission

> FIST SA, société de transfert et de commercialisation de technologies innovantes du CNRS, souhaite faire réaliser une mission d'étude du marché des biocarburants de 3ème génération à partir de micro-algues, pour mieux appréhender les besoins et attentes des acteurs et définir le positionnement stratégique à adopter pour les acteurs français.

> Cette étude s'inscrit dans le cadre des activités de l'Alliance-Énergie, et du Consortium de Valorisation Thématique (CVT) dont le Comité de Coordination mène actuellement une réflexion stratégique sur le positionnement de la France dans le domaine des carburants de 3ème génération issus de la biomasse algale.

> La mission doit répondre à quatre objectifs clefs :

1. Obtenir une vision large et précise sur les initiatives menées à l'échelle internationale dans le domaine des biocarburants de 3ème génération ;
2. Identifier les barrières technologiques à lever ;
3. Analyser et formaliser les besoins et attentes des professionnels ;
4. Apporter des recommandations sur le positionnement à adopter.

> Les moyens mis en œuvre pour la bonne réalisation de la mission ont porté sur :

- La tenue d'une réunion de travail et d'échanges avec le comité de pilotage le 26/11/2014, le 12/01/2014 et le 27/01/2014 (groupe de travail CVT ANCRE) ;
- Une exploitation documentaire approfondie sur la base des documents fournis par FIST et le CNRS ;
- La préparation et la validation des outils de consultations validés par FIST :
  - L'élaboration d'un guide de consultation en français et en anglais :
  - L'identification de 4 pays cibles d'intérêt et ses acteurs associés :
    - Etats-Unis
    - Japon
    - Allemagne
    - Australie
- La **réalisation de 22 consultations** auprès de professionnels étrangers, académiques et industriels
- La **réalisation de synthèses des entretiens menés** dans le cadre du suivi d'avancement des travaux
- La réalisation d'un rapport d'analyse intermédiaire, d'une présentation au groupe de travail du CVT ANCRE et d'un rapport final d'analyse

Liste des 22 acteurs interrogés

Pays	Structure	Nom	Fonction
Japon	**Euglena**	Tomohiro Wakahara	Chef de projet
Japon	**Neo Morgan Laboratory**	Tamana Ogawa	Scientifique
Japon	**NEDO**	Jun Minagawa	Responsable de laboratoire
Etats-Unis	**Stanford University**	Arthur Grossman	Chercheur au département de biologie
Etats-Unis	**NREL**	Philipp Pienkos	Manager principal des Bioprocessus en R&D
Etats-Unis	**Los Alamos National Laboratory**	Jose Olivares	Chef de département
Etats-Unis	**Solazyme**	Scott Franklin	Vice Président recherche
Etats-Unis	**Department of Energy**	Colleen Ruddick	Assistante de manager sur le « Algae Program »
Etats-Unis	**Algenol**	Paul Woods	CEO
Etats-Unis	**Joule**	Tom Jensen	Vice Président Executif
Etats-Unis	**Colorado Center for Biorefinering and Biofuel**	Ken Reardon	Chercheur
Etats-Unis & Australie	**Aurora Algae**	Bertrand Vick	Directeur scientifique
Australie	**Murdoch University**	Navid Moheimani	Directeur R&D
Australie	**Muradel**	Andrew Milligan	Directeur du développement commercial
Australie	**Melbourne University**	Gregory Martin	Chercheur
Australie	**Queensland University**	Evan Stephens	Responsable de laboratoire
Allemagne	**Forschungszentrum Jülich**	Dominik Behrendt	Coordinateur de projet
Allemagne	**E.ON**	Pascal Deus	Responsable des technologies
Allemagne	**Technische Universität München**	Johannes Lercher	Chercheur
Israël	**Seambiotic**	Ami Ben AMotz	Chercheur
Portugal	**A4F**	Vitor Verdelho Vieira	Responsable Développement
Espagne	**Universidad de Almería**	Emilio Molina Grima	Responsable de laboratoire

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

> Cinq défis clefs :

1. L'apport en **nutriments**
2. L'apport en **eau** à l'échelle industrielle
3. La maximisation de la **productivité en biomasse**
4. La réduction des **coûts** de production
5. La mise à **l'échelle industrielle** de la production

> 3 facteurs d'influence pour la production :

1. La souche
2. Les conditions climatiques
3. Le système de production (le coût de production d'une algue peut varier de façon importante selon le système utilisé). Le système choisi peut aussi avoir une influence sur le taux de conversion de l'énergie solaire

> La culture des micro-algues représente un compromis entre un fort taux de croissance et une forte accumulation de lipides

Les ressources en eaux pour la culture des micro-algues

L'eau douce

- Les eaux usées peuvent être utilisées pour la culture de micro-algues qui pourraient les décontaminer
- L'eau douce semble être de moins en moins envisagée par les industriels et les chercheurs de par son aspect rare et précieux

L'eau salée

- L'eau salée est plus abondante mais cela oblige à cultiver généralement les micro-algues proches des côtes
- Cette ressource semble être **de plus en plus envisagée** par les industriels

Retour sur le système de production : Bassins ouverts ou Photobioréacteurs

> Actuellement, **aucun des deux systèmes ne semble être plus prisé qu'un autre**. Il semblerait que lorsque l'on s'intéresse au produit fini obtenu, le coût des deux systèmes soit assez proche.

Bassins ouverts

- Investissement en capital modéré
- Volume de culture

- Productivité limitée
- Faible pénétration des rayons du soleil
- Evaporation de l'eau
- Risque de contamination
- Importance de l'apport en CO_2

Photobioréacteurs

- Productivité contrôlable et bonne
- Diminution du risque de contamination
- Consommation d'eau plus faible qu'en bassin
- Densité atteignable plus importante qu'en bassin

- Echange de gaz limité
- Investissement en capital important
- Coût opérationnel important
- Défis de conception importants

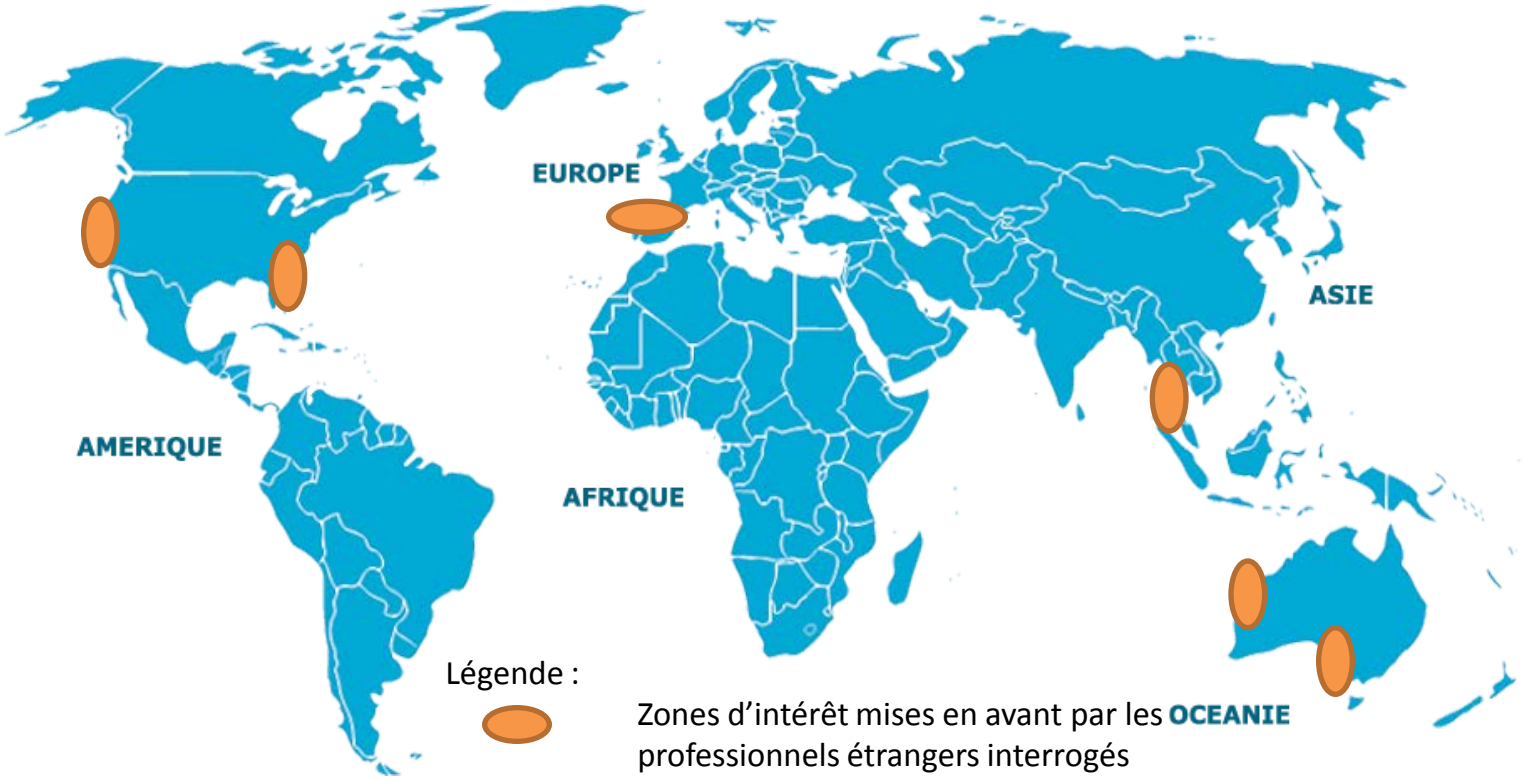
Le choix de la zone géographique

> L'énergie solaire est l'une des principales sources nutritives des algues et le taux de conversion de l'énergie solaire est très faible et en partie dépendant du système de culture.

> Pour optimiser la productivité des algues, il est essentiel de choisir des zones au climat chaud et ensoleillé

> Il semble que **l'Asie soit trop humide** pour être attractive même si certains chercheurs japonais cherchent par exemple en Thaïlande un lieu pour y implanter un site pilote.

> Ainsi les **zones d'intérêt sont limitées** dans le monde



Les souches d'algues

Espèces principalement étudiées	• **Japon** : ***Botryococcus braunii*** (eau douce) est très étudiée malgré des conditions de cultures qui semblent assez difficiles et qui sont souvent surmontées par des modifications génétiques • Algues utilisées pour produire en parallèle des produits à **forte valeur ajoutée** : ***Chlorella*** (eaux douce et salée), ***Dunalialla*** *(eau salée),* ***Scenedesmus*** (eau salée) • ***Nannochloropsis*** et ***Teraselmis*** (eau salée) semblent montrer un certain intérêt • Les **cyanobactéries** (eau salée) sont étudiées par plusieurs industriels américains
Modifications génétiques	• Les modifications génétiques sont nécessaires et de nombreux groupes de recherche travaillent sur cette problématique • Cela permet d'augmenter entre autres la productivité de la biomasse
Polyculture	• **La polyculture semble être une solution intéressante** mais n'est actuellement pas assez robuste pour être transférée au secteur industriel • Cela demande de maîtriser de nombreux paramètres propres à chaque souche d'algue

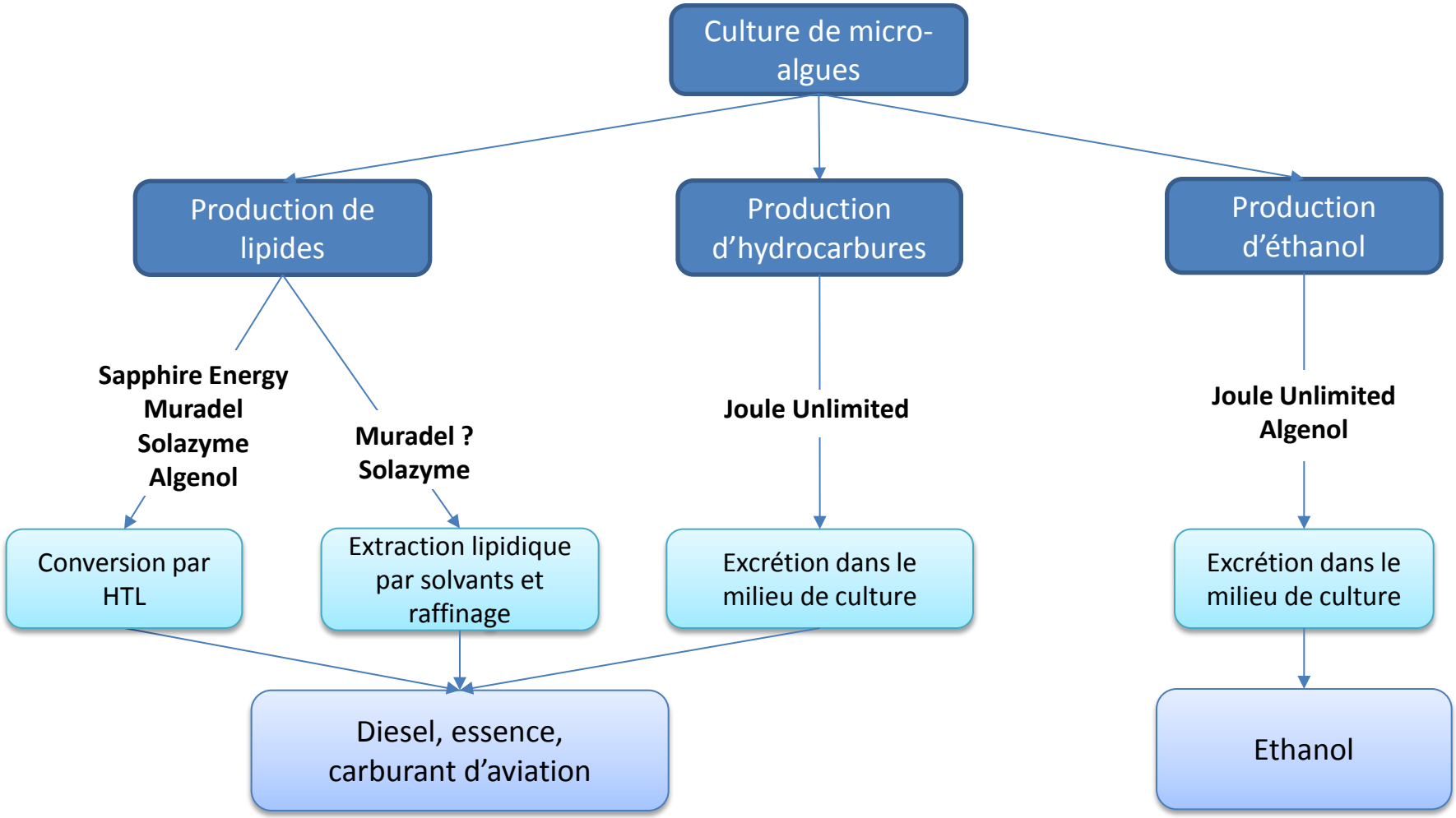
Techniques

- Plusieurs techniques sont actuellement à l'étude et le choix dépend souvent de la souche d'algue utilisée
- La **combinaison de plusieurs techniques de récolte semble prometteuse** (microflottaison + centrifugation ou flocculation + sédimentation + centrifugation)

Coûts

- **L'étape de la récolte représente 20 à 30 % des coûts totaux de production**
- Le séchage est un processus très coûteux et des recherches sont faites pour développer de nouvelles techniques de transformations applicables sur des algues mouillées

Plusieurs voies explorées pour la production de biocarburants à partir de micro-algues



Quelle définition pour les biocarburants de 3ème génération ?

> La définition de biocarburant de 3ème génération ne fait pas toujours consensus :

- Est-elle définie par **l'organisme vivant** utilisé pour la production de la matière première utilisée : les micro-algues ?
- Est-elle définie par le **procédé de production** qui doit se différencier de la fermentation ?
- Est-elle définie par la **matière première** utilisée : les lipides ?
- Est-elle définie par la **source d'énergie** utilisée pour la culture (solaire ou glucide) ?
- Est-ce que **l'excrétion d'hydrocarbures** produits par des micro-algues dans un milieu de culture se définit comme de la 3ème génération ?

> **Tous les acteurs interrogés ne sont pas unanimes sur la définition de biocarburant de 3ème génération** mais tous utilisent comme organisme vivant les micro-algues.

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

Des ambitions différentes selon les pays

> **Les Etats-Unis semblent très ambitieux** dans leurs objectifs de coûts de production et de commercialisation (dans les 2 prochaines années pour les plus ambitieux). **A contrario, les allemands sont plus mesurés** et considèrent qu'il faudra encore attendre au moins 10 ans avant que les biocarburants de 3ème génération soient exploités à grande échelle.

> **Quant aux japonais, ces derniers se montrent prudents** tout en affichant des objectifs assez ambitieux concernant la réduction de l'émission des gaz à effets de serre. Ils estiment cependant une commercialisation à grande échelle pour dans 5 ans.

> **Les australiens** sont de leur côté très ambitieux et **affichent des objectifs qui semblent difficilement atteignables** principalement en termes de volumes.

Coûts de production affichés à CT - MT

- Aux Etats-Unis, les **coûts de production annoncés sont très faibles mais actuellement non vérifiables**
  - Coût du litre de biodiesel : Etats-Unis $2, Australie $8-10, Portugal 5€
  - Coût du litre de bioéthanol : - $1 le litre de bioéthanol aux Etats-Unis
- **Le biocarburant n'est actuellement pas compétitif**
  - A titre de comparaison, le coût du litre de pétrole est actuellement autour de $0,38

Coûts de production affichés à LT

- **Les perspectives annoncées sont toujours ambitieuses** :
  - Etats-Unis : $0,80 le litre de biodiesel d'ici 2030 (objectif fixé par le DOE)
  - Idéal au niveau du monde : $100 le baril soit $0,63 le litre

Un engouement mondial revu à la baisse

> De manière générale, **l'engouement** qu'a pu susciter les micro-algues il y a quelques années **commence à fléchir** :
>
> - Plusieurs entreprises ont abandonné leurs projets ou se recentrent sur des produits à plus haute valeur ajoutée (produits alimentaires, fertilisants, …)

L'abandon de projets de recherche par les industriels

- En **Israël**, suite à la baisse du prix du pétrole, **les entreprises spécialisées** dans la culture de micro-algues telles que Symbiotic ou Univerve **ont abandonné leurs projets** concernant le développement de biocarburant pour se consacrer à la commercialisation de produits à plus haute valeur ajoutée
- Il semblerait que ce soit également le cas en **Allemagne** avec l'entreprise E.ON par exemple concernant des projets individuels de la part des industriels. Cependant **l'intérêt reste présent** comme on peut le voir avec le **projet Aufwind** qui regroupe 12 partenaires industriels et laboratoires académiques pour le développement d'un biocarburant de 3ème génération pour l'aviation
- **En Australie, Aurora Algae s'est détournée récemment des biocarburants** et développe maintenant des produits à plus forte valeur ajoutée
- De même, **plusieurs industriels américains ont abandonné leurs projets** comme Exxon Mobil ou Chevron. Le projet Oméga soutenu par la NASA a également été abandonné
- De **nombreuses années de recherche** sont encore nécessaires avant de pouvoir commercialiser un produit à l'échelle industrielle. De plus, ces dernières années **le prix du baril de pétrole a beaucoup diminué**. Ces deux facteurs ont conduit les entreprises à **revoir leur stratégies.**

Positionnement des pouvoirs publics : les biocarburants, une alternative aux énergies fossiles

> Les pouvoirs publics ont de manière générale **une volonté de réduire l'utilisation des énergies fossiles** d'un point de vue mondial ou continental mais aucune loi n'a été votée spécifiquement pour obliger ou inciter les utilisateurs à utiliser des énergies renouvelables.

- Les « green projects » ont le vent en poupe
- Etats-Unis : projets de lois pour diminuer l'utilisation des énergies fossiles
- Europe : accords de Grenelle pour promouvoir l'utilisation des biocarburants
- Japon : projet de réduire sa dépendance aux énergies fossiles de 80% d'ici 2030

- Australie : suppression de la taxe carbone, abandon d'un projet de loi exonérant d'impôt les entreprises du domaine des biocarburants prévu jusqu'à 2021, souhait de taxer les biocarburants
- Aucune loi n'a encore été publiée

Des dispositifs de soutien au développement de projets mis en place dans les pays cibles en déclin

> Les financements publics sont revus à la baisse. Après un engouement général observé ces dernières années, on observe une **diminution des fonds alloués** par les différents gouvernements pour ces projets de recherche qui sont encore à plusieurs années de l'industrialisation (5-15 ans selon les sources) :
>
> - C'est le cas d'ARENA (Australian Renewable Energy Agency) en Australie qui a annoncé diminuer le budget alloué aux projets des biocarburants ou du DOE qui diminue régulièrement les fonds alloués aux biocarburants issus de micro-algues.

Etats-Unis Australie : des appels à projets dédiés aux biocarburants de 3ème génération	• Des appels à projets dédiés aux projets relatifs à la production de biocarburants à partir de micro-algues • **Etats-Unis** : le DOE engage chaque année quelques millions de dollars et incite aux partenariats (80 millions en 2010, 25 millions en 2014) . Le DOE organise régulièrement des workshops pour permettre aux acteurs d'échanger sur ce sujet • **Australie** : l'ARENA (Australian Renewable Energy Agency) finance plusieurs projets et il y a également quelques fonds régionaux
Allemagne Japon: Des appels à projets généraux pour les biocarburants	• Des appels à projets concernant les énergies renouvelables existent mais aucun ne semble propre à la production de biocarburants à partir de micro-algues

Exemples de projets majeurs développés

Pays	Projet/ Porteur du projet	Type d'acteur	Montant	Durée	Objectif
Etats-Unis	Algae Tec	Privé	$140 millions	NA	Cultiver des micro-algues à partir du rejet de CO_2 d'une centrale électrique à charbon
Etats-Unis	Oméga	Public	$11 millions	2 ans (2009-2011)	Produire du biocarburant à partir d'eaux usées dans des photobioréacteurs localisés dans les eaux côtières
Etats-Unis	NAABB	Consortium privé/public (40 organisations)	$68 millions	3 ans (2010-2013)	Faire avancer la recherche sur le production de biocarburant à partir de micro-algues
Etats-Unis	DOE	Public	$25 millions	NA	Appel à projets
Allemagne	Aufwind	Public	7,4 millions €	2,5 ans (2013-2015)	Faire un état de l'art de la production de biocarburant à partir d'algues à une échelle supérieure que celle du laboratoire
Grande-Bretagne	Biomara	Public (6 instituts)	6 millions €	3 ans (2009-2012)	Evaluer la faisabilité et la viabilité d'utiliser la biomasse marine pour produire des biocarburants
Canada	Algal Carbon Conversion Pilot Project	Privé / public	$19 millions	NA	Site pilote - Cultiver des micro-algues à partir de rejet de CO_2
Australie	Muradel	Spin-off (académie)	$20 millions	NA	Projet pilote
Australie	Universités de Murdoch et d'Adelaïde	Public	$3,3 millions	1 an (2010)	faisabilité de cultures de micro-algues en bassin ouvert à grande échelle
Australie	Programme ABIR	Public	$10 millions	NA	NA

Analyse des projets d'intérêt identifiés

- Aux Etats-Unis, il y a de **nombreux consortiums** et projets **financés par le gouvernement**
- Les **budgets alloués aux Etats-Unis sont plus importants** que dans les autres pays avec plusieurs dizaines de millions d'euros
- La plupart des projets sont soutenus par les gouvernements
- De manière globale, les projets initiés ont une **durée courte** (entre 1 et 3 ans)
- Les projets sont encore à des **stades très amonts** avec des études de faisabilité et de viabilité
- **Peu de projets sont encore positionnés sur la mise à échelle industrielle**. On commence peu à peu à voir des projets qui doivent valider la faisabilité de cultiver des micro-algues à une échelle d'usine pilote.

