

Acquis et promesses de la biodiversité algale pour l'alimentation

Philippe POTIN &
collaborateurs IDEALG-GENIALG

Les algues marines et les végétaux aquatiques contribuent-ils à atteindre l'objectif 2 de développement durable?





Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

2018

THE STATE OF WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE

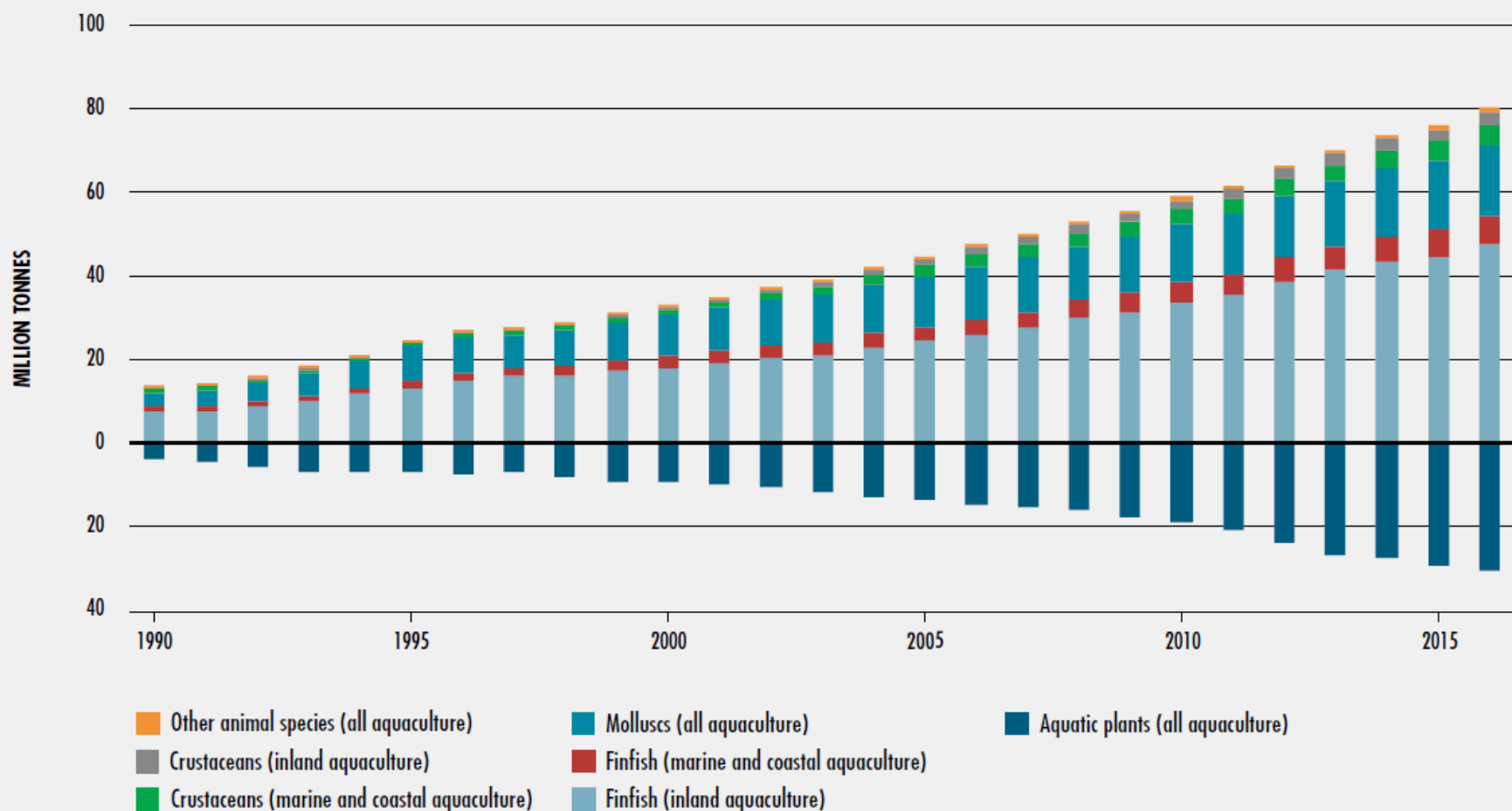
MEETING THE SUSTAINABLE
DEVELOPMENT GOALS

Pourquoi les algues comptent!