Etats des lieux sur l'avancement autour de la production de biocarburant

La recherche fondamentale	• Plusieurs laboratoires académiques dans différentes régions du monde visent à apporter des réponses autour des problématiques telles que:
	  • les différentes **voies de métabolisation** des micro-algues
	  • leur réponse aux **différents environnements** de culture

La recherche appliquée	• **Plusieurs partenariats et consortiums** (privés, publics et privés/publics) ont été créés afin de développer de nouvelles techniques de production de biocarburant mais également pour réaliser des analyses économiques

La mise à échelle industrielle	• Actuellement **seuls des sites pilotes** ont été déployés par des industriels **américains et australiens** mais aucun démonstrateur industriel n'est en activité :
	  • Les plus grands sites font **300-400 hectares**
	  • De nombreux travaux d'optimisation pour **réduire les coûts de production** sont encore nécessaires pour envisager l'industrialisation
	• Chaque industriel travaille avec des souches d'algues, des techniques de production de biocarburants différentes et ont des produits finis différents
	• Il est ainsi difficile d'estimer les rendements des cultures

Développement des sites pilotes à l'international

Etat actuel des développements

- Hormis aux Etats-Unis, peu d'entreprises ont encore des projets de recherche sur cette thématique
- Des sites pilotes ont été développés en Australie et aux Etats-Unis
- Les allemands se montrent prudents et restent au niveau des projets de recherche

Pays	Entreprise	Stade d'avancement	Capacité de production annoncée	Taille du site	Produit primaire
Etats-Unis	Sapphire	Site pilote	3 780 000 litres/an	121 hectares	Hydrocarbures renouvelables
Etats-Unis	Solazyme	Site pilote	1 134 000 litres/an	NA	Hydrocarbures renouvelables
Etats-Unis	Algenol	Site pilote	378 000 litres/an	NA	Bioéthanol
Etats-Unis	Joule Unlimited	Site pilote	7 900 000 litres/an	400 hectares	Bioéthanol et biodiesel
Autralie	Muradel	Site pilote	30 000 litres/an	0,4 hectares	Pétrole brut

> Il n'a pas été identifié à ce jour de réels démonstrateurs industriels à l'étranger

> Euglena au Japon projette également la mise en place d'une usine pilote prochainement.

> En Europe, plusieurs projets sont en cours dont le projet Aufwind en Allemagne ou InteSusAl au Portugal

L'attrait des partenariats sur la scène internationale

Typologie d'acteurs	• **Laboratoires de recherche nationaux** (LANL, NREL) • **Universités** (Université Tsukuba, Université de Californie, Université d'Adelaïde) • Industries spécialisées dans les **énergies** (Sapphire Energy, Joule) • Industries spécialisées dans la **culture de micro-algues** (Solazyme, Euglena)
Typologie de partenariats	• **Nationaux** (Etats-Unis) et **internationaux** (Japon/Etats-Unis) • Entre **universités** et **laboratoires de recherche** nationaux (NREL et LANL) • Entre **entreprises** privées et publiques (NAABB) • Entre acteurs de **l'énergie** et acteur de la **production des micro-algues** (Chevron et Solazyme)
Objectif des partenariats	• **Accéder à des zones géographiques** dont le **climat** est propice à la culture des micro-algues • **Accéder à des infrastructures** inexistantes dans certains pays que ce soit de production ou de transformation (le Japon et l'Allemagne ont peu ou pas d'infrastructure) • Accéder à des **étendues géographiques suffisamment grandes** pour établir des sites pilotes • Accéder à des **sources d'émissions de CO_2**

Marchés d'application d'intérêt pour les biocarburants de 3ème génération à partir de micro-algues

L'aviation	• Aucune alternative n'existe actuellement à grande échelle industrielle (du biocarburant est déjà vendu à l'armée de l'air américaine par exemple) • Il y a de une forte demande de la part des industriels de l'aéronautique • Le point de vue des industriels est très homogène sur cette question et tous pensent qu'il y a des opportunités
Les industries locales	• En Australie, les projets sur la production de biocarburant visent également à fournir de l'énergie aux industries locales
L'automobile	• Il existe actuellement plusieurs alternatives et les industriels pensent que l'électricité est trop concurrentielle à l'heure actuelle • Le coût du baril de pétrole a baissé drastiquement ces dernières années et les biocarburants ne pourront jamais être compétitifs • Les constructeurs allemands se montrent assez enthousiastes • Au Japon un projet est en cours pour tester du biocarburant mélangé à du diesel sur des bus

L'intérêt des co-produits

> La tendance va à la **valorisation de co-produits pour amortir les coûts de production des biocarburants**.

Des avis contrastés	• Les avis sont mitigés sur la nécessité de valoriser des co-produits • La tendance générale semblerait tout de même être à la production de co-produits à haute valeur ajoutée (produits nutraceutiques, pharmaceutiques, engrais…) pour amortir les coûts de production du biocarburant • Plusieurs projets de recherche menés par des industriels vont dans ce sens
Les risques potentiels	• Les co-produits peuvent permettre de mieux rentabiliser le processus de production. En contrepartie, de par les quantités de micro-algues produites, les volumes de co-produits qui pourraient en résulter pourraient faire s'effondrer les marchés

Des entreprises centrées sur les énergies et bioénergies

- Produit principal : le biocarburant
- Co-produits : produits à haute valeur ajoutée (compléments alimentaires, produit pharmaceutiques)
- Neo Morgan (Japon), Joule (Etats-Unis)

Des entreprises centrées sur les micro-algues et les produits à forte VA

- Produit principal : produits à forte valeur ajoutée (alimentation, pharmaceutique, fertilisants…)
- Co-produit : biocarburant (source de diversification et de valorisation de « l'huile déchet » ne remplissant pas les contraintes liées aux produits alimentaires
- Euglena (Japon), Solazyme (Etats-Unis)

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

Le choix de la zone géographique est très important dans la mesure où cela aura un fort impact sur les capacités de production et de rendement

De nombreuses recherches restent à réaliser concernant le choix et l'optimisation des souches ainsi que sur l'optimisation des systèmes de production

Les techniques en cours ne sont toujours pas satisfaisantes d'un point de vue économique. De nombreuses études technico-économiques sont réalisées pour que le biocarburant produit puisse être vendu à un prix acceptable et compétitif. La baisse du coût du pétrole a découragé plusieurs entreprises qui ont abandonné leurs projets sur les miro-algues

Un temps d'accès au marché estimé très variable mais pas avant 5 ans

Les Américains semblent être les plus en avance même si leurs objectifs paraissent très ambitieux. En contrepartie, les Allemands sont davantage prudents

Les sites pilotes sont peu nombreux dans le monde. On en dénombre quelques-uns en Europe, aux USA et un en Australie. Le développement des premiers sites de démonstration à l'échelle industrielle pourrait démarrer d'ici 3 à 5 ans

Au vu des retours d'analyse sur le marché à l'international, les premiers biocarburants ne devraient pas être commercialisés avant 5 à 15 ans : ce serait plus rapide pour le bioéthanol et plus long pour le biodiesel

Un soutien des pouvoirs publics essentiel au maintien des projets

Les projets qui sont maintenus sont généralement soutenus financièrement par les gouvernements. Les autres projets ont pour la plupart été abandonnés.

Un des acteurs les plus actifs dans ce domaine, le gouvernement américain ne soutient plus les projets concernant la production de bioéthanol, ce qui a obligé des entreprises comme Algenol d'orienter sa recherche vers d'autres biocarburants.

Bien que les gouvernements financent de moins en moins les projets relatifs à la production de biocarburants à partir de micro-algues, plusieurs sources de financements existent : le DOE aux Etats-Unis, les appels à projet européens, les appels à projets gouvernementaux dans de nombreux pays relatifs aux énergies renouvelables

La recherche de partenariats : une étape incontournable

Les partenariats semblent incontournables (privés-publics, nationaux, internationaux…)

Les organisations américaines semblent être les plus sollicitées pour les partenariats que ce soit au niveau national ou international

Le DOE finance de nombreux projets et invite fortement les organisations à créer des partenariats

La dynamique du marché des biocarburants de 3ème génération à partir de micro-algues (1/2)

Plusieurs procédés d'obtention de biocarburants à partir de micro-algues sont étudiés

Différents modèles d'affaires sont également envisagés avec des co-produits différents

Différents marchés d'applications sont explorés et il semblerait que celui de l'aviation présente un intérêt certain pour de nombreux industriels à l'international

La dynamique du marché des biocarburants de 3ème génération à partir de micro-algues (2/2)

Il faudra attendre entre 5 et 15 ans avant que les biocarburants de 3ème génération soient commercialisés à grande échelle, à un prix acceptable et compétitif :

- Solazyme a récemment lancé une étude qui a montré que les californiens seraient prêts à payer plus cher leur essence si elle est renouvelable.

Il semblerait que le bioéthanol soit plus facile à produire dans un premier temps mais que le véritable intérêt réside dans la production de biodiesel et de carburant pour l'aviation

Certaines entreprises considèrent le biocarburant comme un coproduit. Cette production pourra être un complément de la production à grande échelle mais elle sera faible et ne permettra pas de répondre aux besoins des sociétés

> A court terme, le modèle d'affaires pour lequel le biocarburant est considéré comme un co-produit sera plus facile à mettre en place mais il sera moins compétitif à moyen et long termes

	Le biocarburant est le produit principal (pour les entreprises centrées sur les énergies)	**Le biocarburant est un co-produit** (pour les entreprises centrées sur les micro-algues)
Points forts	- La production de co-produits à haute valeur ajoutée permet de rentabiliser l'installation - Cela permet de produire de grande quantité et d'être compétitif sur le marché à MT/LT	- Cela permet de valoriser des déchets - Les industriels peuvent utiliser les installations déjà présentes - C'est une source de diversification
Points faibles	- Il est nécessaire de bâtir de nouvelles installation	- Les quantités produites sont limitées
Problématiques	- La mise à l'échelle industrielle est difficile - Le temps d'accès au marché sera plus long	- À MT/LT il sera difficile de concurrencer les industriels qui produiront de grandes quantités

Recommandations à court terme

Problématiques et enjeux clés

- De nombreuses problématiques restent à résoudre : augmentation de la productivité de la biomasse, amélioration génétique des souches, amélioration globale des procédés de production

- Les partenariats semblent nécessaires
- La diminution des coûts de production est un enjeu majeur

Court terme (d'ici 2018-2020)

Actions à mettre en oeuvre

- Intégrer les co-produits dans les programmes de recherche
- Se positionner sur le biodiesel et le biocarburant pour l'aviation

- Aider à structurer une première filière industrielle qui serait une étape intermédiaire et permettrait de limiter le risque quant au passage de la R&D vers la production à grande échelle
- Se rapprocher d'organisations américaines telles que le DOE, NREL, Los Alamos National Laboratory pour créer des partenariats et évaluer l'effectivité des avancées techniques américaines
- Participer à la création de consortiums public/privé sur des grandes expérimentations

Légende

Aspects économiques

Aspects techniques

Recommandations à moyen-long terme

Problématiques et enjeux clés

- Le passage à la pré-industrialisation et à la production à l'échelle industrielle reste une problématique majeure
- La diminution des coûts de production continuera à constituer un enjeu important

Moyen/long terme (d'ici 2020-2025)

Actions à mettre en oeuvre

- Développer des protocoles pour la polyculture (partenariats à construire sur la complémentarité des connaissances concernant les différentes souches utilisés par les différents acteurs dans le monde)

- Développer des sites à l'échelle industrielle pour la production à grande échelle
- Etablir des partenariats avec des acteurs privés générateurs de CO2 par exemple

Légende

Aspects économiques

Aspects techniques

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

- **I. Etats-Unis**
- II. Japon
- III. Allemagne
- IV. Australie
- V. Autres pays et projets d'intérêts

Etats-Unis - Des projets de recherche depuis près de 40 ans

> La production de biocarburant à partir de micro-algues est un enjeu important aux Etats-Unis.

> Le projet **Aquatic Species Program**, qui s'est tenu entre **1978 et 1996** et a été initié par le DOE (Département de l'Energie), a permis de démontrer la **faisabilité** de produire du biocarburant à partir de micro-algues. **En 20 ans, $25 millions** ont été dédiés à ce projet. Plusieurs laboratoires ont participé à ce projet comme l'université d'Hawaï ou le NREL (National Renewable Energy Laboratory)

> Depuis ce projet, **plusieurs autres programmes** ont vu le jour aux Etats-Unis et de nombreux laboratoires de recherches et d'entreprises s'orientent sur cette thématique :

Laboratoires de recherche nationaux	Universités	Industries spécialisées dans les énergies	Industries spécialisées dans la culture d'algues
• Los Alamos National Laboratory • NREL	• Arizona • Californie • Berkeley	• Sapphire Energy • Exxon Mobil • Shell • Chevron	• Solazyme • Algenol • Cellana • Algae Systems

> Le Département de l'Energie (DOE) américain a également organisé récemment des workshops avec de nombreux chercheurs et industriels afin de définir les points clés et les objectifs pour les années à venir.

Etats-Unis - Des projets soutenus par le gouvernement

> Les Etats-Unis ont des normes très contraignantes et **cherchent à pouvoir utiliser plus de biocarburants.** L'éthanol de 2ème génération est notamment un objectif important aux Etats-Unis.

> En septembre 2014, le **DOE** a annoncé qu'un **budget de $25 millions** était prévu pour soutenir la recherche propre à la production de biocarburant à partir de micro-algues. Ce budget vise à répondre à deux enjeux clefs :

- La première partie du budget (et la plus importante) sera dédiée aux personnes pouvant **produire des co-produits** de haute valeur ajoutée en plus du biocarburant
- La seconde partie du budget sera versée à des organisations arrivant à **augmenter la productivité de la biomasse** en sus des capacités naturelles des algues (ce qui permettra d'augmenter les rendements de production)

> Régulièrement des fonds sont alloués à la recherche principalement par le DOE. **En 2010, le DOE avait déjà alloué $80 millions** pour la recherche concernant la production de biocarburants à partir de micro-algues.

http://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-25-million-reduce-costs-algal-biocarburants
http://www.cnet.com/news/doe-shows-interest-in-algae-fuels/

Etats-Unis - Des ambitions élevées

> En 2007, le « Energy Independence and Security Act » a été voté et spécifie que 36 milliards de gallons doivent provenir de biocarburant dont 21 d'une source autre que l'amidon de maïs.

> Le **DOE** s'est fixé comme objectif de produire du biocarburant à partir d'algues pour moins de **$5 le gallon d'ici 2019** et de descendre sous la barre des **$3 par gallon pour 2030**. Cet objectif est toujours d'actualité.

> Le **DARPA** (Defence advanced Research Project Agency) annonçait en 2010 qu'il projetait d'atteindre les **$2 par gallon** pour être compétitif avec le carburant actuellement sur le marché.

> Quant à l'entreprise **Algenol**, elle estime pouvoir produire du biocarburant pour **$1,27 le gallon** courant 2015. Cependant ces estimations semblent être ambitieuses.

> Les américains sont donc très ambitieux sur cette thématique

http://energy.gov/eere/articles/energy-department-announces-25-million-reduce-costs-algal-biofuels
http://www.theguardian.com/environment/2010/feb/13/algae-solve-pentagon-fuel-problem

Etats-Unis - De nombreuses collaborations et partenariats

> Il existe de **nombreux consortiums** qui se sont créés comme celui du **NAABB ou du BETO** (qui sont présentés dans les pages suivantes) et qui regroupent des organisations à la fois privées et publiques.

> De nombreuses **entreprises pétrolières** comme Exxon Mobil, Chevron ou Shell ont **investi** dans des entreprises (Synthetic Genomic, Solazyme, Cellana) pour **participer à l'avancée de la recherche** sur la production de biocarburants à partir de micro-algues.

> Malgré ces efforts, il reste encore **de « nombreux obstacles techniques et économiques »** en lien avec l'objectif de réduire les coûts de production afin d'être compétitif avec les énergies actuelles. **Exxon Mobil** a pu le constater et a temporairement **mis fin à sa collaboration avec Synthetic Genomic**. Jim Flatt, CTO de Synthetic Genomic a évoqué la raison suivante : "De simples modifications des algues naturelles ne permet pas de fournir un niveau de performance suffisant pour que nous puissons espérer que ce sera une solution commerciale viable."

Acteurs clés	Projets/consortiums clés
Los Alamos NATIONAL LABORATORY ALGENOL BIOFUELS *Harnessing the sun to fuel the world®* solazyme	- Oméga - Bioenergy Technologies Office's (BETO's) Algae Program - NAABB (National Alliance for Advanced biocarburants and Bioproducts)

Financeurs

NASA
Commission d'Energie de Californie

Budget
$11 millions

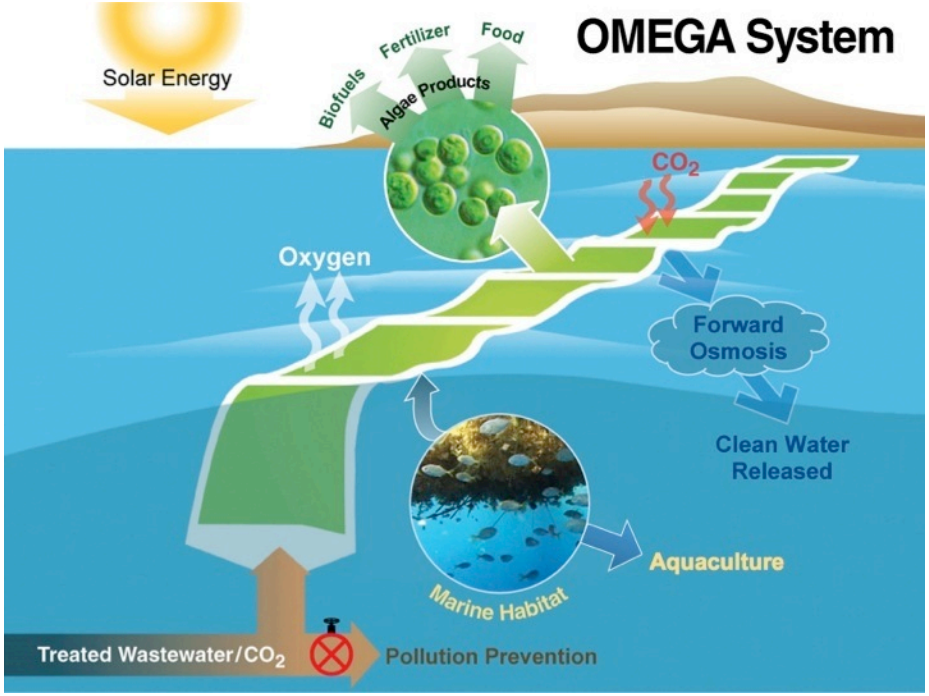
Durée
2 ans (2009-2012)

Objectif
Evaluer la faisabilité du projet
(Produire du biocarburant à partir d'eaux usées dans des photobioréacteurs localisés dans les eaux côtières)

> Les Etats-Unis ont prévu d'utiliser **80 milliards de litres de carburant par an.** Si on considère qu'il s'agit de biocarburant provenant de micro-algues, cela signifie que la surface de culture nécessaire à cette production est de **4,2 millions d'hectares soit 2 fois la superficie de l'Ecosse**.

> Suite à cela, le scientifique Jonathan Trent a eu l'idée de créer des sites de production près des côtes et a développé **le projet OMEGA (Offshore Membrane Enclosures for Growing Algae)**.

> Le projet a été abandonné



http://www.nasa.gov/centers/ames/research/OMEGA/#.VKqtyHuoOdM
http://sydney.edu.au/sydney_ideas/lectures/2014/jonathan_trent.shtml

Etats-Unis - L'exemple du Bioenergy Technologies Office (BETO) Algae Program

Financeurs
DOE

Budget
NA

Objectif
Augmenter les rendements et diminuer les coûts afin de produire du carburant à un prix commercialement concurrentiel ($3 le gallon d'ici 2022)

Partenaires
Algenol biocarburants, BioProcess Algae, Sapphire Energy, Solazyme

Durée
Plusieurs années

> Le développement de **bioraffineries intégrées** a été identifié comme étant un point crucial

> La R&D concernant la production d'algues se focalise sur **l'exploration des ressources** utilisées et disponibles, sur le développement de la **biomasses algale** et son amélioration, sur la **caractérisation des composants** de la biomasse algale et sur l'écologie et l'ingénierie des **systèmes de culture**.

Entreprise	Stade d'avancement	Capacité de production	Produit primaire
Sapphire	usine pilote	1 000 000 gallons/an	hydrocarbures renouvelables
Solazyme	usine pilote	300 000 gallons/an	hydrocarbures renouvelables
Algenol	usine pilote	100 000 gallons/an	éthanol

Etats-Unis - L'exemple du NAABB (National Alliance for Advanced biocarburants and Bioproducts)

Financeurs
DOE

Partenaires
40 industriels, universités et laboratoires nationaux

Budget
$68 millions
($48 millions de fonds publics et $19 millions de fonds privés)

Durée
3 ans (2010-2013)

Objectif
Faire avancer la recherche sur le production de biocarburants à partir de micro-algues

> En 3 ans le NAABB a développé des technologies permettant de **diminuer le coût de production du biocarburant de $240 à $7,5 par gallon** (correspondant à $315 le baril ou $28,35 le litre).

> Les innovations ont principalement portées sur 4 niveaux :

1. Développement de nouvelles souches
2. Amélioration des techniques de culture
3. Développement de technologies basses énergies pour la récolte
4. Développement de technologies permettant une extraction-transformation à fort rendement

http://www.algalbbb.com/profile-naabb.html

Etats-Unis - Acteur clef - Le Laboratoire National de Los Alamos (LANL)

> Le LANL s'est spécialisé dans la **production de biocarburants et majoritairement à partir de micro-algues**. Les équipes travaillent sur différentes problématiques :
  - la sélection de souches par modifications génétiques
  - la diminution du coût de récolte des algues
  - l'amélioration des techniques d'extraction

> Le laboratoire fait partie de plusieurs consortiums et travaille en partenariat avec un grand nombre d'industriels aux Etats-Unis et dans le monde entre autre de part son **rôle important dans le NAABB**.

> Le LANL travaille également avec le **laboratoire de Savannah qui a mis en place des usines pilotes** et des **bassins** pour la culture des micro-algues. Cependant, de nombreuses recherches sont encore nécessaires avant d'atteindre un stade industriel.

> **Le biocarburant est actuellement produit à un coût de $7,5 par gallon** mais les équipes travaillent à diminuer ce coût de production qui n'est pas compétitif avec les sources d'énergies actuelles.

ALGENOL BIOFUELS
Harnessing the sun to fuel the world®

> Après **29 ans de recherche et un budget de $200 millions**, Paul Woods, CEO d'Algenol, prévoit un **déploiement de grande envergure en 2015** pour la commercialisation de biocarburant (carburant d'aviation, diesel, essence, éthanol). Paul Woods est ambitieux et les communications qui sont faites concernent la commercialisation de biocarburant courant de l'année 2015, à **$1,27 le gallon** et à raison de **8000 gallons par acre par an** (800 gallons de carburant pour l'aviation, 380 gallons d'essence et le reste sera de l'éthanol) soit environ 75 000 litres par hectare. Il faut garder à l'esprit que la culture est réalisée en photobioréacteurs.

> Ces estimations peuvent être surévaluées et la commercialisation à grande échelle ne se fera certainement pas avant au moins 5 ans.

> Algenol travaille avec des **micro-algues marines** : les cyanobactéries. Ces micro-algues sont cultivées dans des **photobioréacteurs verticaux** entreposés à l'extérieur.

> En ce qui le concerne, **Paul Woods pense que les bassins ne sont pas adaptés pour l'industrialisation** : il n'est pas possible avec ce processus de produire du biocarburant à faible coût et donc d'être compétitif. La production à grande échelle est plus facilement réalisable avec des bioréacteurs. **Pour la transformation, Algenol utilise la technique de la liquéfaction hydrothermale**.

> Algenol a également licencié sa technologie DIRECT TO ETHANOL ® à la **société mexicaine BioFields** qui a accès à 42 000 acres de terres non cultivables. Un autre partenaire d'Algénol est la **société indienne Reliance Industries**.

Etats-Unis - Acteur clef - Solazyme

> Solazyme est spécialisée dans la **culture d'algues hétérotrophes** (la source d'énergie n'est pas la lumière comme c'est généralement le cas avec les autres systèmes de culture, mais le sucre).

> Solazyme a travaillé par le passé sur un projet de production de biocarburant avec **Chevron** mais ce **projet a été abandonné**.

> Le cœur de métier de Solazyme est la culture d'algues pour produire des produits alimentaires et pharmaceutiques. Pour Solazyme, **le biocarburant ne serait qu'un coproduit** et une manière de se diversifier en apportant une nouvelle source de revenus à l'entreprise.

> IL semblerait que cette stratégie ne permette pas de produire du biocarburant à grande échelle.

> Solazyme cultive actuellement plusieurs algues et lors des changements de lots de production il y a des contaminations croisées conduisant à la perte de grandes quantités d'huile. Cependant, les attentes concernant les carburants étant plus faibles que pour les produits alimentaires ou pharmaceutiques, Solazyme **revalorise ses déchets en carburant**.

> Solazyme adopte donc une **attitude opportuniste** quant à la production de biocarburant à partir d'algues.