Les algues marines et les végétaux aquatiques représentent plus de 52% des volumes de productions marines en aquaculture

FIGURE 5
WORLD AQUACULTURE PRODUCTION OF FOOD FISH AND AQUATIC PLANTS,
1990–2016

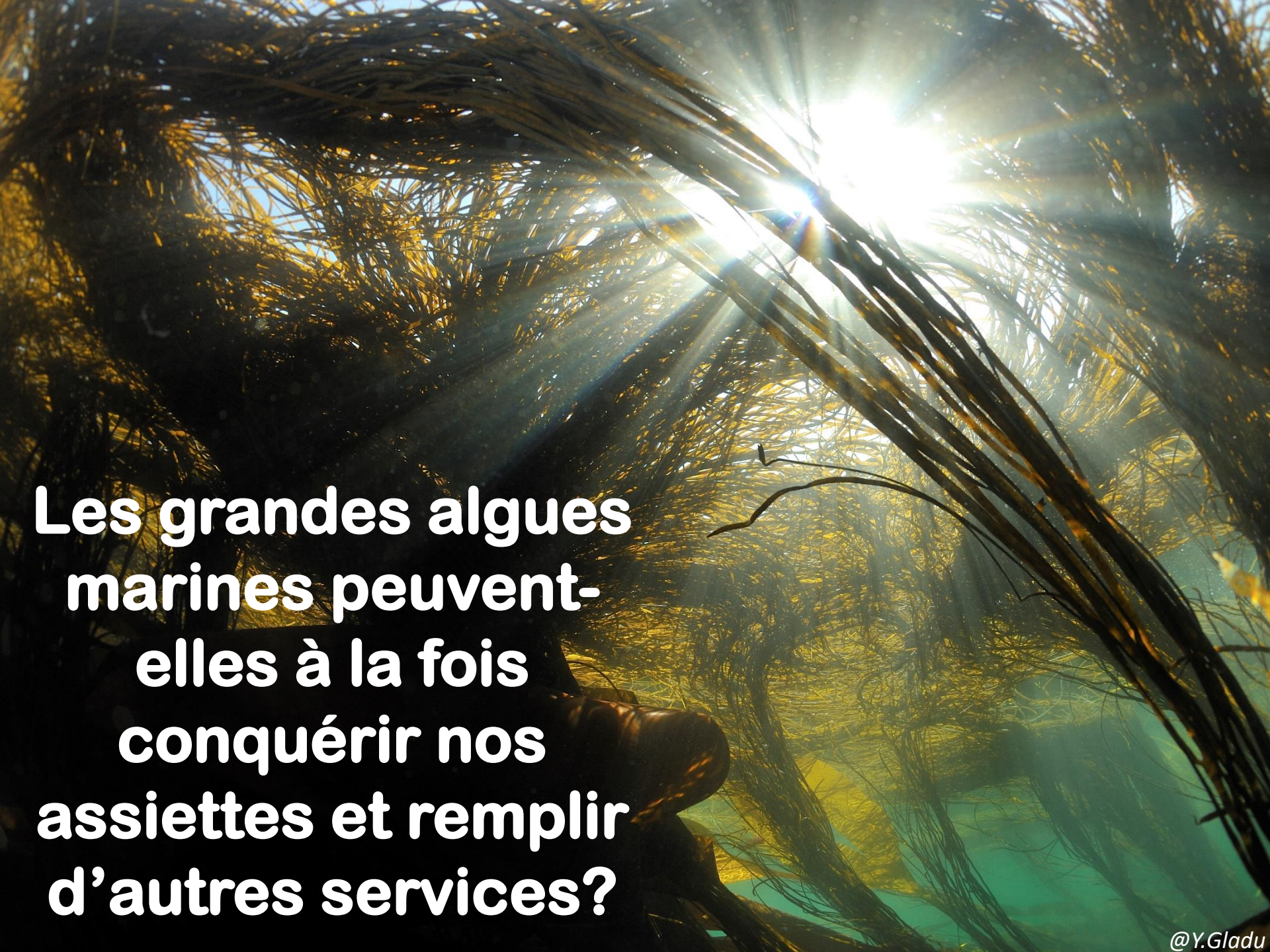


Une biodiversité exceptionnelle!



Une biodiversité exceptionnelle!



An underwater photograph looking up towards the surface. Sunlight beams through a dense canopy of brown and green seaweed, creating a dramatic, ethereal effect. The water is a deep teal color. The text is overlaid on the left side of the image.

**Les grandes algues
marines peuvent-
elles à la fois
conquérir nos
assiettes et remplir
d'autres services?**

**Les algues
microscopiques
peuvent-elles aussi
conquérir nos
assiettes sans
remplir nos
réservoirs?**



ALGUES DE ROSCOFF

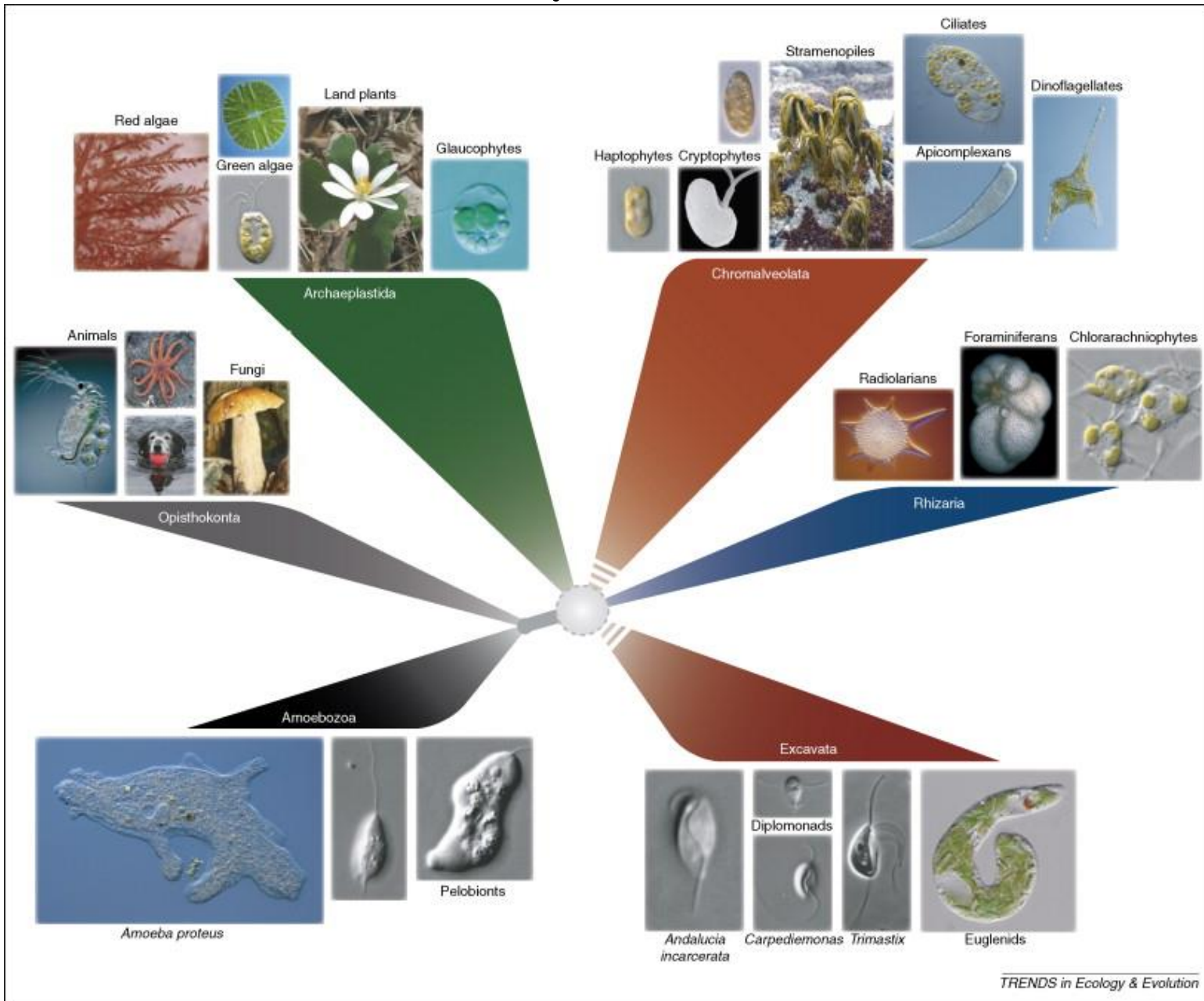
Susan Loiseaux-de Goër et Marie-Claude Noailles