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

I. Etats-Unis

II. Japon

III. Allemagne

IV. Australie

V. Autres pays et projets d'intérêts

> **Plusieurs projets de recherches** sur la production de biocarburant à partir de micro-algues ont été initiés au Japon. Ces projets sont menés soit par des **instituts de recherche nationaux soit par des universités**. On trouve également quelques **entreprises** comme Euglena ou Neo Morgan Laboratory qui s'intéressent également à cette problématique.

> Concernant les biocarburants, le Japon n'a pas les ressources nécessaires pour produire des biocarburants de première génération et se **focalise donc sur les biocarburants de 2ème et 3ème génération**. De plus, le Japon a développé **le label « Biomass-Town »** qui vise à inciter et promouvoir la filière de la biomasse. Cela sensibilise à la fois les citoyens et les entreprises à intégrer de plus en plus les bioénergies dans leur fonctionnement.

> Le gouvernement japonais **a également voté en août 2012 une loi pour promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables** :

- En effet, suite à la catastrophe de 2011, les importations de carburants fossiles ont connu une augmentation significative dans le pays, or le Japon est entièrement dépendant des importations, ce qui le rend sensible à la fluctuation des prix.
- Par ailleurs, depuis mai 2006, le gouvernement japonais développe une stratégie dans le but de **réduire sa dépendance aux énergies fossiles de 80% d'ici 2030**. Le but a été émis d'introduire 500 000 kL de biocarburant d'ici 2017 et 1,8 millions kL d'ici 2018.

Japon - De nombreux obstacles persistent

> Malgré cette forte volonté, il reste de **nombreux obstacles politiques à franchir** :
  - Il existe différents groupes d'intérêt ayant des poids inégaux et faisant pencher la balance vers certaines sources d'énergies. Ces penchants ne sont jamais stables et évoluent dans le temps.
  - La politique de réduction des gaz à effets de serre est basée sur le volontariat n'encourageant pas toujours les industriels à prendre des initiatives
  - Il y a également des conflits interministériels qui peuvent également freiner certaines initiatives.

> On observe également **un manque d'infrastructures**. Actuellement il n'existe pas au Japon de laboratoire permettant de faire des tests analytiques sur les huiles ou carburants produits. De même il n'existe **pas d'aménagement pour faire la production de biodiesel** et les japonais **sous-traitent à des américains** cette partie. Il y a tout de même une volonté pour que cette situation ne soit que temporaire.

> Contrairement aux Etats-Unis, **il semblerait qu'il y ait peu d'aides financières** au Japon pour le développement de tels projets.

> De par les différents obstacles que représentent la production de biocarburant à partir de micro-algues, les **entreprises japonaises et les centres de recherche collaborent régulièrement avec des entreprises américaines,** principalement pour subvenir au besoin d'espace dédié à la culture des micro-algues.

> De plus, le Japon incite les professionnels à nouer des partenariats pour répondre aux enjeux de la filière :

- En juin 2010, le MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries) a démarré un projet conjoint réunissant des entreprises et des universités dans le but de **pouvoir commercialiser du biocarburant partir de la micro-algue *Pseudochoricystis* d'ici 2020**.
- D'autre part, le **Algae Industry Incubation Consortium** soutenu par le MAFF a été créé en 2010 et regroupe actuellement environ 70 entités.
- Le **NEDO** (New Energy and Industrial Technology Development Organization), qui est une **organisation gouvernementale, gère différents projets et aide à leur financement.**
- On peut aussi prendre l'exemple de Denso qui collabore également avec des constructeurs automobiles comme Toyota mais travaille également avec des universités japonaises.

Japon - Une demande pressante de la part de l'industrie aéronautique

> Il y a actuellement de la part du gouvernement **une pression réglementaire favorable au développement des biocarburants.** En effet il y a une réelle volonté de limiter l'émission de gaz à effet de serre

> De plus, **l'industrie aéronautique semble très demandeuse** de carburants alternatifs et moins polluants. Les solutions apportées actuellement ne conviennent pas à de grands trajets et l'industrie aéronautique investit dans les entreprises comme Euglena pour développer des carburants de troisième génération

> En terme de qualité du carburant, aucun standard n'a été établi au Japon et les compagnies aériennes se basent sur les recommandations de **l'ASTM – D1655**

Japon - Quelques acteurs et projets clés

Acteurs clés	Projets/consortiums clés
ミドリムシ∞カンパニー euglena	- DeuSEL

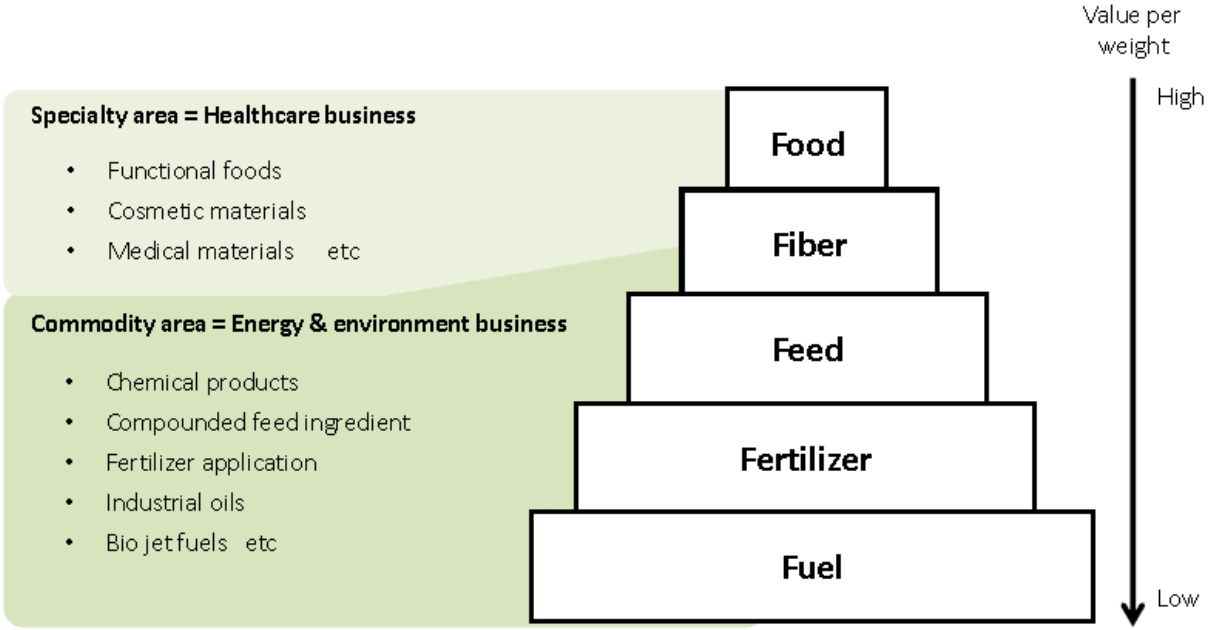
Japon - Acteur clé : Euglena

> La société Euglena a pour cœur de métier la culture de la micro-algue.

> La société suit une logique qu'elle a nommée **« 5F » pour Food, Fiber, Feed, Fertilizer, Fuel**, les premiers produits étant ceux ayant la plus haute valeur ajoutée.

> Cette logique est également suivie par d'autres entreprises pour lesquelles le biocarburant n'est pas leur produit principal.

> Depuis 2010, la société s'est **diversifiée** dans la production de biocarburants et espère pouvoir **vendre du carburant pour l'aviation d'ici 2020**. Leur frein actuel majeur, commun à tous les acteurs de ce secteur, réside dans la **diminution des coûts de production**.



> Euglena travaille actuellement en **partenariat avec une entreprise américaine pour la transformation du biocarburant** mais prévoit de construire prochainement une usine de production.

Japon - Projet d'intérêt – projet DeuSEL témoignant de l'intérêt de l'industrie automobile

> **Euglena** a récemment développé le projet DeuSEL avec **Isuzu Motors** pour le développement de biodiesel.

> Depuis juillet 2014, des bus navettes fonctionnent au DeuSEL



> D'autres entreprises automobiles collaborent également pour le développement de biocarburants. C'est par exemple le cas de **Toyota avec Denso**.

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

- I. Etats-Unis
- II. Japon
- **III. Allemagne**
- IV. Australie
- V. Autres pays et projets d'intérêts

Allemagne - De nombreux interrogations encore posées

> Plusieurs laboratoires dont celui de l'université technique de Munich font de la **recherche fondamentale** sur les micro-algues.

> **Il reste par exemple de nombreuses questions à élucider sur la transformation de l'huile** obtenue à partir des micro-algues en biocarburant. **Dix chimistes** de l'Université de Munich se consacrent entièrement à cette problématique.

> Il semblerait que les réactions individuelles qui ont lieu soient bien maitrisées **mais la problématique réside principalement dans la compréhension des interactions entre les différentes réactions**.

> Le centre de recherche de **Jülich** quant à lui **explore de nombreuses problématiques** comme la production de micro-algues ou la transformation et le fractionnement de l'huile en biocarburant.

> Il y a actuellement encore de **nombreuses problématiques aussi bien techniques qu'économiques** :

- En effet, les **coûts de production sont encore trop élevés** pour pouvoir envisager une commercialisation à grande échelle.

> De plus, **chaque espèce de micro-algue ayant ses spécificités**, les méthodes utilisées seront variables d'une espèce à l'autre, avec des conditions et donc des coûts et des rendements différents.

Allemagne - Un enjeu majeur : l'industrialisation de la production de biocarburant

> Selon les allemands, **un certain nombre d'années de recherche sont encore nécessaires** avant de pouvoir produire du biocarburant en **quantité suffisante et à des coûts compétitifs**.

> Le défi actuel est de créer des usines pilotes pour tester les processus mis en place dans les laboratoires à une échelle industrielle :

- En Allemagne, il semblerait qu'il n'y ait **pas de site pilote** et il semblerait qu'il y ait un **réel manque** à ce niveau par rapport à d'autres pays comme les Etats-Unis.

- Cependant, il reste encore plusieurs points à définir comme le **respect des standards** concernant la qualité d'extraction des huiles ou des points techniques.

- Il semblerait que les avancées faites ne permettent pas à l'heure actuelle de mettre en place un essai pilote sur un hectare.

Allemagne - Une politique et des leaders d'opinions favorables aux biocarburants

> De manière générale, les « **green projects » ont actuellement le vent en poupe**. La législation encourage également à l'utilisation des biocarburants en limitant l'utilisation des énergies fossiles et le rejet des gaz à effet de serre :
  - En Allemagne, il n'y a pas de groupe pétrolier et ce sont donc les **fabricants de voitures qui définissent et s'investissent dans la stratégie liée aux carburants**. Ainsi, les constructeurs allemands se sont très peu impliqués dans les essences composées d'éthanol.
  - D'un autre côté, les **constructeurs automobiles s'investissent dans la recherche de méthodes alternatives** : par exemple, en 2011 Audi s'est associé avec l'américain Joule Unlimited pour tester des biocarburants de troisième génération. Ce partenariat est toujours actuel.

> Les projets mis en place autour de la production de biocarburants à partir de micro-algues sont rarement isolés et il y a de **nombreuses collaborations au niveau national et international** entre laboratoires académiques mais aussi avec des entreprises.
  - Par exemple, le laboratoire de l'Université Technique de Munich travaille en collaboration avec des industriels, des laboratoires académiques allemands mais aussi le laboratoire américain Pacific Northwest National Laboratory.
  - De même, le centre de recherche Jülich travaille avec des partenaires privés pour développer des pilotes permettant de tester leurs procédés à des échelles plus industrielles

> Les laboratoires bénéficient de **sources de financement privées et publiques**. Il semblerait que pour les énergies renouvelable, l'Etat alloue des fonds particuliers mais sans avoir un fond dédié à la recherche sur les micro-algues

Allemagne - Quelques acteurs et projets clés

Acteurs clés	Projets/consortiums clés
	- AufWind

Financeurs
NA

Partenaires
12 industriels et laboratoires académiques

Budget
7,4 millions €

Durée
2,5 ans (2013-2015)

Objectif
Faire un état de l'art de la production de biocarburant à partir d'algues à une échelle supérieure que celle du laboratoire

> Ce projet se focalise sur le **carburant d'aviation** pour lequel il y aurait une forte demande de l'industrie aéronautique pour le développement d'une énergie verte.

> Les installations sont réparties sur **3 surfaces de 500m² équipées de photobioréacteurs**

> Les **objectifs** sont aussi bien **techniques qu'économiques**. Les enjeux sont les suivants :
- Avoir une production d'algues stable et reproductible
- Extraire l'huile des micro-algues mouillées
- Extraire de l'huile qui satisfasse aux critères de qualité

> Il y a un projet complémentaire qui est également en développement : il s'agit du **projet OptimAL qui a pour objectif d'optimiser la productivité et l'utilisation de la lumière par les algues**.

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

I. Etats-Unis

II. Japon

III. Allemagne

IV. Australie

V. Autres pays et projets d'intérêts

Australie - Des ressources prometteuses pour les micro-algues

> Selon l'Institut de Biosciences moléculaires de l'Université de Queensland, l'**Australie** possède un **potentiel de culture des micro-algues très intéressant**, en raison des **conditions climatiques** et économiques du pays. En tirant profit de ses ressources naturelles, le pays pourrait ainsi devenir un **exportateur important** dans le futur.

> En effet, l'Université de Queensland met en avant que les **souches de micro-algues** présentes en Australie, aussi bien en eau douce qu'en eau de mer, possèdent des **caractéristiques de robustesse et de vitesse de croissance prometteuses**.

> De nombreuses **barrières technologiques** concernant le développement de procédés de production efficaces **restent cependant à lever** avant de pouvoir envisager un développement commercial effectif dans ce domaine.



Australie - Des projets soutenus par différentes institutions gouvernementales

> Le **Gouvernement australien** a lancé **deux principaux programmes de financement** à destination des projets relatifs aux **énergies renouvelables et notamment les biocarburants** :
  - L'**ARENA** (Australian Renewable Energy Agency) finance des **projets à long terme**, avec une enveloppe annuelle disponible de **215 M$**, sans minimum ni maximum concernant les montants accordés par projet. Un **programme spécifique pour les biocarburants avancés** (algues ou co-produits agricoles et forestiers) nommé **ABIR** (Advanced Biofuels Investment Readiness) a été lancé après une étude menée en 2011, pour un **montant global de 10 M$**.
  - Le **CEFC** (Clean Energy Finance Corporation) vise le **financement de projet sous la forme de prêts**, de garanties de prêt, **ou de placements en action**.

> Il existe également d'**autres programmes**, comme le Bioenergy, Bioproducts and Energy program soutenus par le RIRDC (Rural Industries Research and Development Corporation) qui cherchent à soutenir les efforts de recherche des industries rurales, pour les aider à devenir plus productives, plus rentables et plus durables.

> **En complément** de ces programmes nationaux, **quelques programmes régionaux** apportent leur soutien aux projets en lien avec les énergies renouvelables, non spécifiques aux biocarburants, ou aux micro-algues: c'est le cas de l'Australie du Sud, avec le programme RenewablesSA, qui a financé par exemple en 2011 un projet de capture du CO_2 à hauteur de 274 k$.

> Toutefois, **la promotion des biocarburants** par les institutionnels australiens **reste fragile** comme en témoignent les décisions prises telles que **la suppression de la taxe carbone**, ou plus récemment **l'abandon d'un projet de loi** exonérant d'impôt les entreprises du domaine des biocarburants prévu jusqu'à 2021.

Australian Government
Australian Renewable Energy Agency

> On retrouve ainsi en Australie **différents types d'acteurs** travaillant de manière plus ou moins étroite sur les biocarburants issus de micro-algues:

Laboratoires de recherche nationaux	Universités	Industries spécialisées dans les biocarburants	Associations d'industriels
• CSIRO	• Queensland • Adelaïde • Flinders • Murdoch • Melbourne	• Muradel • Algae Tec • AR Fuels • Aurora Algae	• Biofuels Association (soutien à la structuration du marché des biocarburants)

> Parmi ces différents acteurs, certains ont réalisé des **travaux remarquables concernant les biocarburants issus de micro-algues**, à savoir les **Universités de Murdoch et d'Adelaïde**, ainsi que les **sociétés Muradel et Algae Tec**.

Australie - Des travaux de recherche collaboratifs entre deux Universités…

> **Les Universités de Murdoch et d'Adelaïde ont mené ensemble** des travaux de recherche portant sur la **faisabilité de cultures de micro-algues en bassin ouvert à grande échelle**, le tout sans contamination, pour un **coût total de 3,3 M$** sur 12 mois :

- Ces travaux ont bénéficié de **subvention à la hauteur de 1,89 M$** en provenance du **Asia-Pacific Partnership** on Clean Development and Climate, une alliance de partenaires publics et privés entre 7 pays (Australie, Canada, Chine, Inde, Japon, Corée, Etats-Unis) qui soutient les projets de recherche et de coopération en matière de développement durable.
- Selon le professeur Michael Borowitzka de l'Université de Murdoch, cela a représenté « **une grande première en Australie »** dans sa capacité à démontrer la faisabilité d'un **processus de production d'un biocarburant à partir de micro-algues sur toutes les étapes**, depuis la culture et la récolte des micro-algues, en passant par l'extraction d'huile, jusqu'à la production de biocarburant.

> Ces **travaux prometteurs** ont ainsi donné le jour à un projet, portant sur la **mise en place d'une usine pilote à Karratha**, impliquant un **consortium international**, avec notamment la société indienne Parry Nutraceuticals spécialisée dans la production d'algues, et l'Université Technologique de Chine méridionale :

- Le projet a permis d'obtenir un rendement de production de **50 tonnes de biomasses pour 60 tonnes de CO_2 fixés par hectare et par an.**

> **Suite aux précédents travaux réalisés**, et **après 30 ans de prospection et de collaboration**, **les Universités d'Adelaïde et de Murdoch ont créé ensemble une joint venture**, impliquant **d'autres investisseurs** comme la société australienne SQC, actionnaire majoritaire, spécialisée dans la culture de micro-algues :

- **La société Muradel ainsi créée a réalisé un projet pilote de près de 8 M$ à Whyalla**, à l'aide d'une subvention de 4,4 M$ délivrée par l'ARENA. Le **projet initié en 2013** est **opérationnel depuis fin 2014** et permet à **David Lewis, CTO de Muradel** et professeur à l'Université d'Adelaïde, de **prédire un succès commercial à venir** pour la société nouvellement créée :
  - En effet, **d'ici 2020, la production devrait pouvoir générer plusieurs centaines de millions de dollars** grâce à la vente de biocarburants dans le sud de l'Australie, et le Dr Lewis espère obtenir une **activité rentable d'ici 2017**. Cependant aux vues des avancées dans le domaine, cette estimation est peut-être ambitieuse.

> Muradel travaille sur des **biocarburants issus de micro-algues**, **mais également à partir d'agave ou de paille de céréales**. C'est ainsi en **combinant les matières premières** que la société espère **rentabiliser au mieux ses sites de production**.

SQC Pty Ltd

Australie - Les chiffres clés associés au projet de Muradel (1/2)

Partenaires	Durée	Budget	Objectif
Muradel, Australian Research Council Centre of Excellence in Plant Cell Walls, AusAgave	A démarré début 2014	10 M$	Rentabiliser au maximum les capacités de production par l'utilisation de différentes matières premières

> Le professeur Lewis annonce que **750 ha** pourraient permettre à l'avenir de produire **50 000 litres de carburant par semaine**, grâce à des **cultures en bassin ouvert**, et au **procédé de liquéfaction hydrothermale** pour la transformation de la biomasse en biocarburant, réalisée grâce à un **réacteur à eau sous-critique**. Cela reste des estimations et n'a pas encore été démontré à échelle industrielle. Il espère ainsi produire son propre biocarburant à partir de micro-algues dans différents sites à travers le monde d'ici 10 ans.

> Muradel envisage d'inclure, dans un second temps, de **nouveaux partenaires pour son développement**, comme le nouveau Australian Research Council Centre of Excellence in Plant Cell Walls, dirigé par le professeur Fincher, ainsi que AusAgave qui a développé une industrie autour de l'agave. L'objectif est de **pouvoir produire un biocarburant à moins d'1$ le litre**.

> La **deuxième partie du projet à Whyalla** implique une **nouvelle enveloppe de 10 M$**. Le projet doit permettre d'**utiliser au maximum les capacités de production** de l'installation, en réduisant les frais fixes, et en **maximisant le potentiel par l'utilisation de différentes matières premières** (micro-algues, agave, paille de blé).

> Afin de réduire le coût énergétique et l'empreinte carbone du site, il est également prévu la cogénération d'électricité à l'aide d'énergie solaire, thermique et éolienne.



Australie - Les chiffres clés associés au projet de Muradel (2/2)

> Les **barrières technologiques actuelles** de la société concernent principalement la **technologie de production** utilisée, et **notamment sa durabilité**, et son rendement. Muradel estime assurer une position de leader concernant sa technologie de transformation de la biomasse.

> Les **autres barrières sont avant tout économiques**, à propos du **coût de production final**, du **besoin de capital et d'investissement pour passer à une échelle commerciale**.

> La **culture en bassin ouvert** nécessite un **investissement plus faible que dans le cas d'un bioréacteur**.

- Selon Monsieur Milligan, Business Development Manager chez Muradel, « c'est en cela que le bassin ouvert est plus adapté à la production de biocarburant », notamment en lien avec les conditions économiques actuelles, et de rentabilité des projets à court terme. Les bioréacteurs posséderaient ainsi un meilleur potentiel en termes de rendement, mais le trop fort investissement initial rend difficile l'émergence de tels projets.

> Le **biocarburant produit** ne sera pas destiné à être vendu en station-service, mais plutôt à de **gros clients pour alimenter une production d'énergie locale**, comme pour **l'industrie lourde, l'industrie minière**, ou pour des **sociétés de transport**.

Partenaires	Durée	Budget	Objectif
Algae Tec, Macquarie Generation	A démarré en 2014	140 M$	Cultiver des micro-algues à partir du rejet de CO_2 d'une centrale électrique à charbon

> **Algae Tec** est un **industriel australien** spécialisé dans la **production de biocarburants** grâce à des **cultures de micro-algues en bioréacteur**.

> En **juillet 2013**, Algae Tec a signé un **accord avec le fournisseur d'énergie australien** Macquarie Generation afin d'**installer un site de captage et de stockage du CO_2 et une usine de production** de biocarburants à proximité d'une centrale électrique à charbon, à Sydney.

- Le biocarburant produit est destiné à **l'industrie locale**, de **compagnies de transport**, et du **secteur de l'aviation**.

> Dans la **première phase du projet** (d'un montant de **140 M$** ayant débuté en 2014), **400 cuves fermées** sont **alimentées avec du CO_2** afin de **stimuler la croissance des micro-algues** en bioréacteurs. Les bioréacteurs sont conçus pour cultiver des algues à une échelle industrielle.

> Le site prévoit de **capter initialement 270 000 tonnes de CO_2 parmi les 19 millions émises chaque année** par la centrale. D'ici quelques années, **l'objectif est d'arriver à un captage effectif de 1,3 millions de tonnes**. Aucun chiffre n'est disponible quant à la quantité prévisionnelle de biocarburant produite.



Australie - Algea Tec : une volonté d'expansion à l'international

- Algae Tec prévoit la **construction de deux autres sites**, l'un au **Texas** et l'autre au **Brésil**, pour **100 M$ chacun**. Les **études de faisabilité sont en cours** et devraient se terminer courant 2015.
- Algae Tec prévoit également une **usine en Europe**, en **partenariat avec la compagnie allemande Lufthansa**, afin d'alimenter sa flotte d'avions en biocarburant.
- **Fin 2013**, la société a ainsi **emprunté 200 M$ d'euro-obligations** pour **financer son développement en Amérique**. Les **Etats-Unis** représentent aujourd'hui un **territoire intéressant**, de part un **climat favorable**, mais également par le fait que les **compagnies aériennes sont désormais autorisées à utiliser des biocarburants**.
- En **Janvier 2014**, la compagnie a également **conclu un marché avec un industriel indien, Reliance Industries**, afin de **construire une usine pilote sur le territoire indien** :
  - Reliance finance le projet, et détient l'exclusivité de la technologie d'Algea Tec en Inde avec cet accord.



Australie - Un désengagement du secteur public: CSIRO, et son activité passé dans les micro-algues

> Le **CSIRO** (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) est l'**agence scientifique nationale d'Australie**, et représente une des agences mondiales les plus diversifiées :
  - L'agence possède notamment **plus de 50 sites de recherche différents à travers l'Australie**.

> Le CSIRO possède notamment une **banque de souches d'espèces différentes de micro-algues** (Australian National Algae Culture Collection) présente au laboratoire Hobart, qui dépend du département de recherche marine et atmosphérique.
  - Cette banque est composée de **1000 souches de plus de 300 espèces de micro-algues différentes**.

> Les **travaux de recherche effectués** par le laboratoire ont permis d'**identifier notamment près de 50 souches d'intérêt** pour l'élaboration de biocarburants à partir de micro-algues. Les recherches se sont concentrées sur l'**identification des souches les plus prometteuses** en termes de **rendement** de production d'huile et de **possibilités de culture à échelle commerciale** pour produire du biocarburant.
  - Les études de faisabilité réalisées se sont intéressées à la fois aux cultures en bassin ouvert et en bioréacteur et à la fois aux algues de milieux différents (eaux usées, algues marines ou d'eau douce)

> Cependant, **le CSIRO aurait stoppé ses recherches** concernant les micro-algues et la production de biocarburant. Le gouvernement ne souhaiterait plus subventionner la recherche dans ces domaines, directement ou indirectement, car les projets ne seraient pas rentables sans subvention de l'état, et que l'exploitation des ressources fossiles resterait attractive actuellement en Australie.

Australie - Le projet d'Aurora Algae à Karratha

- En mai 2011, la compagnie américaine Aurora Algae ouvrait son usine pilote de culture de microalgues et de production de biomasse, pour des applications dans divers marchés, dont notamment les biofuels.
- Le projet projetait une surface totale de 1,500 acres pour la culture, situés à côté de l'usine pilote de transformation.
- Le projet a bénéficié de différentes aides, notamment 1.700 k$ AUD du fond LEEDS, et 750 k$ AUD en crédit d'impôt de la part du gouvernement australien.
- Le choix de l'Australie a été motivé par les conditions de culture locales, favorable au processus de photosynthèse, rendant ainsi les estimations du projet davantage économiquement viable que pour une usine pilote aux Etats-Unis.
- Le projet pilote en 2011 comportait 20 acres, dont 6 en production en open pounds, ce qui permettait de produire 15 tonnes de biomasse par mois. Le CO2 nécessaire à la production des microalgues était fourni par un industriel du gaz naturel situé à proximité de l'usine pilote, de manière gratuite.
- L'usine devait produire un biodiesel, nommé A2 Fuel.
- Finalement, le projet a été abandonné, suite à la montée du cours du $ AUD, et face au prix de la main d'œuvre en Australie, ce qui ne permettait pas d'envisager une production à grande échelle de manière rentable. Le site pilote a cependant permis à la société d'effectuer des travaux de R&D, et d'optimiser les processus de culture des microalgues.
- La culture en open pounds était centrée sur l'approvisionnement en CO2, en parallèle d'une forte exposition au soleil pour favoriser la photosynthèse, avec l'utilisation d'eau de mer. La séparation des microalgues était effectuée grâce à un système breveté de flottement à air dissous, qui permettait d'optimiser la récupération des microalgues.
- La société aujourd'hui a abandonné les biofuels au profit d'autres produits à plus forte valeur ajoutée, comme les acides gras. Le contexte économique actuel, selon les dirigeants, n'est pas propice aux biofuels.

I. Rappel du contexte et retour sur les travaux réalisés

II. Analyse des problématiques et enjeux techniques de la filière

III. Analyse de la dynamique des acteurs à l'international

IV. Conclusions et recommandations

V. Annexes

- I. Etats-Unis
- II. Japon
- III. Allemagne
- IV. Australie
- **V. Autres pays et projets d'intérêts**

Vision globale des autres projets/marchés identifiés d'intérêt pour la mission

> Différents projets ont été identifiés en dehors des 4 pays cibles que sont les Etats-Unis, le Japon, l'Allemagne, et l'Australie. En voici une vision globale:

Projet BIOMARA

- Projet européen d'un montant de 6 M€ (2009-2012)

Projet ALGAL CARBON CONVERSION PILOT

- Projet canadien initié en 2013 d'un montant de 19 M$

Projet AQUALIA

- Consortium européen porté par une société espagnole – financement européen de 7M€ pour un budget total de 12 M€ visant la culture de micro-algues à partir d'eaux usées

Projet SALINALGUE

- Projet français d'un montant de 6,8 M€, inauguré en 2012, regroupant 13 partenaires

Autres pays d'intérêt

- Espagne, Israël, Thaïlande

Financeurs
INTERREG IVA

Partenaires
6 instituts de recherche

Budget
6 millions €

Durée
3 ans (2009-2012)

Objectif
Evaluer la faisabilité et la viabilité d'utiliser la biomasse marine pour produire des biocarburants

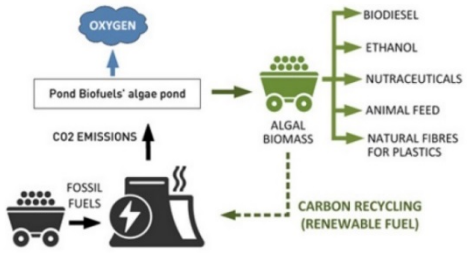
> Pour l'Europe, la **réduction de la dépendance envers les énergies fossiles** est une priorité.
  - Le Parlement Européen souhaite que **d'ici 2020, « 10% du carburant utilisé par les transports routiers proviennent de sources d'énergies renouvelables ».**

> Le projet Biomara a été articulé autour de 4 axes stratégiques de recherche suivant :
  - Identification de la macro-algue la plus appropriée pour la production de biocarburant
  - **Identification des micro-algues ayant une forte conteneur en huile** (criblage de 200 souches pour déterminer la conteneur en huile, protéines et carbohydrates, détermination que l'algue ***Nannochloropsis*** **produit le plus d'huile mais que les algues *Chlorella ovalis, Dunaliella primolecta et Tetraselmis sp*** ont également un fort potentiel pour la production de biodiesel)
  - Évaluation de **l'impact environnemental** de la culture des macro-algues et de l'extraction
  - **Evaluation des particularités technologiques et socio-économiques** pour la production d'un biocarburant compétitif et durable à partir de biomasse marine : **les principales limites résident dans la récolte des micro-algues et l'extraction de l'huile à partir de la biomasse**

Projet d'intérêt canadien - Algal Carbon Conversion Pilot Project porté par Pond Biofuels

Partenaires	**Durée**	**Budget**	**Objectif**
Pond Biofuels, National Research Council of Canada, Canadian Natural Resources Limited	A démarré en 2013	19 M$	Cultiver des micro-algues à partir de rejet de CO_2

- Dès 2009, la société canadienne Pond Biofuels Inc. **est soutenue financièrement** par **l'Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate program,** pour son projet visant à construire une **usine pilote pour la culture de micro-algues à partir des émissions de CO_2**
- Le projet comprenait une **dimension internationale** et comportait notamment une **étude de faisabilité pour exporter sa technologie** à l'industrie du ciment en Chine. Le projet a également été soutenu par l'Ontario Centres of Excellence.
- C'est **en 2013** que le projet prend un **tournant décisif**, grâce au **soutien du gouvernement canadien**, qui y voit une **opportunité de diminuer les rejets de gaz à effet de serre** de son industrie, notamment pétrolière. En effet, le **territoire canadien** est **riche en sable bitumineux**, et les **procédés d'extraction** de ces derniers sont **fortement émetteurs de GES**.
- Ainsi, un **nouveau projet**, l'**Algal Carbon Conversion Pilot Project** a vu le jour **mi-2013**, en partenariat avec le National Research Council of Canada, le Canadian Natural Resources Limited, et la société Pond Biofuels. Le projet consiste en la **construction d'une nouvelle usine pilote à Alberta**, pour un montant de **19 M$**.
- Grâce à des **photobioréacteurs**, les **rejets de CO_2 dus à l'extraction pétrolière** permettront ainsi d'**alimenter la culture des micro-algues**, qui pourront par la suite être converties en biocarburants, fertilisants ou nourriture pour animaux.



Financeurs
Labellisé par les différents pôles de compétitivité : Trimatec, Mer PACA, Derbi et Capénergies

Partenaires
13 partenaires privés et publics

Budget
6,8 millions d'euros (FUI)

Durée
A démarré en 2010

Objectif
structurer une activité pérenne de culture et de valorisation de micro-algues

> Pour ce projet, ce sont les **bassins** qui ont été choisis comme méthode de culture des algues et ils ont été créés sur des salines non exploitées sur l'Ile de Saint Martin.

> La micro-algue ***Dunaliella salina*** a été choisie entre autres pour sa présence naturelle sur les lieux de culture et pour sa capacité à produire des protéines alimentaires et molécules à haute valeur ajoutée comme le béta-carotène.

> **Le site intègre une activité de bioraffinerie** et l'extraction des protéines algales pour en faire des coproduits alimentaires devra permettre d'augmenter la viabilité économique du projet.

Aqualia, et un projet européen en Espagne : All-Gas

Partenaires
Consortium international porté par la société espagnole Aqualia

Durée
2012 - 2016

Budget
12 M€

Objectif
Produire un biocarburants à partir de micro-algues cultivées dans les eaux usées

> C'est pour un **projet de production de biocarburants** à partir de **micro-algues cultivées dans les eaux usées** que les **fonds européens** ont apporté un **financement de 7 M€**. Le **consortium** porté par la **société espagnole spécialiste du traitement des eaux Aqualia** inclut des partenaires allemands, autrichiens et hollandais, ainsi que l'Université de Southampton au Royaume-Uni.

> Le projet, qui repose pour une **durée de 5 ans** sur un **montant global de 12 M€**, a **débuté en 2012**. Il cherche à développer un **système de culture de micro-algues à partir des eaux usées** (notamment à partir des **nutriments présents dans ces eaux**, comme le phosphore). Un site de **10 hectares** est prévu pour le projet.

> Les **objectifs** de ce dernier sont d'arriver à une **production de 20 000 litres de biocarburant par hectare et par an**, grâce à **la production de 3 000 kg d'algue sèche par jour**, contenant **20% de lipide**.

> Cependant, le projet a subi une contrainte due au financement européen, qui impose un approvisionnement en CO_2 d'origine renouvelable, et non pas issu de la combustion de ressources fossiles, dans l'objectif de favoriser la croissance des micro-algues.

> Le projet **doit se terminer en 2016**.

En Espagne, Bio Fuel Systems (BFS) produit des biocarburants à partir de plancton

- La **société espagnole Bio Fuel Systems** (BFS) basée à Alicante envisage de **produire des biocarburants en grande quantité, dans un espace limité, et à un coût attractif**.
- Après la construction d'une **première centrale de production** qui est opérationnelle depuis 2011, il est aujourd'hui envisagé de **construire une seconde usine**, à 200 km au sud d'Alicante, à Almeria. Cette nouvelle usine doit s'étendre sur **600 hectares**.
- Ces usines permettent, selon le président fondateur de la société, de **produire un baril aux environs de 20 à 30 $**. Cela est rendu possible par l'**amortissement rapide des usine**s, grâce à la **production de produits à forte valeur ajoutée**.
- En effet, l'usine BFS ne produit pas principalement du pétrole, mais plutôt des omégas, des vitamines, ou des cosmétiques. **Le pétrole constitue ainsi un produit de rejet**, ce qui permet d'atteindre un **coût de production compétitif**.
- Un **nouveau projet,** en réflexion pour être implémenté **en Chine**, devrait permettre la **production d'environ un million de barils de biocarburants par jour**, grâce au CO_2 émis par des centrales électriques au charbon, pour des quantités absorbées de l'ordre de 3 000 000 tonnes de CO_2 par an.
- Dans des **photobioréacteurs verticaux**, le CO_2 absorbé permettrait de nourrir les micro-algues et ainsi de produire un combustible similaire au combustible fossile.



- **La société a fait faillite**

> Israël a des **zones chaudes et sèches** qui pourraient s'adapter à la culture des algues. Ce pays cultive depuis plusieurs années des algues pour la neutraceutique. Désormais, certaines entreprises s'intéressent aussi au biocarburant.

> Il y a actuellement deux entreprises qui s'intéressent à la production de biocarburant à partir de micro-algues :

- **Univerve**, qui a été créée en 2009, a une usine pilote. L'entreprise s'intéresse aussi à l'Afrique qui présente de nombreuses zones propices à la culture des micro-algues. Univerve ne s'intéresse pas uniquement à la production de biocarburant mais commercialise également des produits pour l'alimentation animale (pour l'aquaculture) et des additifs pour l'alimentation humaine.
- **Seambiotic** a été créée en 2003. De même que Univerve, cette société n'est pas spécialisée dans les biocarburants mais bien dans la culture de micro-algues et propose des produits alimentaires et des additifs alimentaires. **Seambiotic a construit en 2010 une usine en Chine pour la production de biocarburant à partir de micro-algues**.

> Il semblerait que les deux entreprises aient abandonné leur projet

> **L'Université de Ben-Gurion** serait également assez active dans ce domaine.

> La Thaïlande se lance également dans la course au biocarburant algal.

> La **PTT (Public Company Limited)** espérait en 2013 que le biocarburant issu des micro-algues serait commercialement viable d'ici **2017 à un prix de $150 le baril.**

> La PTT a fait un partenariat avec le **Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR)** et le National Science and Technology Development Agency qui développe du biocarburant à partir d'algues depuis 2008.

> En 2011, la PTT a alloué un **budget de $8 millions** pour la construction d'un **site de production de 100 000 L**. Un autre budget de $642 millions a été dédié à ce projet pour la période 2012-2016.

Partie C: Eléments de marché.

C.2 Positionnement du marché des biocarburants de 3e génération

C.2.2 Les applications possibles

Réalisation: FIST

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Introduction

- **Plusieurs voies sont étudiées dont l'usage de CO_2 issu de procédés industriels (cimenterie, centrales thermiques), l'usage des eaux usées ou de process, ou la production intégrée sur un site. Cela suppose donc des zones de production limitées.**
- **Les algues peuvent être autotrophes (CO2 + photosynthèse) ou hétérotrophes (source de carbone organique soluble dans milieu)**
- **Plusieurs produits peuvent être générés selon qu'on travaille sur les lipides ou les sucres et la voie de transformation: biodiesel, éthanol, biokérosène et les produits issus de transformation.**

Actions en cimenterie

- **La production de ciment serait responsable de 7% de émissions de CO2 dans le monde;**
- **Depuis 2002, des cimentiers (30% de la production mondiale) se sont regroupés dans la Cement Sustainability Initiative (CSI), un projet du World Business Council for Sustainabe Development (WBCSD): mesure et partage des émissions de CO_2 et actions de réduction;**
- **2009: CSI + IEA: 1ère roadmap présentant les technologies de réduction de CO_2 applicables aux cimentiers dont les microalgues (étude pour l'Inde[1]);**
- **les algues sont soit utilisées comme carburant directement soit comme biofuel, dans ce cas le CO_2, brut issu du four ou après capture et épuration, nourrit les algues;**
- **Dans le rapport de l'ALGOGROUP 2013, il est même proposé de transporter le CO_2 jusqu'au site de production d'algues, éventuellement sous forme liquide voire supercritique.**

1 Technology Roadmap- Low-Carbon Technology for the Indian Cement Industry ; wbcsd et IEA , 2012

Usage en cimenterie

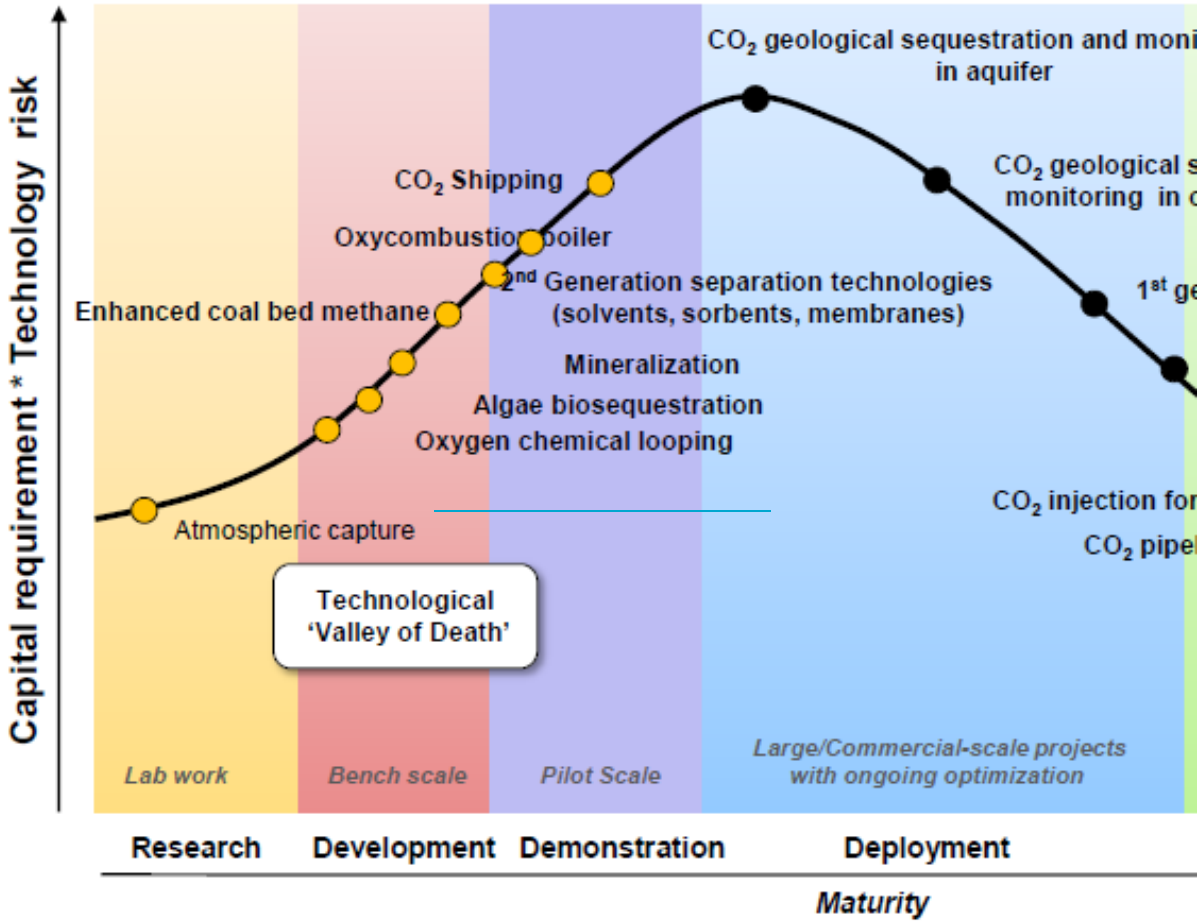
Italcementi a un projet d'usage du CO_2 issu de production de clinker pour des microalgues (Gargenville). Le CO_2 est injecté dans un PBR (photo). Un éclairage est prévu pour l'apport de lumière. La croissance des algues sous ces conditions constitue la première étape. Ensuite il faudra déterminer si les algues sont brûlées sur place dans le four cimentier ou transformées (carburant et produits à haute VA);



Wageningen travaille également sur le sujet sur la base de diatomées dont le squelette serait utilisé comme minéral de base du ciment et la part lipidique comme énergie dans le procédé. Le contenu en métaux lourds ou chlore doit être étudié plus particulièrement (effets sur le ciment produit) ainsi que les effets de modification du milieu de culture.

En 2012, Pond Biofuel a installé des PBR près de de la cimenterie St. Mary (Ca): les gaz (riche en CO_2 et S) nourrissent les algues qui sont réutilisées pour chauffer le four (mais pourrait aussi être transformées en huile (100 L de biocarburant /t algue annoncés).

Capture du CO2



Selon A Rostand Shlumberger Consulting, IEA, Paris 12 juin 2012: la séquestration du CO2 par voie algale se situe dans la « vallée de la mort »

Pourtant un site comme Arcelor à Dunkerque paye 20M€/an de taxe CO2
Pour intéresser le groupe il faudrait un bilan positif d'exploitation et un ROI en 2ans.

L’automobile

- **Fermentalg a démontré en 2013 l’usage d’un diesel à 7% d’algoCarburant;**
- **Audi a validé le carburant produit par Joules: “***We now know that our e-fuels are the same as or even better than conventional fuels***” R. Mangold (Head of Sustainable Product Development). “***In the near future, we will be in the position to produce several hundred thousand liters of synthetic liquid fuel per day***”: Sandra Novak Project Manager;**
- **Volkswagen a testé avec Phytolution (13t d’algues traité par BTL) un carburant en 2010;**
- **Le coût est un handicap et les solutions alternatives de type électrique et hybride existent.**

L’AÉRONAUTIQUE

Quelques chiffres sur le secteur de l'aviation[1]

- **En 2010, flotte mondiale: 18 000 avions soit**
  - **200 Mt de jet fuel/ an, soit ~ 5 % consommation mondiale de pétrole et**
  - **2% émissions mondiales de GES (3% en 2050 ; la consommation de kérosène varie de + 1 à 2 % /an);**
- **Décision du secteur: Réduction par 2 des émissions CO_2 en 2050/base 2005;**
- **Impact de la hausse du prix du pétrole;**
- **Pas d'alternatives pour la propulsion des avions: Besoin de kérosènes alternatifs durables et de bilan environnemental satisfaisant sur tout leur cycle de vie "*We believe liquid fuels will power airplanes for the foreseeable future, and that's why we are committed to finding alternatives such as green diesel*." Boeing 2014[2]**

- **Pourtant des efforts de réduction d'impact**
  - **2 à 3L de carburant/passager aux 100 km pour A380 (20% de moins que Boeing 747- 400).**
  - **20 % du budget R&T Snecma (2010) dédié aux programmes de diminution de l'impact environnemental (tout confondu, pas biocarburant seul)**
- **Mais**
  - **Kérosène = Produit très spécifique (régulations délicates; faible gamme d'alcanes (8-16 C)**
  - **Application peu adressée par les biocarburants 1 et 2G; les algues peuvent (partiellement) répondre car leurs acides gras sont mieux adaptés (longueur et degré de saturation).**

- **Selon Boeing[3], la production de biodiesel en EU, USA et SG représente 1% des besoins aéronautiques et le prix de 3$/gal (avec aides étatiques) est compétitif.**

1 « Carburants alternatifs Les efforts s'intensifient » Olivier Constant Magazine de l'aviation civile, N°35 dec 2010
2 http://www.greenbiz.com/blog/2014/01/15/boeing-sees-green-diesel-sky
3http://boeing.mediaroom.com/2014-01-14-Boeing-Finds-Significant-Potential-in-Green-Diesel-as-a-Sustainable-Jet-Fuel

Le marché de l'aviation: spécificités

- Les carburants aéronautiques dépendent des moteurs utilisés:
  - Moteurs à pistons (aviation légère): essence d'aviation (Avgas, 100LL)
  - Turbomachines (turboréacteurs, turbopropulseurs, turbomoteurs; aviation de transport, aviation d'affaires, aviation militaire): « kérosène » (Jet Fuel)
- Le kérosène de l'aviation obéit à des standards internationaux:
  - Le transport aérien est en grande partie international;
  - La sécurité est la première priorité;
  - Des organismes ont en charge l'élaboration des spécifications:
    - ASTM Subcommittee J Aviation Fuels
    - Mod UK (DEF STAN)
    - CEI (GOST)
- Des organismes veillent à la certification des produits
    - FAA (Etats-Unis)
    - EASA (Europe)
- L'approvisionnement est assuré par les compagnies pétrolières (Air Total, …).

http://turbo-moteurs.cnam.fr/publications/pdf/conference3_2011.pdf

Actions dans l'aviation

- **Pas d'obligation réglementaire pour l'heure,**
  - **mais EU-Renewable Energy Directive (RED) impose 10% de l'énergie du transport en renouvelable en 2020:**
  - **Crainte du secteur d'un manque d'approvisionnement pour l'aéronautique et demande aux politiques un soutien pour réserver une part puisque l'auto, elle, dispose d'alternatives;**

- **Si propriétés quasi-identiques à celles du kérosène, sont dits « Drop-in » car mélangeables au kérosène classique Jet A-1 sans modifications pour les aéronefs;**

- **R&D vers biomasse ou résidus/déchets pour produire des carburants alternatifs (toujours par FT XtL (BtL *Biomass to Liquid* ou WtL *Waste to Liquid*) ou par hydrotraitement d'huiles végétales (HVO);**

- **Déjà trois biocarburants validés:**
  - **2014: Farnesane (type SIP Synthesized Iso-Paraffinic) 10% dans kerosène: projet Total Amyris (à partir de sucre) molécule de base Farnesene hydrogénée classiquement en Farnesane. Total dispose de 300 Clients et opère 1500 pleins/an dans 75 pays: Air France, Lufthansa and KLM ont déjà prévu de s'approvisionner;**
  - **HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) issus de conversion de triglycérides d'huiles végétales ou graisses animales (En 2011, révision des spécifications ASTM: 50% de jet fuel hydrogéné acceptable);**
  - **Conversion de biomasse et produits fossiles par réaction Fischer-Tropsch.**