Editions de la
Station Biologique
de Roscoff

**Qu'est-ce
qu'une
algue?**

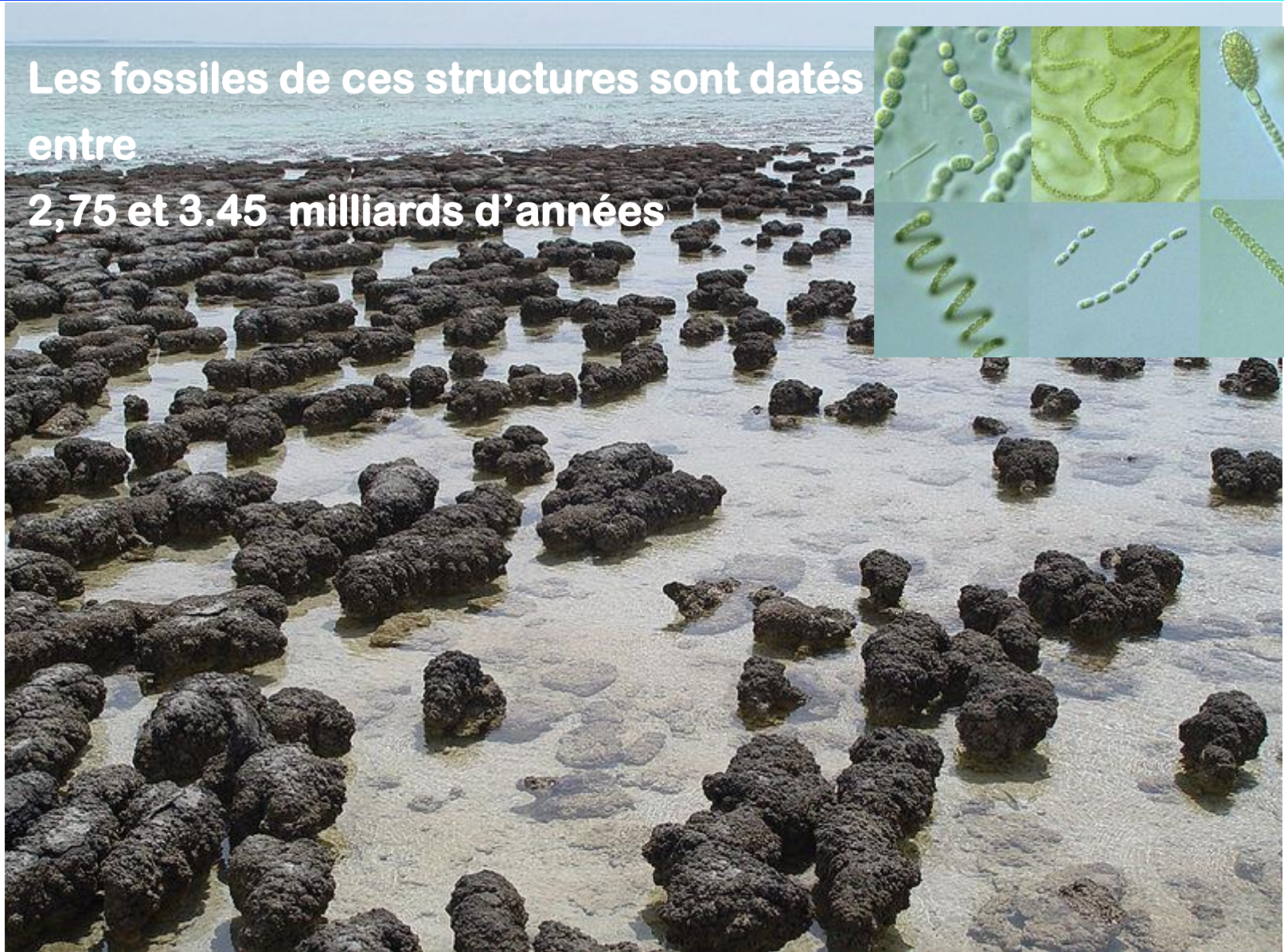
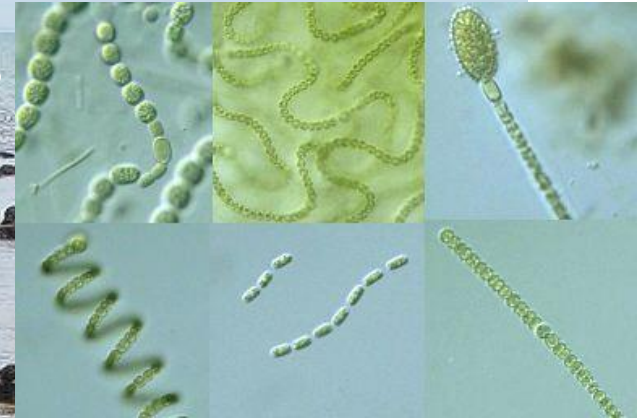
**Les algues ne
constituent pas un
groupe homogène
elles ont des
origines multiples.**