Actions dans l'aviation : biocarburants actuels[1]

- **1999: Sasol (Afrique du Sud) produit du carburant synthétique: 50 % de la transformation de charbon en hydrocarbures (gazéification "Fischer-Tropsch", FT). Peut être utilisé à grande échelle (annonce US Army) Mais non renouvelable ni gain sur les émissions de GES;**

- **Fév. 2007: annonce d'un grand site de production "Pearl" GTL, au Qatar, par Shell et Qatar Petroleum: 140 000 barils/j à compter de 2011-2012;**

- **Fév. 2008: vol d'un A380 de développement (3h avec 1 réacteur/4 alimenté avec 40 % de GTL);**

- **2009**
  - **Oct./ Nov: Qatar Airways (A340-600) vol commercial (6h) Londres - Doha avec un kérosène de synthèse GTL puis Air France/KLM 1er vol (1réacteur /4) au biokérosène issu de la cameline (50 %) et de kérosène Jet A-1 (50%);**
  - **Accord KLM/ North Sea Group pour créer SkyNRG;**
  - **Nov.: 1ère conférence OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) sur le sujet puis DGAC a poursuivi avec ses homologues EU, les constructeurs et les Cies;**
  - **Dec.: Projet BioTfuel (CEA, Air France…) d'un démonstrateur BTL sur le site du CEA en Hte Marne pour gazole et jet fuel de 2nde génération par voie thermochimique;**

- **22 nov. 2010: TAM Airlines et Airbus: 1er vol de 45 min. alimenté par du carburant alternatif (50 % de biocarburant issu du jatropha et 50 % de kérosène classique) avec un A320 au départ de Rio. CFM56-5B;**

- **2010: British Airways et Solena: construction de la 1ère usine de WTL pour vols d'une part de la flotte en 2014;**

- **Projet Airbus, Rolls-Royce, Shell et Qatar Airways: kérosène GTL par FT.**

1 « Carburants alternatifs Les efforts s'intensifient » Olivier Constant Magazine de l'aviation civile, N°35 d(ec 2010

Exemples d'initiatives

- **International Air Transport Association (IATA)**

Augmenter l'efficacité CO_2 de 1,5 /an. A partir de 2020, l'aviation devrait garantir une croissance neutre en CO_2 et en 2050 les émissions devraient diminuer de 50% (base 2005);

- **EU Transport White Paper (EU 2011)**

Diminuer de 60% les GES (base 1990) en 2050 dans les transports et assurer 40% je biojetfuel en 2050;

- **European Advanced Biofuels Flight Path**

Compagnies, constructeurs aéronautiques et producteurs de biojetfuel ont initié l'European Advanced Biofuels Flight Path avec la CE pour produire 2Mt/an de biojetfuel en 2020;

- **Flightpath 2050**

Projet EU avec constructeurs aéronautiques: diminuer de 75% les émissions de CO_2 et 90% celles de Nox en 2050 sur la base d'avions de 2000;

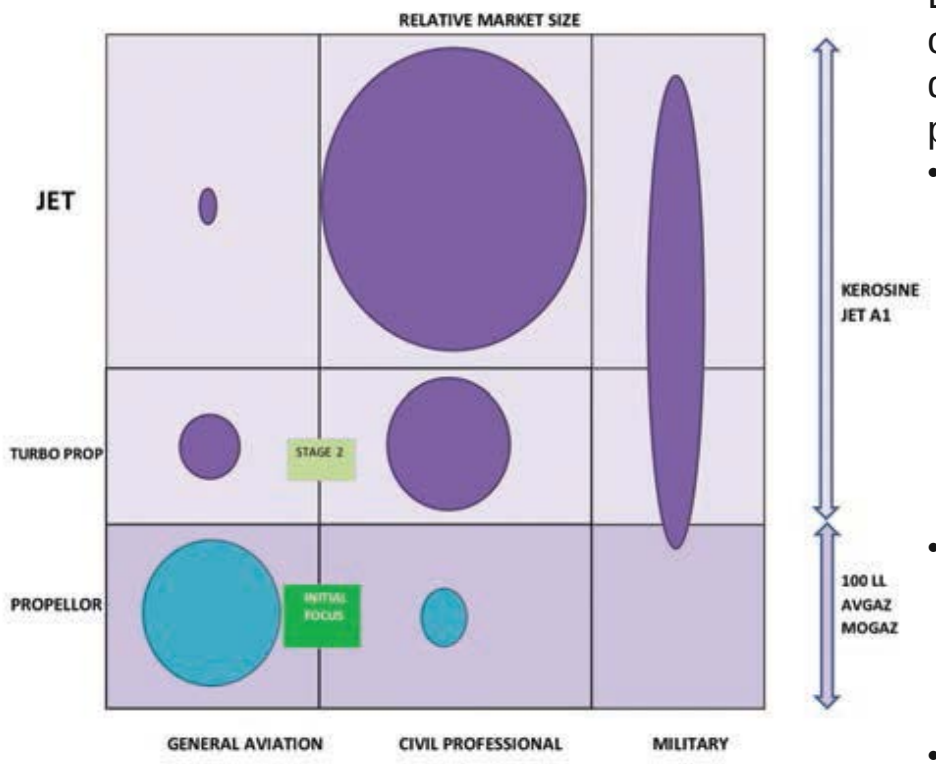
- **Advisory Council for Aeronautic Research in Europe (ACARE)**

Diminuer le CO_2/passager et km de 50%

- **Biofuel Flightpath 2020**

Projet de la Commission Européenne, prévoit d'atteindre 2 Mt /an de biocarburant aéronautique à l'horizon 2020 (soit environ 3% de la consommation européenne à cette date).

Marché de l'aviation



Taille du marché en aéronautique selon
Pan European Networks: Government N°11 "key for aviation"»

Expérience des biocarburants végétaux à prendre en compte: difficulté de tracer dans le temps le contenu des équipements de transport d'où risque de pollutions (restes) :

- Cas de contamination de FAME dans le kérosène constatés (car "collent" aux surfaces et se retrouvent dans citernes si elles servent à plusieurs transports) => alertes par EASA (SIB N°2009-1) et FAA (SAIB NE-09-25) aux producteurs car risques de corrosion, attaque des élastomères, présence de terres rares alcalins nocifs pour le moteur, point de solidification élevé -5C, stabilité thermique insuffisante conduisant à « polymérisation »
- Modification de la spécification Defstan 91-91 pour accepter 5mg/kg (5ppm - parts per million) de FAME (limite de détection) soit 1L de B5 dans 10,000L de jet fuel. Passage à 50 en 2015 et sans doute 100 en 2017
- Si détection alors vidange des réservoirs et nouveau remplissage

http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/brochures_publications/FAST_magazine/fast46-5-jet-fuel.pdf
Voir aussi Putting green in the wings- M Gill Ex. Dr ATAG 10 sept 2014 Montreal
Alternative fuels for aviation- Ph Novelli ICAO HQ Montreal 9-10 sept.2014

L’AÉRONAUTIQUE AUX USA

Jetfuels: Actions aux USA

- Les Cies aériennes US consomment 23Mds gal/an (le plus gros poste de coûts) et globalement le trafic aérien international a produit 777Mt de carbone en 2013;
- 2010: Initiative “Farm to Fly» signée par USDA, Boeing et le syndicat des Cies aériennes américaines;
- 04/2013: Farm to Fly 2.0: extension pour 5 ans et intégration FAA, CAAFI et d’autres représentants de l’industrie. Objectif: mettre sur pied une filière et produire 1Md gal/an en 2018 (pas forcément algal);
- Ex: 10/2013: Vermont Fuel Dealers Association (VFDA), CAAFI, General Systems Research, the Nordic Dairy Farm lancent un programme de culture algale (fonds USDA 51K$) en région froide à base de déchets laitiers et de brasserie dans le Vermont (région à haute densité laitière); 07/2014: bilan énergétique positif, captation engrais, pilote annoncé;
- 07/2014 : DOE rejoint le projet: assistance technique pour la production, la certification, les tests et la qualification. Fonds pour des unités pilotes et démonstration de jetfuel civils et militaires;
- F2F2 permet aussi au DOE de renforcer sa position dans le Center for Alternative Fuels and Environment récemment créée par la FAA;
- Programme de la DARPA pour un jetfuel renouvelable de qualité au moins équivalente au JP-8 existant:
  - 2 voies: cellulosique (vise 50% de rendement de conversion - Logos Technologies) ou algale (General Atomics);
  - “drop-in” fuel pour intégration sans modification des systèmes de stockage et moteurs actuels;
  - Démonstration: Open-pond (raceways ~3-4") ayant fonctionné de façon stable en conditions normales (<> extrêmes) et sans contamination >120 j en absorbant les rejets CO_2 d’une centrale thermique en 24/24. Open pond de grande taille (7,8 acres) en pente sans paddlewheels;

=> Projet algal positif: la DARPA envisage des développements;

Commercial Aviation Alternative Fuel Initiative (CAAFI)

- **Informations générales: http://www.caafi.org/**

- Création 2006: explorer des carburants alternatifs (CA), améliorer sécurité et viabilité environnementale des CA, mettre en réseau, partager l'information, identifier les ressources et diriger la recherche et le déploiement des CA;

- Accords bilatéraux: les USA ont signé des accords avec BR, AU, D, ESP. Dialogue avec la DGAC;

- Aux USA on estime qu'il faudrait 80 raffineries de 50 Mgal/an sous moins de 7 ans puis monter à 200 Mgal/an. Une unité pouvant couter jusqu'à 200 $M;

- Kérosène: 40% des coûts d'une compagnie en moyenne. Budget total US 2013: 49$Mds soit 32$Mds de plus qu'en 2000 (malgré une réduction de consommation de 3,5Mds gal) => 10 cents/gal de réduction de coût représente 1,7 $Mds d'économie/an*;

- Besoin de multiplier les produits pour rentabiliser l'unité (fuel / cosmétologie…);

- l'Environmental Protection Agency a décidé que les biokérosènes sont éligibles aux Renewable Identification Numbers (RINs);

- Coopérations internationales:


CAAFI


ABRABA/SABB


SWAFEA/Alfabird


Australia / AISAF


Aireg


Bioqueroseno.es


Sky NRG


IFP Energy Nouvelle


ICAO

*http://www.faa.gov/news/speeches/news_story.cfm?newsId=15654

CAAFI: les adhérents

• Feedstock Production, Preparation & Agronomy

Algae Systems LLC
Sustainable Oils Inc.
Great Plains - The Camelina Company
National Algae Association
Alkol Biotech
Treasure Coast Research Park

• Fuel Production

Accelergy Corporation
Biofuels Technologies Enterprises, Inc.
Byogy Renewables, Inc.Cool Planet Energy Systems
Energy & Environmental Research Center (EERC)
Gas Technology Institute
Gevo Inc.
Illinois Clean Fuels
ISFuel, Inc.
KiOR
LanzaTech
Neste Oil
Sapphire Energy, Inc.
SkyNRG
UOP/Honeywell
Velocys
Virent

• Aviation & Airport Equipment Manufacturers

Aerospace Industries Association
GE Aviation
Parker Fluid Systems Division
Pratt & Whitney
Snecma
Sustainable Technologies, Inc.

CAAFI: les adhérents

- **Fuel Supply/Support**

Air Force Research Laboratory

CLH (Compañía Logística de Hidrocarburos)

EPIC Aviation, LLC

National Research Council Canada (NRCC)

- **End users**

American Airlines

Cathay Pacific

Delta Air Lines, Inc.

Deutsche Lufthansa AG

FedEx Express

International Air Transport Association (IATA)

Southwest Airlines

United Airlines

- **Academia & Research Entities**

Aerospace Systems Design Laboratory (ASDL) at Georgia Tech

Aerospace Systems Design Laboratory (ASDL) at Georgia Tech

Aviation Sustainability Center (ASCENT)

Bauhaus Luftfahrt e.V.

Clean Technologies

Herty Advanced Materials Development Center

Mississippi State University

Northwest Advanced Renewables Alliance (NARA)

Sustainable Fuels Institute Michigan Technological University

UMaine Forest Bioproducts Research Institute (FBRI)

- **Advocacy Agencies, Public-Private Partnerships & Government Agencies**

Ex: Algae Biomass Organization

- **Service Organizations**

CAAFI: les étapes clefs selon 1

Court terme :

- **modèles économiques: évaluer les diverses approches et chaînes de production d'algocarburants**
- **Analyse fine de l'effet de la chimie des algocarburants sur les performances pour développer les spécifications et des essais spécifiques à coûts acceptables;**
- **ROI à court/moyen terme :**
- **Matière 1ère et procédés pour réduire coûts d'hydrotraitement des esters et acides gras (HEFA). Les HEFA sont qualifiés en biokérosène mais le coût reste primordial (optimisation du taux de lipide, minimisation de la surface de culture, optimisation des rendements de transformation ou élargissement des types d'huiles même de moins bonne qualité initiale pour disposer de plus de ressources);**
- **Etudes économiques comparatives des divers usages de biomasse:**
  - **Développement de technologies réduisant les coûts applicables à plusieurs types de Mat. 1ère et procédés;**
  - **Production de Mat. 1ères incorporant diverses ressources pour éviter la monodépendance et impact environnemental ou technologies permettant l'usage des déchets municipaux ou eau usées;**
  - **Maintien de la R&D sur bas TRLs;**
  - **http://atwonline.com/aircraft-engines/technology**

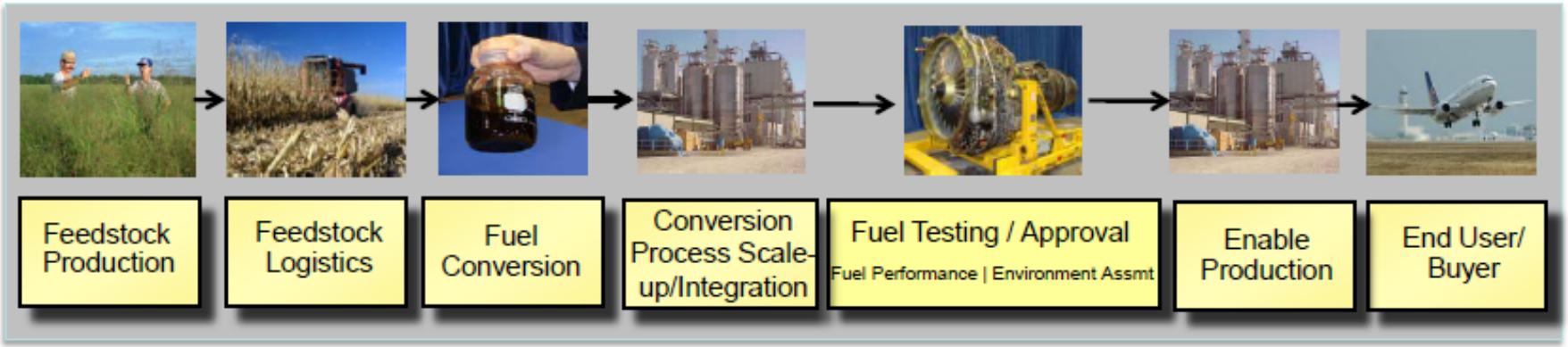
- **Création en 2013 du "Center of Excellence for Alternative Jet Fuel and Environment --The Aviation Sustainability Center - ASCENT" géré par l'Univ. de Washington et le MIT.**
- **Roadmap (2009): carburant algaux à compter de 2040; des étapes franchies mais des jalons à financer[2].**

1 http://www.caafi.org/information/pdf/CAAFI_Research_and_Development_Team_Position_Paper_updated_FINAL_2013_06_05.pdf
2 http://www.caafi.org/information/pdf/Current_CAAFI_Roadmaps_010110.pdf

CAAFI: les activités et partenaires

Coordinating Agency Efforts across Supply Chain

Facilitating Deployment and Investment



Agriculture: Biomass Crop Assistance Program & Crop Insurance Program

Agriculture: Feedstock Development Center Grants

Energy & Defense: R&D grants

Agriculture & Energy: R&D grants

FAA & Defense: C/Q Fuel testing

FAA, Defense, & NASA: Enviro Analysis

Agriculture, Navy, & Energy: Defense Production Act and Biorefinery Program

EPA: Renewable Fuel Standard

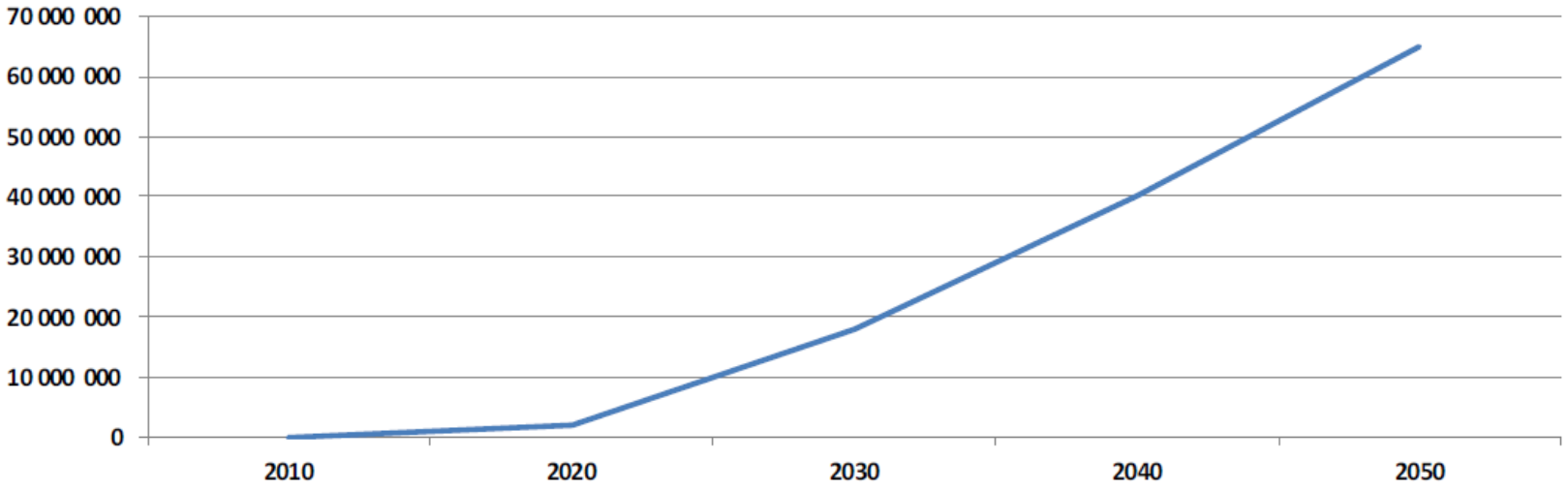
Defense & Airlines: fuel purchase

FAA: Guidance for Airports

L’AÉRONAUTIQUE EN EUROPE

Marché européen du kérosène

- **Marche européen du kérosène (en t) selon l'étude finale SWAFEA 2011**
  - **Si les biokérosènes en prennent 1% en 2040 il faudrait 400 000 t**



Actions françaises[1] en biocarburants

- **L'IATA recommande d'utiliser en 2017 10% de carburants alternatifs et de tendre vers 100% en 2050;**
- **Mi-2007: DGAC lance l'initiative Ini-FCA (Futur Carburant alternatif) avec Airbus, Safran, Dassault Aviation, Air France, IFP Énergies nouvelles, EADS-IW, l'Onera, l'ANR, le service des essences des Armées, la DGA et la DGEC;**
- **2011: Résultats du programme de recherche SWAFEA (Sustainable Way for Alternative Fuel and Energy in Aviation) coordonné par l'Onera: établir un état des lieux des carburants aéronautiques alternatifs;**
- **Vitrine d'Aibus: le Lab'line: communication autour du développement durable et 1 vol/semaine Paris Toulouse en biokérosène (10% de Farnesane);**
- **Notons que la France dispose d'un motoriste, Snecma (Safran), qui en tant que tel participe en amont à la définition des normes des biocarburants et en aval, en support aux compagnies aériennes dans leur utilisation opérationnelle;**
- **Le projet européen CleanSky est plus large que le carburant; il implique les technologies de réduction de consommation et de bruit par exemple;**
- **Selon** http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Aviation_et_petrole.pdf **en 2012**

« *La culture industrielle d'algues pourrait être la meilleure solution ne présentant pas de concurrence avec l'alimentation; sur une surface équivalente à la Belgique, elle pourrait selon certains experts fournir une bonne partie de la production des besoins mondiaux. Selon Airbus, ces biocarburants pourront représenter 30 % du besoin total en 2030.».*

1 « Carburants alternatifs Les efforts s'intensifient » Olivier Constant Magazine de l'aviation civile, N°35 d(ec 2010

Actions d'Airbus-EADS

- **En 2010, EADS a fait voler un bi-moteur avec un carburant 100% algues et indiquait avoir pour cela acheté la «quasi-totalité du kérosène aux algues actuellement produit dans le monde», (Jean Botti, Dr technologie)notamment auprès de la société allemande IGV (100 kilos d'algues pour 22 litres d'huile d'algues raffinée en 21 litres de biocarburant par le groupe argentin Chubut et adaptée aux besoins de l'aviation par l'allemand VTS).**
- **En 2012, Airbus, EADS Innovation Works et ENN (spécialiste de la bioénergie) ont annoncé un accord pour la qualification technique de kérosène algal à destination surtout du marché chinois en pleine expansion. Après une première phase d'analyse, des vols d'essais étaient prévus pour 2013 en Chine (usine pilote conçue par ENN pour 10 t/an d'huile d'algue);**
- **La stratégie d'Airbus consiste à créer des chaînes de valeur réparties géographiquement: l'Amérique latine, l'Australie, l'Europe, le Moyen-Orient et l'Asie (CN);**
- **Airbus devait participer à la plateforme AlgoSolis de Saint Nazaire aux côté de Total, mais s'est finalement retirée;**
- **Elle participe a une plateforme près de Munich avec l'université;**
- **Son avion fusée Zhest (concept de remplaçant du Concorde) fonctionnerait avec un carburant algal en première phase de vol en 2050.**

Projets de recherche France

- **Défi-algues: Alphabiotech, PSA, EADS, l'Inria et le GEPEA (Génie des Procédés Environnement Agroalimentaire Énergie Mer). Bilan énergétique et environnemental pour un procédé intégré d'exploitation durable. Installation de 900 m2 en place;**

- **ALBIUS - AFD/Oseo: Production de biocarburant à partir de microalgue. Bioalgostral Océan Indien, IGV GmbH, VTS, IFREMER;**

- **Projet CAER: Carburants Alternatifs pour l'Aéronautique, 2012 – 2015, Financement DGAC, coordonné par IFPEN avec Dassault, EADS IW, Snecma, Total, Airbus, CNRS, INRIA pour de nouvelles voies de production de biocarburants en adéquation avec les moteurs aéronautiques.**

AIREG: Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany

- **Objectif 2025: émission CO2 = (celle de 2005)/2 et produire 10% du jetfuel;**
  - **Des raffineries domestiques dont au moins 1 de taille industrielle;**
  - **Accords bilatéraux pour garantir l'approvisionnement mat. 1ères;**

- **Création 2011: compagnies, aéroports, R&D, industrie aéronautique et autour des mat. 1ères;**
- **Constat: 2 procédés de production fiables et une ½ 12aine certifiables à moyen terme. Pas une raffinerie capable de produire du biokérosène en D en 2009 d'où cartographie des raffineries et pipelines adaptables + analyse sources mat. 1ères;**
- **Support aux bio-raffineries "Reconstruction Loan Corporation»: subvention de 30% et prêt à taux réduit pour les 70% d'où 1ère usine prête en 2015. Une usine de production de 800 kt (biodiesel, jetfuel et bio-naphta) via l'HEFA coûte €600 M à €1 Md. Pour tenir 10% en 2015, il faut au moins 2 usines.**

- **Document de base du gouvernement D " Mobility and Fuel Strategy (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, MKS)," pour réduire les GES du transport de 40% en 2020 (base 1990);**
- **Sept 2014: vol commercial Lufthansa Frankfort/ Berlin après 6 mois d'essais d'un biokérosène issu de bagasse "Farnesane " développé par Amyris (CA) adossé à TOTAL (investissement et distribution); D'autres développements couvrent le jatropha avec JatroSolutions (start-up soutenue par le EnBW via un MOU pour créer une chaîne d'approvisionnement;**
- **Selon AIREG: la mat. 1ère est le plus gros coût pour le moment pour les biocarburants et même la liquéfaction du biométhane (Bio-GTL), qui fonctionne, n'est pas encore compétitive.** **http://www.aireg.de/images/downloads/NEAF%20ausformuliert%20englisch.pdf**

Hydro-processed esters and fatty acids (*HEFA) MOU Memorundum of Understanding*

AIREG: organisation

- **Groupe Feedstock Provision: quelle mat. 1ère? Quantité? Zone d'approvisionnement? Quel biofuel? A court, moyen et long terme. Chairman: Prof. Dr. Stefan Rill, phytolutions et Deputy Chairwoman: Klaus Tropf, JatroSolutions GmbH;**

- **Groupe Feedstock Conversion: roadmap pour un kérosène: standard des technologies de production et opportunités moyen terme? Financements associés dans le temps ? Evolution des GES? Chairman: Prof. Dr. Martin Kaltschmitt, Tech. Univ. Hamburg-Harburg et Deputy Chairman: Dr. Mathias Mostertz, Linde AG;**

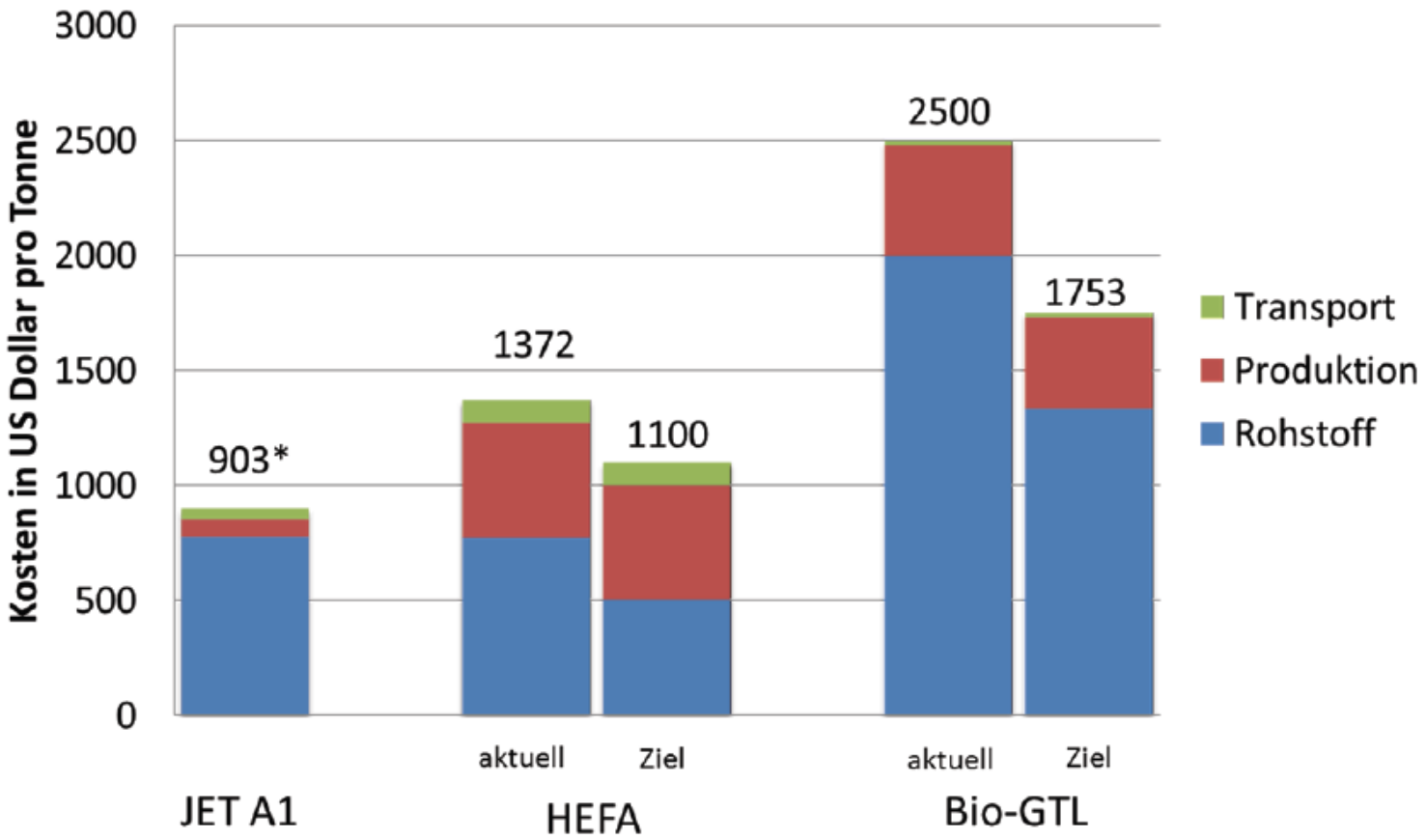
- **Groupe Quality and Certification: logistique et approvisionnement qualifiés dans le temps. Aide aux acteurs émergents. Accélération des certifications (collaborations internationales); comparaison biofuels actuels/kérosène. Evolution du Jet A-1. Chairman: Dr. Alexander Zschocke, Deutsche Lufthansa et Deputy Chairman: Dr. Ralf von der Bank, RR;**

- **Groupe Sustainability: intégrer l'écologie, l'économie et la société dans les procédures et choix Aireg. Quelle mat. 1ère? Evaluation de scénari. Intégration de l'émissions trading? Chairman: Dr. Christoph Jessberger, Bauhaus Luftfahrt et Deputy Chairman: Rania Al-Khatib, Deutsche Post DHL**

- **Contact : Lukas Rohleder, Political and Public Relations lukas.rohleder@aireg.de Phone: +49 30 700 118515**

http://www.aireg.de/en/

AIREG: répartition des coûts



1

AIREG: adhérents



































































Projet Aufwind (Allemagne)

- **Budget: 7,7 M € dont 5,4 du Ministère Alimentation, agriculture et protection du consommateur (BMELV) (06/2013-11/2015);**
- **Dépasser l'échelle du laboratoire: microalgues vers kérosène;**
- **Une étape de comparaison de divers PBR en Europe Centrale;**

- **12 partenaires**

AUFWIND

JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

The AUFWIND Team

Gefördert durch: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

AIRBUS GROUP

b-tu Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

DBFZ

VTS

IGV GmbH

Technische Universität München

phytolutions Mehr aus Algen. More than Fuels.

verbio Biofuel and Technology

RWTH AACHEN UNIVERSITY

NOVAgreen Projektmanagement GmbH

Fraunhofer UMSICHT

JACOBS UNIVERSITY

Projet Aufwind (Allemagne)

AUFWIND

JÜLICH
FORSCHUNGSZENTRUM

Algae to jetfuel

Algae
- Cultivation of algae in reactor
- Concentrated slurry

Oil
- Cell disruption and extraction
- Algae-oil „green crude“

Kerosene
- Hydration (saturation), Cracking
- Alkanens (kerosene & diesel) –

LCA

20. Oktober 2014

Folie 10

- 3x 500m² algae in PBRs
- All inputs and outputs monitored (LCA)

Un projet est en préparation pour faire suite mais les partenaires ne s’expriment pas sur ce point

Projet Sea Green

L'université de Cranfield (Sea Green) a participé au projet pour atteindre une échelle commerciale de kérosène algale «SURF»;
Les partenaires sont Airbus, British Airways, Rolls-Royce, Finnair, Gatwick Airport et l'IATA. Cranfield intervient via son pilote qui devrait a terme être une installation sur l'océan. Le projet doit atteindre un stade commercial en 3 ans.

L'AÉRONAUTIQUE DANS LE RESTE DU MONDE

En Chine

- **L'Administration de l'Aviation Civile chinoise (CAAC) a décidé en 2011 de baisser les émissions de CO2 de 22% en 2020 (base 2005);**
- **Du fait de la taille de la Chine: 2400 km séparent Beijing de Guangzhou, et induisent 23 000 L de jet fuel (soit 1,68 M de yen) et 57 t. de CO2. Le carburant représente 40% des coûts des compagnies chinoises;**
- **Petro China (l'un des plus grands acteurs pétroliers locaux) a lancé un programme de biocarburants a base de jatropha;**
- **09/2010: Boeing a créé un laboratoire commun, le Joint Research Lab. for Sustainable Aviation Biofuels (JRLSAB), avec Qindao Inst. of Bioenergy and Bioprocess Technology (QIBEBT; laboratoire de l'académie de Sces chinoise) à base de microalgues: 3 ans et 3M $US par chaque partenaire; objectif : mise en œuvre sous 5 ans et commercialisation sous 10 ans.**

Au Japon

- **05/2014: création de la Next Generation Aviation Fuels (INAF), consortium de compagnies aériennes (Japan Airlines Co., Nippon Cargo Airlines Co., All Nippon Airways), universités (Tokyo) et d'autres organisations (Boeing Co., Narita International Airport Corp. et Japan Petroleum Exploration Co, Euglena Co) pour produire des biofuels au Japon et alimenter des vols commerciaux en 2020. En avril 2015, le groupe doit avoir établi sa feuille de route (prévision de la production – déchets, plantes non alimentaires et algues - jusqu'à la production et aux infrastructures de distribution);**
- **Les agences gouvernementales et ministères y participent en tant qu'observateurs;**
- **Si Japan Airlines dès 2009, suivie de All Nippon Airways et Nippon Cargo Airlines ont déjà réalisé des vols tests avec des biocarburants, elles ne sont pas passées aux vols commerciaux faute de carburant disponible au Japon.**

http://www.algaeindustrymagazine.com/algal-biofuels-2020-tokyo-olympics/

Conclusion aéronautique

- **L'aéronautique ne représente certes pas le plus gros marché du pétrole Mais**
  - **Elle cherche un carburant «drop-in»: carburant pouvant se substituer au Jet Fuel conventionnel, en partie ou en totalité, avec le minimum de modifications des avions et des moteurs existants ou en développement;**
  - **Du fait de ses cycles longs (quelques décennies) et des enjeux économiques plus critiques, elle ne peut comme l'automobile adapter ses moteurs aux carburants;**
  - **Les certifications sont mondiales et très strictes (cycles d'évolution très longs également);**
  - **L'approvisionnement doit être identique partout dans le monde (6 chaînes de valeur géographiques étudiées par Airbus). Ce point est commun avec la marine;**
  - **Des avions ont déjà volé avec du carburant tout ou partie algal;**
  - **Les algues présentent des caractéristiques (composition) plus compatibles que d'autres biomasses.**

- **Des concurrents* existent car différentes classes de carburants «drop-in» ont été identifiées:**
  - **Les kérosènes synthétiques (SPK) partant de ressources fossiles (CTL, GTL): aucun intérêt environnemental mais peuvent constituer des carburants alternatifs de transition;**
  - **Les biokérosènes synthétiques (bio-SPK) partant de déchets de biomasse (BTL);**
  - **Les huiles végétales traitées par l'hydrogène (HRJ), à partir de cultures dédiées, sans compétition avec la production alimentaire, ou de cultures de micro-algues;**
  - **Des carburants issus d'un traitement thermochimique d'hydrocarbures obtenus par traitement biochimique de végétaux;**
- **L'aviation est sans doute le premier marché à atteindre** (voir projets au Japon prévision de 5% du kérosène en 2030);

- **Airbus a déclaré en 2010 que 30% de son carburant pourrait être algal en 2030 et le CAAFI dans sa roadmap de 2009 annonçait le kérosène algal pour 2040.**

http://turbo-moteurs.cnam.fr/publications/pdf/conference3_2011.pdf

LA MARINE

Généralités

- **Le carburant pour la marine représente 300- 400 Mégatonnes /an dont 90 % pour les cargos;**
- **La marine utilise pour l'heure essentiellement des carburants «bas de gamme», les *High Sulfur Fuel Oil* (HSFO), très visqueux (700 cSt contre 5 pour le diesel) et contenant de grandes quantités de S (2,7 à 4,5%) et N d'où émission de NOx et SOx;**
- **Apparition des zones «Emissions Control Areas (ECAs)" depuis 2012 et des "SOx Emission Control Areas (SECA)" en Baltique (10% du trafic) et dans le Channel (2006 et 2007);**
- **Soit les opérateurs achètent un carburant propre, soit ils équipent les navires d'un équipement dit " *Selective Catalytic Reduction* (SCR)" très couteux (3M$);**
- **Mêmes questions que dans l'aéronautique: carburants «drop in» préférés, impossibilité de remplacer les moteurs pour les adapter à un nouveau carburant; disponibilité mondiale de qualité connue**

En foncé les ECA existantes, en clair les probables a venir



Alternative Fuels for Marine Applications: Future Marine Fuels Study IEA – AMF Annex 41 Report (Final) May 2013

Généralités

- **Le coût des HSFO (le moins cher): 700 US$/ton , le diesel “marine”: 1,000 US$/ton;**
- **Les candidats :**
  - **Fatty Acid Methyl Esters – FAME non compatible (émulsion avec l’eau) et refusé par l’US Navy;**
  - **méthanol: moins cher à implémenter que le GNL, un peu plus cher que GNL et induit des risques de corrosion, et pouvoir calorifique inférieur/m3;**
  - **Biocrude (pyrolyse de déchet ou biomasse): indice de cétane trop bas, problème de lubrification, contenu en eau.**
  - **Microlagues: drop in; compatible avec les carburants et moteurs. L’US Navy a validé des mélanges 50/50 avec du diesel, pas de SOx mais indisponible à l’échelle industrielle;**
  - **GNL: compatible, prix équivalent (1,000 US$/ton) et il apporte 20-25 % d’énergie en plus ce qui le rend encore plus attractif, mais vidange des réservoirs si stationnement à quai de longue durée (perte) et quelques ajustements de sécurité, disponibilité partielle. Wärtsila par exemple y travaille * et développe des moteurs de navires compatibles.**

Pas de candidat idéal même si des mélanges de carburants (pétroliers/biocarburants) et le GNL ont fait leurs preuves.

- **01/2015: Etude par le Sénat du projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte et demande au Parlement d'autoriser le Gouvernement à procéder à la transposition par voie d'ordonnance de la directive 2012-33-UE sur la teneur en soufre des combustibles utilisés dans le transport maritime et d'adapter le dispositif juridique aux outre-mer.**

Alternative Fuels for Marine Applications: Future Marine Fuels Study IEA – AMF Annex 41 Report (Final) May 2013

* Towards Green & Efficient Maritime Cluster In The Central Baltic Region” - Future ship Meriton Grand Conference & SPA Hotel 13.2 2013

La Marine américaine

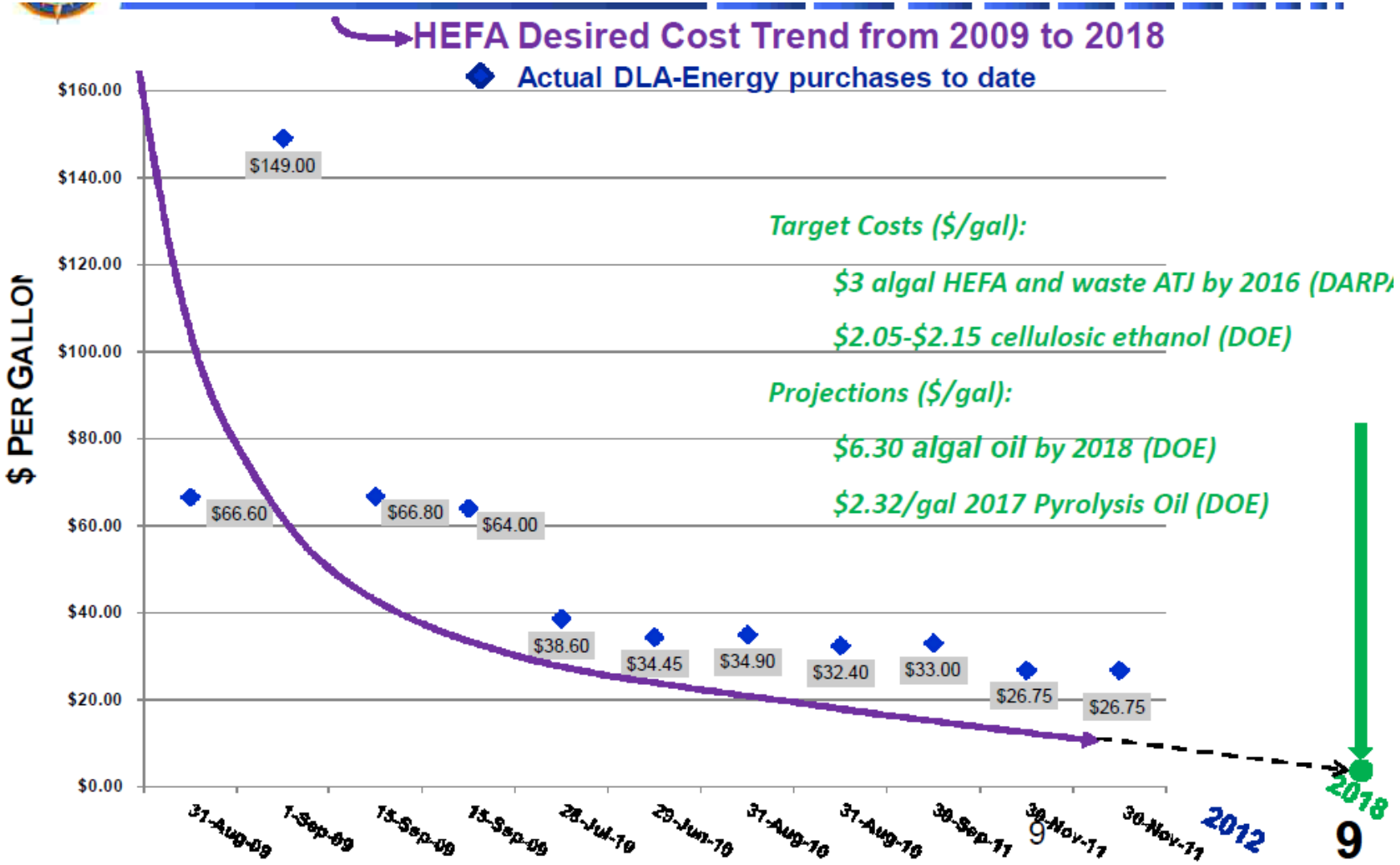
- **07/2014: Mark Matsunaga (U.S. Pacific Fleet Public Affairs) déclare que les prochains exercices dans la zone Pacifique pourraient se faire (bateaux, avions) sur des biocarburants;**

- **Volatilité du marché: budgets serrés des agences de défense. Dans certaines zones (Asie Pacifique) peu de producteurs de pétrole mais une forte consommation; l'intervention loin des bases peuvent entrainer des tensions. La production au plus près du théâtre des opérations d'un carburant "drop in" constitue un avantage décisif.**

- **Les critères de choix du « Department of Defense Alternative Fuel Policy »:**
  - **Drop in et conforme aux spécifications des carburants existants;**
  - **Usage des structures de transport et distribution existantes sans modification des plateformes armées;**
  - **Compétitif en termes de coûts et cycle de vie avec les produits pétroliers;**
- **➔ différents des carburants 1G et 2G automobiles car diesel et jetfuel pour avion et marine. Contiennent moins d'oxygène que les bio-éthanol et Diesel 1G/2G, mais même densité énergétique;**

- **Great Green Fleet 2012 (RIMPAC 2012): démonstration en vraie grandeur de l'usage par une flotte de ces biocarburants issus d'huile de cuisine et d'algues. 18 pleins en mer soit 3 400m3 de mélange à 50% de biocarburant (2 650 m^3 de diesel hydrotraité (HRD76) pour les bâtiments et 750m^3 de jetfuel hydrotraité (HRJ5) pour les avions).**
- **Prochaine étape «Great Green Fleet 2016»: US Army vise 50% de biocarburant. Les achats sont déjà lancés. L'US Army propose même à certains partenaires de profiter de son expérience de tests et certification pour répondre à leurs besoins, voire pour les US.**

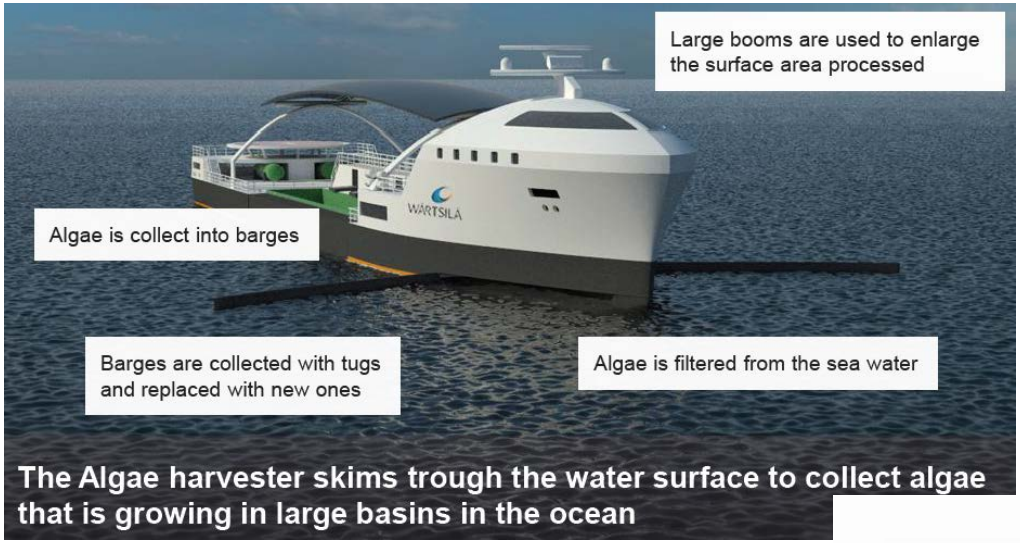
Objectifs de l'US Navy



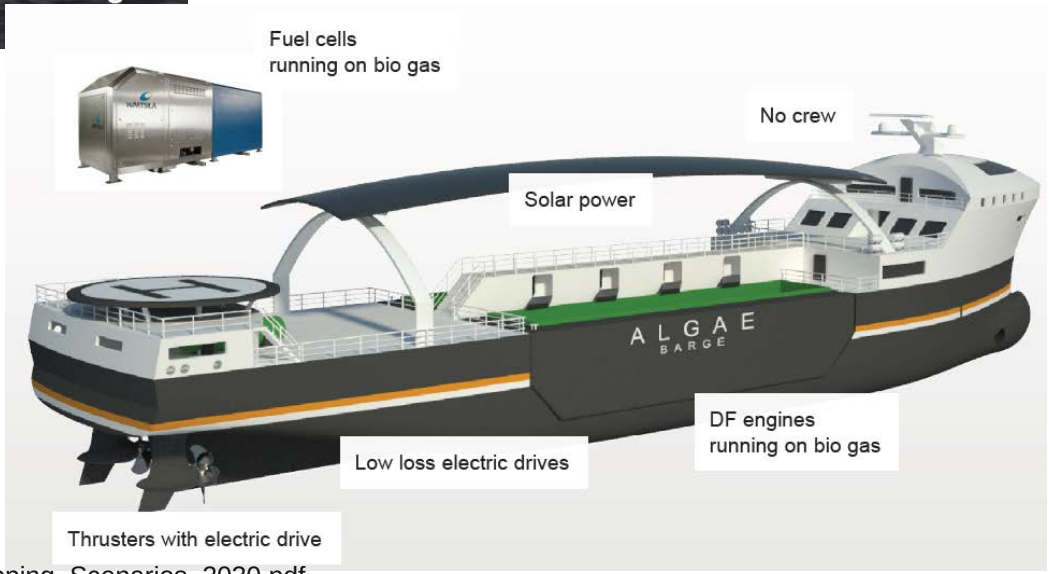
http://www.aisaf.org.au/sites/aisaf/media/29.pdf

Prospective selon Wärtsila

- **Pour utiliser les algocarburants de nouveaux navires sont nécessaires qui récoltent les algues cultivées dans des parcs dans l'océan. Quand la barge est pleine un collecteur vient la changer**



Le futur selon Wärtsila:
- efficacité: facteur clef;
- Réduction des émissions;
- Plus de navires en multi carburants.



- **Oskar Levander**

Head of Conceptual Design +358-40-832 2256
oskar.levander@wartsila.com

http://www.shippingscenarios.wartsila.com/Ship_Concepts_For_Shipping_Scenarios_2030.pdf

Conclusion Marine

- La marine représente de très gros volumes annuels et les carburants algaux peuvent être utilisés directement en mélange avec des produits pétroliers; ils ne dégagent pas de SOx;
- Mais ils ont encore indisponibles;

- Des concurrents existent mais aucune alternative technique ne remplit entièrement le cahier des charges actuellement. Le marché va se structurer dans les années à venir avec une diminution des HSFO;

- Marché des navires: marché à cycle long (renouvellement de la flotte);

- La marine pourrait, à long terme, devenir un marché si, entre temps, aucune solution parmi les alternatives connues n'a pris le leadership.

Conclusions sur biocarburants algaux

- **La production de biomasse algale implique un minimum de transformation sur place (culture, récolte, séchage, extraction) en raison du coût de transport ;**

- **Des démonstrations en Europe, en Chine, au Japon et aux USA: des voitures, bus, avions et navires fonctionnent avec des carburants contenant des produits issus d'algues;**

- **Intégration des huiles issues d'algues compatible avec les raffineries existantes;**

- **Concurrence de l'électricité pour les véhicules légers mais peu probable pour marine/aviation. La marine vise plutôt le GNL mais l'aviation n'a pas le choix elle doit passer aux biocarburants;**

Plus forte pertinence pour le diesel de bonne qualité et le biokérosène

- **Selon l'ALGOGROUP (2013) il n'est guère probable de voir ces carburants à l'échelle industrielle avant 10 - 15 ans et d'ici là les ACV auront sans doute été modifiées (aspects réglementaires) ce qui suppose de les réactualiser.**

"The implications are that the supply of CO_2, nutrients, and water, in particular, can be expected to severely limit the extent to which US production of algae biofuel can be sustainably expanded unless approaches are developed to mitigate these resource constraints in parallel to emergence of a viable algae technology. Land requirements appear to be the least restrictive…" **

- **Plusieurs modèles économiques identifiés sur la chaîne de valeur.**

Algae Based Transport Fuels- Manfred Woergetter* BioEnergy 2020+; Eco-Mobility 2012 7th A3PS conference
** Pate R. et al., Applied Energy, Volume 88, Issue 10, pp. 3377– 3388

Partie C: Eléments de marché.

C.2 Positionnement du marché des biocarburants de 3e génération

C.2.3 La structure des coûts

Réalisation: FIST

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Structure des coûts

Selon T.M. Mata, la récolte peut représenter 20-30% du coût de la biomasse;
Le biodiesel algal peut être obtenu par croissance hétérotrophe ou autotrophe et le coût du carbone dans le 1er cas représente 60−75% du coût du biodiesel;

Selon Algaelink:

- **CO2 : 1,7- 2,8kg CO_2/kg algue;**

Marché du carbone, disponibilité d'une source CO_2 — **coût : <0 à 0,2 €/kg**

- **Lumière: si soleil variation j/n et saison, problème de transmission dans la culture, mélange des algues dans le milieux , lumière artificielle (donc prix énergie local)** — **coût : 0– 0,25 €/kWh**
- **Nutriments: rejets, eaux usées locaux ou fertilisants acheminés** — **coût : <0-1,5 €/kg**
- **Eau: nature et disponibilité très variable** — **coût : <0 à 0,2 €/L**

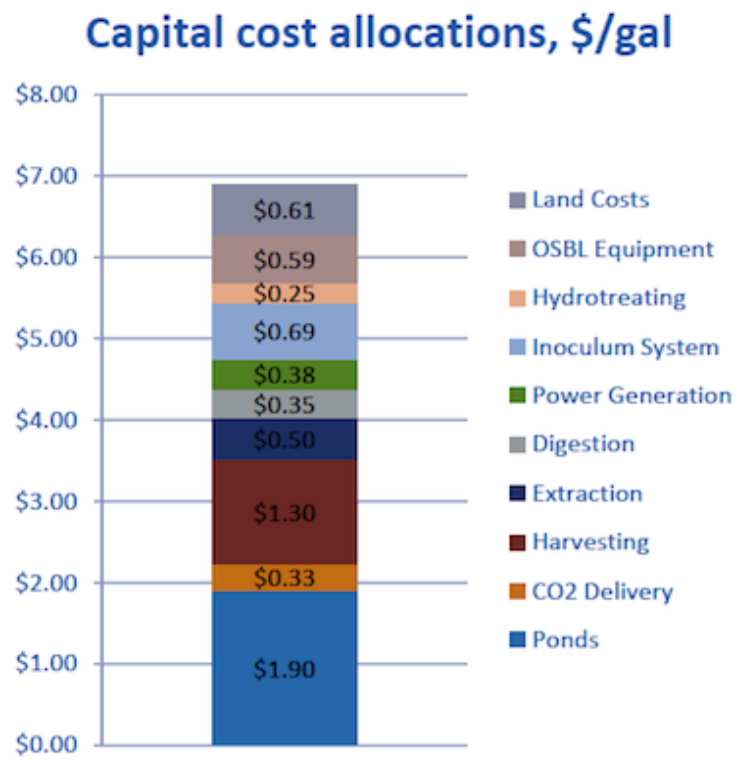
La productivité en biomasse et le taux de lipide influent sur le cout final;

Selon Algasol (2014), le coût d'installation, selon la technique de culture, en milliers d'US$:
52,5/ha (technique Algasol) < 500/ha (OP) < 8,000/ha (Tube & Flat Panels) <18,000+/ha (Fermentation)

Dans son système, Algasol annonce 70g biomasse/m^2/j et une concentration de biomasse de 12g/L/j contre une concentration de 0,1g/L/j en OP; 3-4 en PBR; soit le sysème le plus économique.

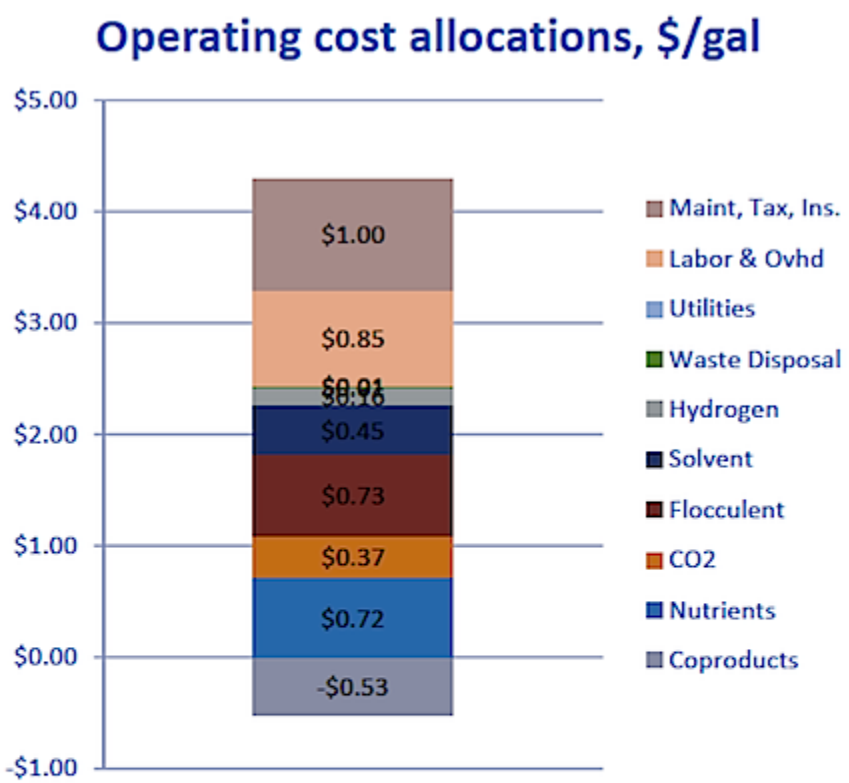
Microalgae for biodisel production and othe applicaitons : a review ; T.M Tmata et al- Ren. And Sust. Energy Review 14(2010)

Coûts selon NAABB



Largest capital cost allocations:

1) Ponds + paddle wheels ($1.90/gal)
2) Harvesting ($1.30/gal)
3) Inoculum system ($0.69/gal)

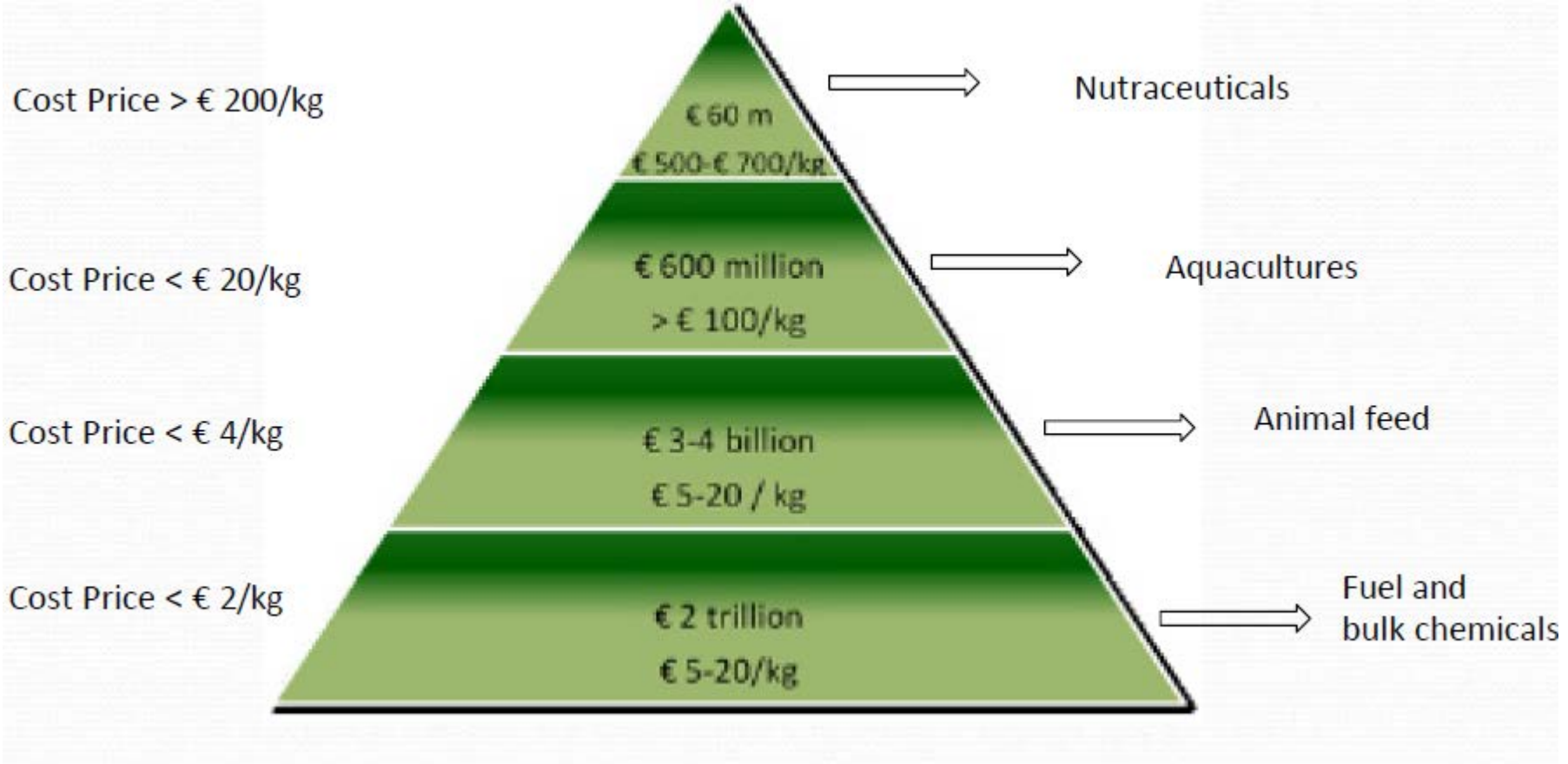


Largest operating cost allocations:

1) Maint, tax, insurance ($1/gal)
2) Labor/overhead ($0.85/gal)
3) Flocculent ($0.73/gal)

http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/10/13/where-are-we-with-algae-biofuels/

Prix des produits algaux IEA 2009

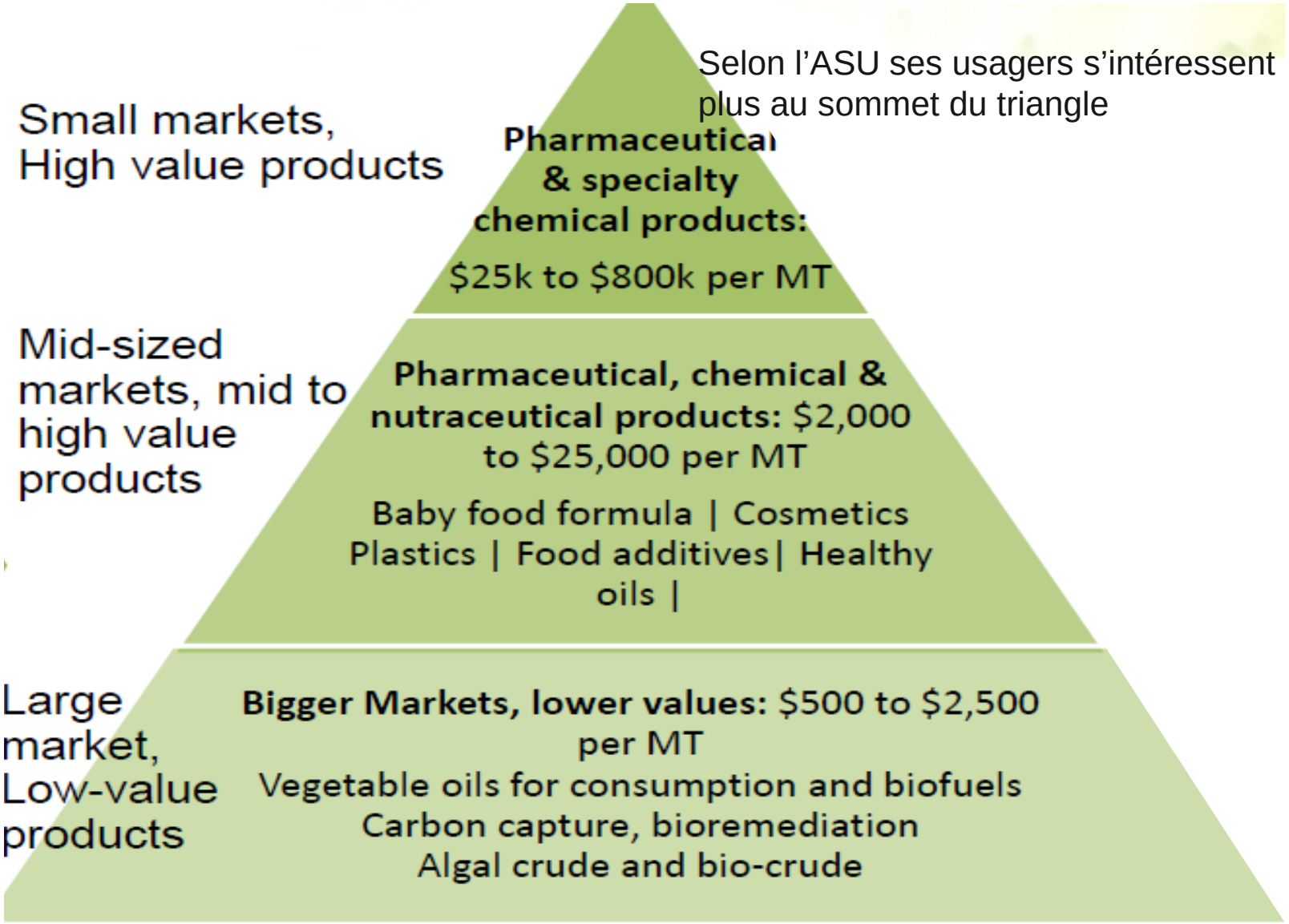


Résultats du NAABB: les coproduits ont plus de valeur sur le marché des ruminants qui permet un ajout de valeur de $160/t et l'aquaculture (encore $100 de plus/t) mais les fertilisants ont moins d'intérêt à $30/t.

Figure selon IEA Bioenergy –Liege- 1 October, 2009; P. van den Dorpel Algaelink
Résultats du NAABB http://www.algaeindustrymagazine.com/aim-interview-naabb-jose-olivares/

Prix des produits algaux 2014[1]

Selon l'ASU ses usagers s'intéressent plus au sommet du triangle



1 http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/06/29/are-we-there-yet-the-positioning-and-repositioning-of-the-algae-industry/

Changements d'échelle et coûts prospectifs

- **De nombreux groupes de recherche tentent de modéliser les effets du changement d'échelle et d'en apprécier les effets sur la variation des coûts (voir page suivante travaux de Wageningen);**

- **Modélisation complexe car liée à de nombreux paramètres pas forcément indépendants: nature de l'algue, type de culture et mode de récolte, produits visés, réglementations (prix des carburants plus ou moins soutenus selon leur nature et le lieu…);**

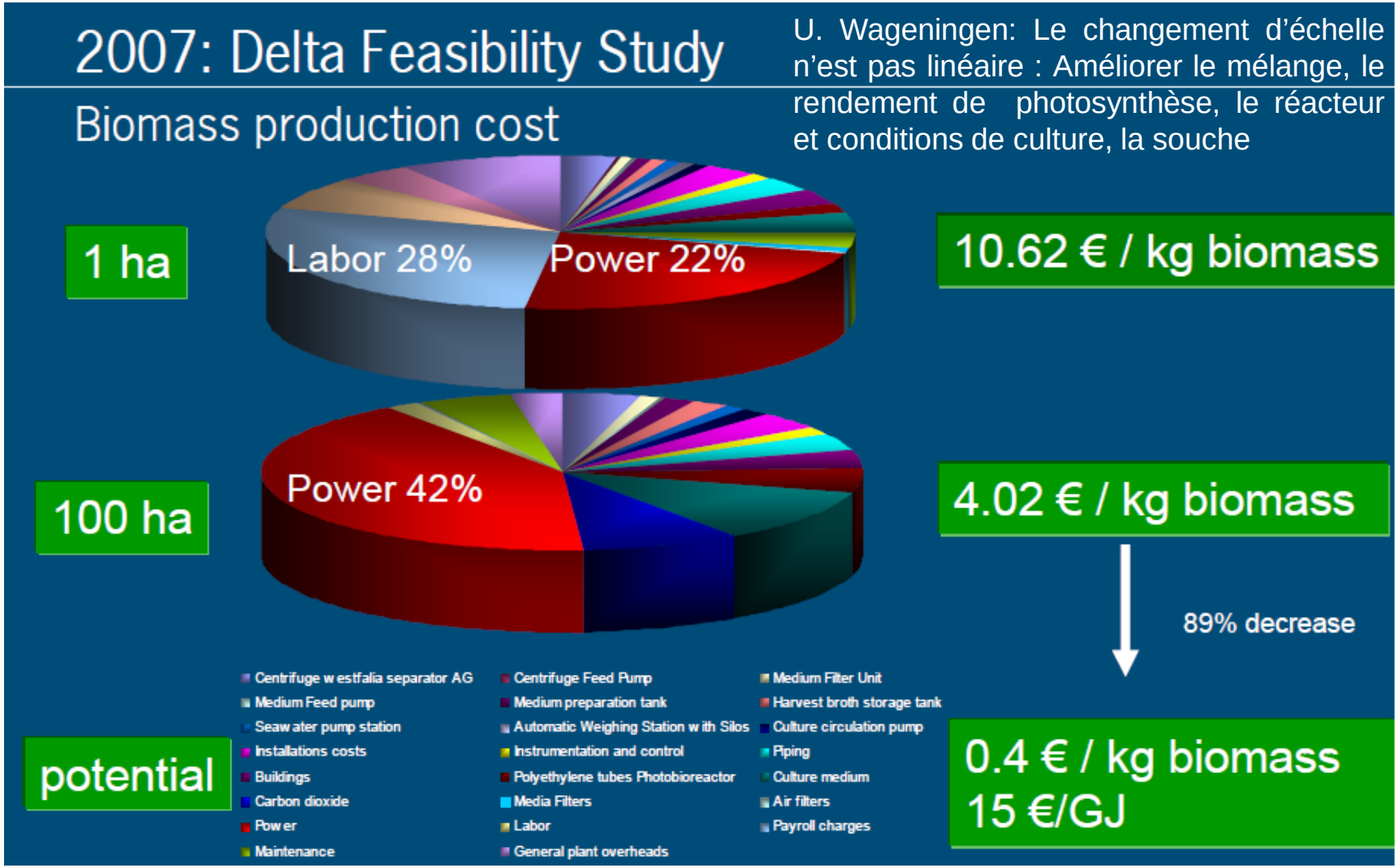
- **Une étude de Wageningen prévoit selon ses paramètres de culture propres sur 100 ha de culture:**
  - **Des coûts de 3,10 à 12,70 € kg-1 masse sèche selon l'état de l'art; coût variable avec le système de culture sans relation linéaire entre productivité et coûts de production;**
  - **Un cout supplémentaire de traitement à 0,5 € kg-1 permettrait de tenir des coûts de production de 8,30 et 16.15 € kg-1 pour l'huile et les protéines (10 fois les coûts de référence actuels);**
  - **Un coût industriel sous 10 à 15 ans se situerait vers 0,68 € kg-1 (biomasse) soit 2,13 et 3,75 € kg-1 (en conservant le traitement a 0,50 € kg-1).**

- **Selon [1] pour produire 100t de biomasse et consommer 183 333 kg de CO_2 atmosphérique, on obtient la structure de couts suivante:**
  - **rendement production PBR supérieur de 38% de celui de l'OP;**
  - **Récolte des algues 2,95 $/kg en PBR et 3,80 $ en OP (et respectivement 0,47$ et 0,60$ si on passe a 100 000 t de production);**
  - **Si on extrait 30% d'huile (en masse), le litre de cru coûterait 1,40 $ en PBR et 1,81 $ en OP;**
  - **Si le rendement de conversion cru/biodiesel est de 66%, on atteindrait 8,03 $/gal en PBR et 10,38 $/gal en OP.**

Pour un exemple d'installation hydrothermale (Kingston, Ontario) et calculs de rentabilité : https://www.youtube.com/watch?v=5P2hqyw393Q

1 An Overview of Algae Biofuel Production and Potential Environmental Impact- Marc Y. Menetrez; Environ. Sci. Technol. 2012, 46, 7073−7085

Changement d'échelle



Besoin d'un système intégré sur la chaine de valeur et bilan énergétique à rendre positif

Changements d'échelle et coûts prospectifs

- **En 2010, le Lawrence Berkerley Nal. Lab. indiquait 240- 332 $ comme coût de revient d'un baril d'huile produite à partir de micro-algues;**
- **Coûts de Production estimés pour "l'huile brute" entre 0,75 US$/l à 5.00US$/l (sans les coûts de conversion selon *Darzins et al., 2010);***
- **Selon [1] il faut atteindre une unité de 1 M Gal/an de biofuel pour pouvoir valider les coûts;**
- **Couts de production 0,5 à 6 €/t matière sèche selon projets et qualité du produit final, soit prix de revient généralement > 5 €/L pour la production de biodiesel (FAO 2010). Wageningen[2] indique 5,5 € kg-1 de biomasse sèche (conditions actuelles à l'échelle industrielle), avec la possibilité d'atteindre 0.68 € kg-1 si la technologie se développe.**
- **Selon les sources:**
  - **Etats-Unis: $2, Australie: $8-10, Portugal: 5€ pour le biodiesel et > $1 pour le bioéthanol (USA); TransAlgae Corp. (JP) annonce un carburant à 0,247 $/L contre $0,38/L pour le pétrole actuellement;**
  - **Le DOE vise 0,8 $/L de biodiesel en 2030; en 11/2014 le NREL déclarait «** un gallon d'algocarburant coûte 4 fois le prix d'un gallon de diesel »;
    - **01/2014: IHI NeoG Algae LLC annonce avoir diminué ses coûts de production de $9,60 à $4,80/L et vise $0,96 pour 2020.**
    - **Solix produirait 18 900 à 30 2000 litres d'huile/acre et an (~ 42 à 67 t ha−1·a−1, pour une densité de 900 kg·m−3).**
    - **L'univ. de Wageningen prédit un coût de production de 1.37€/kg biomasse dans un PBR plat aux Iles Canaries et 0,75€/kg voire mieux si on augmente la productivité photosynthétique de 20 %.**

1 An Overview of Algae Biofuel Production and Potential Environmental Impact- Marc Y. Menetrez; Environ. Sci. Technol. 2012, 46, 7073−7085
2 Norsker N-H, Barbosa MJ, Vermuë MH, Wijffels RH. Microalgal production - A close look at the economics. Biotechnology Adv. 2011;29:24-7.

Projections

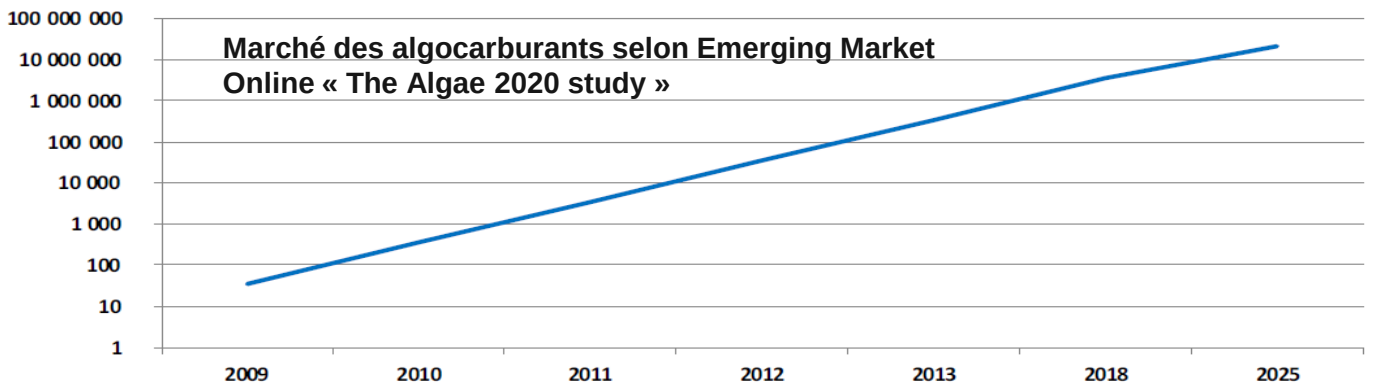
- **Selon[1] les projections industrielles d'algocarburants :**
  - **production industrielle sous 1 à 2 décade;**
  - **marché de 1,6 Md$ en 2015 soit 43% de croissance/a entre 2010 et 2015;**

- **Sur la base des annonces de producteurs on prévoit 380 à 3 800M litres en 2015 (Emerging Markets Online) ou beaucoup moins: 230 Mlitres (Pike Research) en 2020. Enfin les coûts de production devraient descendre à 0,26 US$/L, l'équivalent d'un baril de pétrole à 60 US$/bbl;**

- **Greentech Media Research a prédit 22,7 Mds litres/an en 2022;**

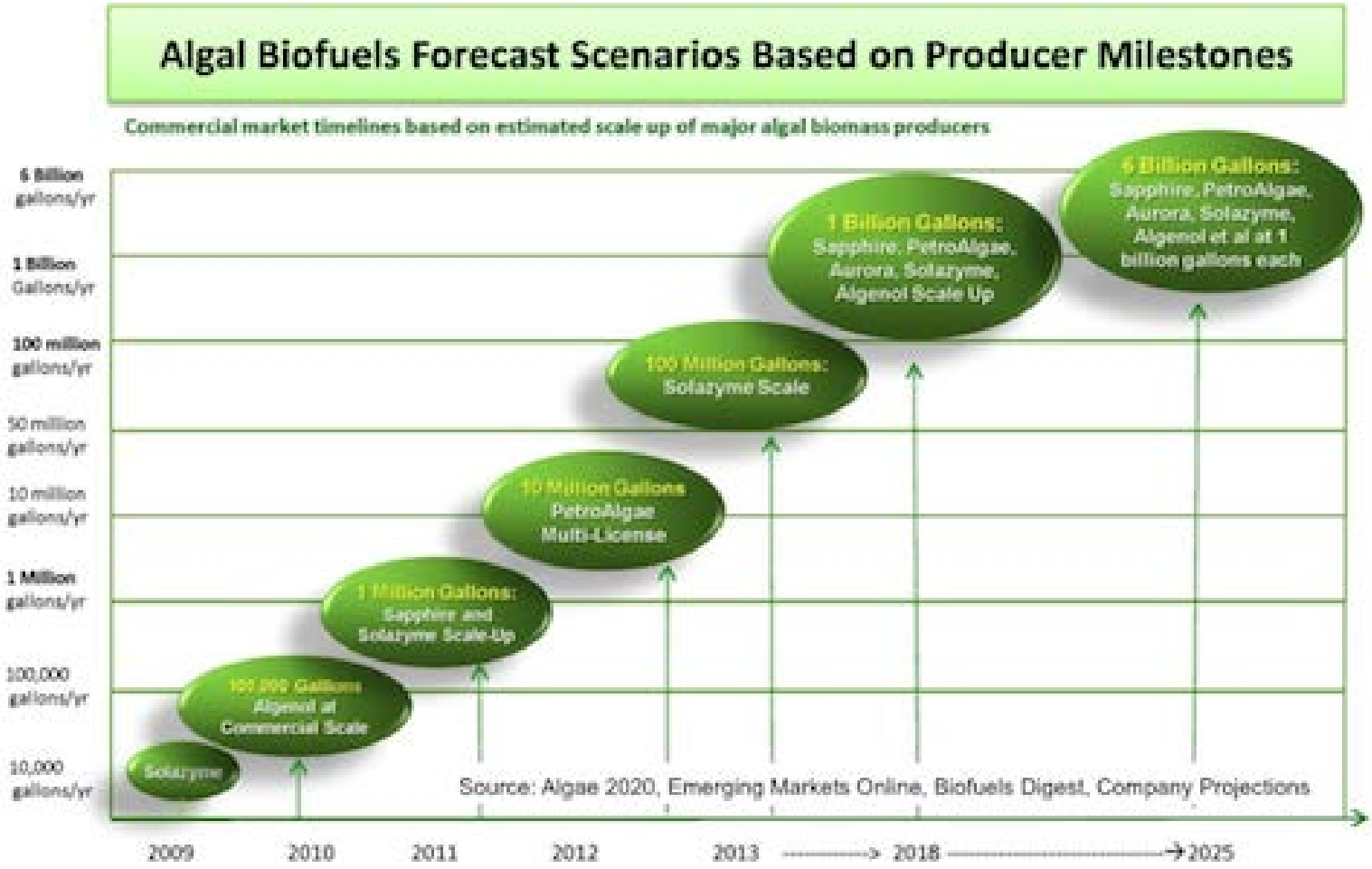
- **En 2009, 90% des membres de l'ABO estimaient possible le remplacement de l'éthanol sous 20 ans (2029);**

- **L'ABO estime que l'industrie pourrait produire quelques dizaines de Mlitres/an dès 2016.**



1) http://task39.org/files/2013/05/Algal-Biofuels-IEA-Task-39-and-AMF-Joint-Summary.pdf

Projections 2



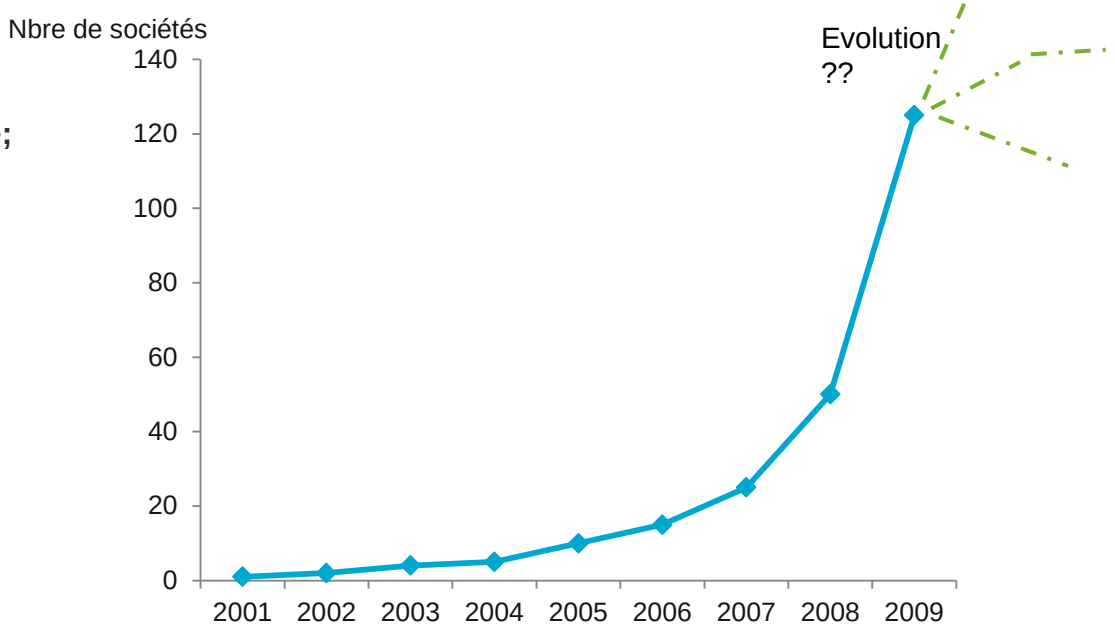
http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/06/29/are-we-there-yet-the-positioning-and-repositioning-of-the-algae-industry/

Nombre d'acteurs dans les algo-fuels

- **Etude ABO 2009**
  - **> 100 Start up dans monde;**
  - **USA: Algenol, Phycal, Sapphire Energy, Solazyme et Heliae (pilote 2012);**
  - **Compétitif 2016 - 17 avec une production de qq Mds de gallons;**
- **DOE: culture sur 38 840 km² soit le Maryland, couvre les besoins des USA.**

- **Etude ABO 2013**
  - **470 installations (académiques, plateformes/pilotes, industrie) dans le monde;**
  - **67% des producteurs d'algues (tout confondu) prévoyaient de s'étendre en 2013;**
  - **95% envisageaient les algocarburants compétitifs avec le pétrole en 2020.**

- **Berkeley's Energy Biosciences Institute (EBI) 2009**
  - **Encore 10 ans de tests pour valider une production industrielle viable;**
  - **Prix 2009 algocarburants: 140-900 $/baril**
  - **1ere étape: souche produisant 2X plus d'huile**



http://www.reuters.com/article/2010/11/22/idUS108599411820101122

Projections

- **Selon[2] plusieurs centaines de M€ investis /an depuis 2007 dans des sociétés d'algocarburant;**
- **Douglas Henston, CEO de Solix Biofuels, considère que 0,5% des terres agricoles utilisées à ce jour pour les biocarburants suffiraient pour subvenir à la consommation de diesel;**
- **Selon[3] (étude 2009 - 2011) les critères communs aux sociétés qui ont percé sur le marché sont:**
  - **capacité de montrer aux investisseurs plus que l'échelle laboratoire: 1 kt de biomasse ou 100 gal d'huile;**
  - **la plupart utilise la biologie moléculaire ou des plateformes avancées d'ingénierie;**
  - **un portefeuille diversifié de biocarburants avancés ou drop in en plus du diesel et de l'éthanol pour s'installer sur le long terme voire un passage à la chimie;**

- **Des 80 sociétés identifiées, moins de 25 sont passées du laboratoire (étape 1) au pilote (étape 2), et peu ont levé des fonds (en général 1M$ minimum) sauf si les partenaires (VC early stage ou aides gouvernementales) étaient déjà dans le projet à l'échelle laboratoire.**

2 http://www.actu-environnement.com/ae/news/business-microalgues-13990.php4
3 Algae Investment Trends & Markets Insight Will Thurmond, Author Algae 2020 and CEO Emerging Markets Online

Business model des producteurs d'algocarburants

- **Ceux qui produisent des algues et se tournent vers les biocarburants:**
  - DIC (via Earthrise Nutritionals) a licencié sa technologie à Sapphire et poursuit ses travaux vers les biofuels
  - Seambiotic (Omega 3)
  - Euglena (cosmétique et alimentation)
  - Algae.Tec (nutraceutique)
  - Altret Greenfuels Limited (IN)
  - Necton (A4F)
  - Voie solvothermale Algae system LLC;
  - Système Grower Harvester ™ et fluides supercritiques BioProcess Algae (alimentation animale, chimie, Oméga3 et à plus long terme diesel et éthanol)
  - Matrix Genetics (alimentation humaine et animale);

- **Ceux qui viennent des 1G et/ou 2G:**
  - Phycal faisait du Cassava
  - Enhanced Biofuels & Technologies (I) Pvt Ltd. cultivait le jatropha
  - NXT oFuels (ex Aquaflow Bionomic Corp. - NZ cible la production locale au plus près de l'approvisionnement, centrales d'eaux usées par ex.)
  - Genifuel produit du brut à partir d'algues ou plantes par voie hydrothermale (99% conversion);

Business model des producteurs d'algocarburants

- **Ceux qui partent dès le début sur les biocarburants (les autres produits pouvant rentabiliser l'exploitation:**
  - Conversion en bioéthanol (e.g. Algenol)
  - Extraction des huiles (e.g. SGI, Solix Biofuels, Sapphire Energy (green fuel), Algasol).
  - Production des huiles issues de biomasse via fermentation (e.g. Solazyme industrie, pharmacie, alimentation...; Fermentalg alimentation)
  - Oil plus ethanol (e.g.Green Star)
  - Conversion des algues par pyrolyse en « crude oil »(e.g. BioFuel Systems SL)
  - "Green crude" (e.g. Sapphire Energy, Muradel eau subcritique)
  - Bioraffinerie et autres produits (Petro Algae, HR Biopetroleum)
  - Cellana ex HR Bio Petroleum (Oméga 3 et crude oil testé avec succès par des pétroliers)
  - Aurora Biofuel devenue Aurora Algae plus en cohérence avec la nouvelle stratégie;

- **Ceux qui sont entrés sur le marché carburant et en sont sortis : Heliae** (mixotrophie; nutrition et santé)**; Aurora , Seambiotic** (IL) **ou ont disparu Biofuel System;**

- **Ceux qui viennent de l'énergie: Petro China; Exxon (brevets sur les modifications génétiques suite notamment à une collaboration de 600 $M avec Synthetic Genomics, collaboration en sommeil), Chevron (dans Solazyme), Accelergy, BP (10$M chez Martek), BIONAS (**Malaisie- via une JV avec Algetech Sdn Bhd en 2012);

- **D'autres comme DENSO** (extraction micro onde) **, Streamline Automation** (extraction par liquide ionique).

Conclusions

- **Il n'existe pas de consensus sur la méthode d'extrapolation des calculs de coût pour le changement d'échelle. Ces méthodes sont le fait de groupes de recherche tels que Wageningen ou le NREL; pas d'étude similaire identifiée qui aurait été produite par des pétroliers par exemple.**

- **Les coûts de production annoncés et prédits sur la base des expériences à l'échelle « laboratoire » sont très variables d'une étude à l'autre mais étant donné que les souches, les lieux de culture, les durées de culture considérées et les méthodes de traitement ultérieures ne sont pas identiques, la comparaison est délicate.**

  Les coûts de Wageningen 5€/L de diesel et du NREL : 4X le litre de diesel sont néanmoins du même ordre de grandeur.

- **L'arrivée des carburants algaux sous une décennie semble très optimiste ne serait-ce que sur la base des calculs et prospectives du NREL et du DOE - 0,8$L en 2030 - par exemple.**

- **Notons une autre forme d'impact économique des carburants algaux. Selon une étude (06/2014) du San Diego Association of Governments (SANDAG) :**
  - Impact économique direct et indirect de la R&D et commercialisation des biotechs algales dans la région de San Diego: 1 020 emplois (110 académiques, 395 directs dans l'industrie), 80 $M de salaires, et plus de 175 $M d'activité.
  - Emplois X2 depuis 2009: R&D à UC San Diego et industrie via Sapphire Energy, Cellana, et Synthetic Genomics

Biomasse algale pour l'énergie

Partie C: Eléments de marché.

C.3 Aspects contractuels et financiers

Réalisation: FIST

Consortium de Valorisation Thématique ANCRE

Qui investit dans qui en Europe

Fermentalg

- 09/2013: 12M€ dont 4,6M€ fonds Ecotechnologies géré par Bpifrance avec: IRDI, Viveris Management Fonds et les investisseurs historiques Emertec Gestion, Demeter Partners, ACE Management (fonds Atalaya), Picoty Algo Carburants et Sofiproteol.

Bioalgostral

- Nexa (agence de dvlpmt Réunion)
- Séchilienne Sidac (prod electricité biomasse)

AlgaeLink Solutions

- RIG Investments N.V. (RIG)

- **Microphyt**
- SOFIMAC PARTNERS
- SORICED (Cap. Risque)
- CEA Investissements
- Jeremie LR

Subitec GmbH

- 2012 Cleantech-investor eCapital et le KfW

Qui investit dans qui ailleurs dans le monde

Euglena
- ANA Holdings
- Dentsu
- Tokyo Century Lease

IHI NeoG Algae (capital $3,3MUSD)
- Gene and Gene Technology (G&GT)
- IHI Corporation 5,1US$M sous 2 ans
- Neo-Morgan Lab. Inc (NML)

Aquaflow Bionomic Corp devenu NTX Fuel
- Reliance Industries
- Pure Power Asia (SG) (19,9% capital 2007)

Algae.Tech (AU)
- Reliance Industries A$1,5M+ A$ 1,2M option.
- Teco Bio LLC 74% en 2012
- 01/2014 Accord avec China Finance Strategies Investment Holdings Ltd. (CFS) pour émission de US$0.5M obligations convertibles (2 à la 1ere untie en CN, 2 quand le nombre de modules sera entre 20 et 100 et 1 de plus au-delà de 100 modules) et sous reserve d'étapes techniques US$5M d'options conditionnelles pour CFS; cette dernière l'aidant à identifier des oportunités industrielles en CN, TW, HK et MK.

Muradel
- SQC Pty Ltd maj

Algaestream
- Solabios/ 2 levées de fonds en 2010 pour 700k€ cible le Moyen Orient

Qui investit dans qui aux USA

Accelergy
- Advent International
- Altira Group
- Goldman Sachs

Aurora Algae.
- Reliance Industries $22,5M

Algenol
- $93,5MReliance Industries:
- Valero 70$M (4 fondateurs)
- 25 millions de dollars auprès de Biofields (MX EnR) 40$M en 2014 +25$M en 02/2015

Algae Systems LLC
- IHI (JP)

Boeing
- Helaie 3$M

Heliae
- 9/2013 80$M venture (dont Mars family Selim Family (Indonésie))
- 7/2013 28,4$M Thomas J. Edelman et Agri Investments Pte. Ltd
- 5/2012 15$M Agri Investments Pte. Ltd

Matrix Genetics LLCSystems LLC
- 2012 Avista Dvlpmt

Qui investit dans qui aux USA

Sapphire Energy (+300$M au total)

- Soutien d'un syndicat d'investisseurs mené par le co-fondateur ARCH Venture Partners; The Wellcome Trust; Arrowpoint et Monsanto, et 100$M de Bill Gates' Cascade Investment LLC et Venrock (Rockefeller family's)
- 04/2012: nouvelle tranche de financement de l'ordre de 144M$ pour achever la construction de sa ferme algale (Columbus Nouveau-Mexique)
- Financement de 100 millions de dollars du DOE et DOA.

Solazyme (JV)

- Bunge
- Chevron
- Privé (75$M)

Solix

- 2008: 10,5$M 2BF Venture Capital, Bohemian Investments, Southern Ute, Valero Energy
- Infield Capital
- 2009 : 6,3 M Shanghai Alliance Investment
- 2009 : 3 $M de Bohemian Asset Management, i2BF Venture Capital, Southern Ute Alternative Energy, and Valero Energy .
- 01/2010 $2M Venture
- 03/2011 :16$M de Bohemian Ventures, The Southern Ute Alternative Energy Fund etI2BF Global Ventures
- 08/2012 :31$M I2BF Global Ventures pour passer à l'échelle industrielle

TritonHealth &Nutrition

- 9/2013 : 5$M Heliae

Transferts de technologies (spin off et licences)

- GEPEA (FR): PBR vers Algosource
- Humbolt (DE) création de Cyano Biofuels GmbH en 2007
- Université de Florence (IT): Fotosintetica&Microbiologica 2004
- Fraunhofer Institute en 2000: spin off Subitec GmbH Prof. Trösch via Fraunhofer Venture: Flat Panel Airlift (FPA) Photobioreactor
- l'Université de Tokyo a créé Euglena (JP)
- Cie Israélienne d'électricité a créé Solazyme en 2003
- Universités d'Adélaïde et de Murdoch (et prise de participation de SQC Pty Ltd.): Muradel (2010)
- CEA (Grenoble FR) collabore avec Fermentalg (FR) nouvelle algue modifiée pour produire et accumuler plus de lipides (collaboration et co-brevet)
- Targeted Growth, Inc : création de Matrix Genetics
- John Craig Venture Inst. a licencié de façon exclusive à Synthetic Genomics (suite à financement à hauteur de 30$M)
- Streamline Automation a licencié sa technologie de lyse à Io Li Tech
- AlgaeFloatting System a licencié à AFSBioil
- Seambiotic a donné licence a SMABE JP

Transferts de technologies (spin off et licences)

- ExxonMobil a licencié à Accelergy la «Conversion charbon et /ou plantes »
- ”Energy & Environmental Research Center” (EERC) de l’Université du Dakota du Nord a licencié à Accelergy sa technologie intégrée dans le “Coal Biomass to Liquids” (CBTL) pour accélérer le développement kérosène militaire
- “Liquefaction hydrothermale » du PNNL licenciée à Genifuel suite au NAABB
- Algenol a licencié sa technologie DIRECT TO ETHANOL® à BioFields
- AlageTec (AU): licence à Lufthansa 1 usine en EU avec obligation d’acheter 50% de la production à prix déterminé
- DIC via sa filiale Earthrise Nutritionals: licence non exclusive à Sapphire (croissance de spiruline) tout en gardant la possibilité de poursuivre ses travaux avec des tiers pour les biocaburants
- G2X Energy (transformation de gaz en essence) a licencié sa technologie à Exxon 2013
- Aquaflow: signature en octobre 2008 d'un Memorandum of Understanding avec la société US UOP (Honeywell) pour utiliser des process existants de UOP pour produire du carburant renouvelable et pour développer un modèle de stockage de CO_2 pour les usines de production d'huile algale d'Aquaflow
- Ceux qui proposent des licences de leur technologies : Joules Unlimited, Solix, OriginOil (EWS Algae), Synthetic Genomics (souches d’algues)

Contrats divers

- **EVODOS BV: contrat de distribution du système « Spiral Plate Technology » SPT en Am. du Nord;**
- **Carbon Cycle Technology Alliance : "PBR " d' A2BE Carbon Capture et procédé ICTL d'Accelergy;**
- **AlgaeTec (AU): collaboration exclusive avec Nutrition Care Laboratories, (Melbourne) producteur de nutraceutiques bien implanté en Asie, 2012;**
- **Sapphire collabore avec Linde sur le transport du CO2;**
- **Sapphire et Philips 66 (2013) ont collaboré sur l'analyse du mélange de green crude de Sapphire et de carburant pour obtenir la certification de la raffinerie de Sapphire;**
- **Cellana a un accord non exclusif de fourniture à Neste Oil d'huile que NO transforme en diesel;**
- **Heliae a passé un accord en 2011 avec SkyNCG pour du kérosène;**
- **Solazyme a obtenu un contrat pour 10t d'huile auprès d'Unilever (savon et produits de toilette à partir de 2014);**

- **Ventes de sociétés**
  - **Algenol (USA) a racheté Cyano Biofuels GmbH en 2010**
  - **IHI (JP) a acheté AlgaeSystems LLC**
  - **HR Biopetroleum a acheté Cellana créée avec Shell en 2011 et conserve le nom.**

JV dans le domaine

- **Seambiotic** — **2 JV an Chine**
- **Transalgae (JP)** — **MASTAC (JP)**
- **Transalgae (JP)** — **Mas Clearight (Dubai)**
- **Transalgae (JP)** — **Hikeri Capital (Malaisie)**
- **Heliae (USA)** — **Alvita Corp (JP) et Sincere Corp (JP) pour produire de l'astaxantine naturelle (santé et bien être)**
- **Algae.Tec (AU)** — **01/2012 : MOU avec Shandong Kerui Group Holding Ltd pour JV 50/50 :1 usine capacité :33M L carburant + 33kt de biomasse de valeur $M40**
- **Accelergy Corp (USA)** — **Raytheon Co., A2BE : gazéification d'algues et charbon pour essence, diesel ou kérosène**
- **Ennesys (FR)** — **OriginOil (USA)**
- **Roquette (FR)** — **Solazyme (USA) : dissolution 2013 suite à divergences de vues commerciales**
- **Solazyme (USA)** — **Bunge (BR) spécialiste biomasse**
- **AlgaeTech Int (Malaisie)** — **BATC Development Bhd**. (mélange avec carburant pétrolier et additifs pour former des liaisons stables et produire B20 et biokérosène B10-B2) 04/2012



Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Énergie

CVT - Consortium de Valorisation Thématique