Les algues appartiennent à des lignées évolutives indépendantes



Algues bleues

Les fossiles de ces structures sont datés
entre
2,75 et 3.45 milliards d'années



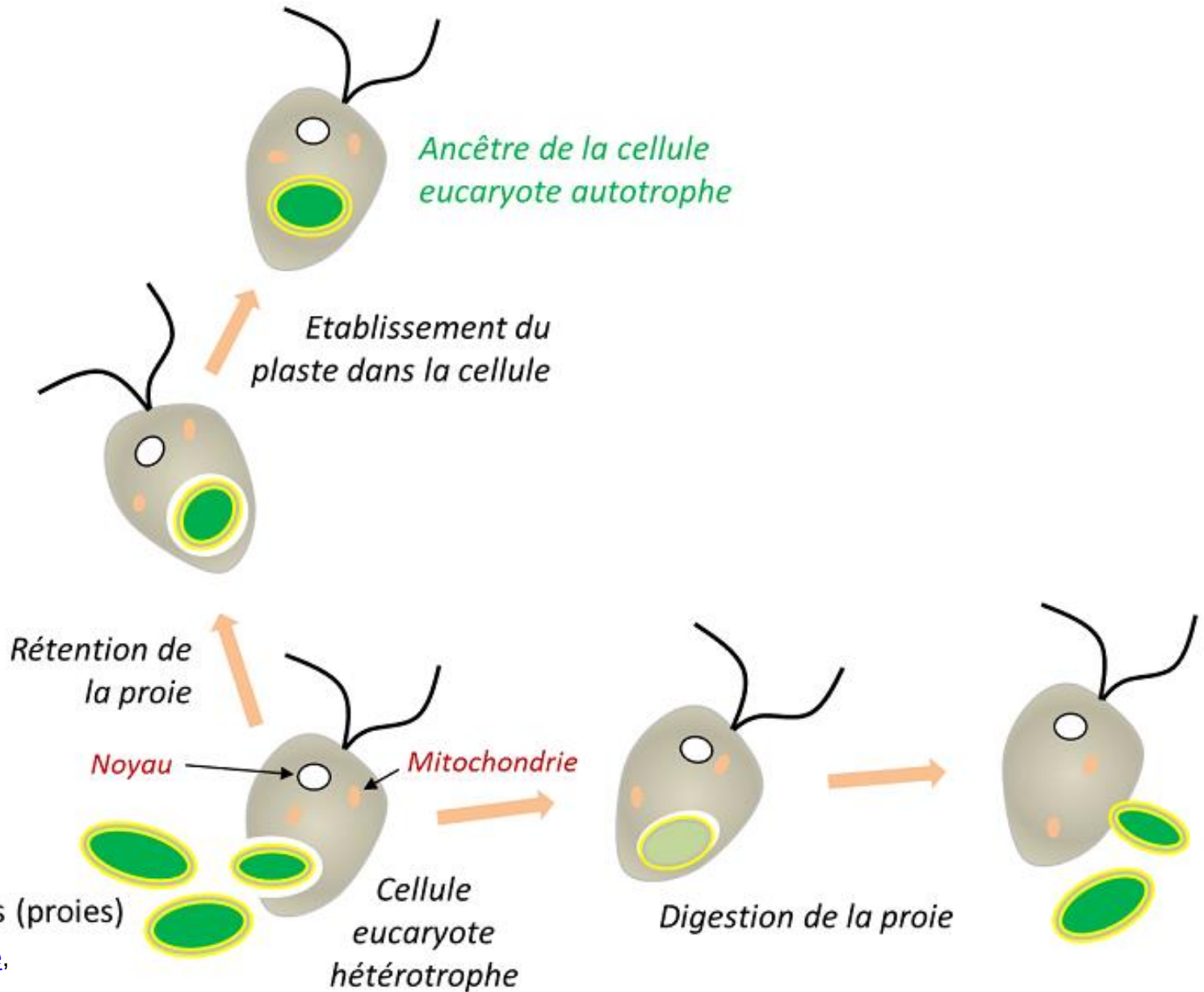
Stromatolites vivants actuellement [Shark Bay, Western Australia](http://en.wikipedia.org/wiki/Stromatolite)

[http://en.wikipedia.org/
wiki/Stromatolite](http://en.wikipedia.org/wiki/Stromatolite)

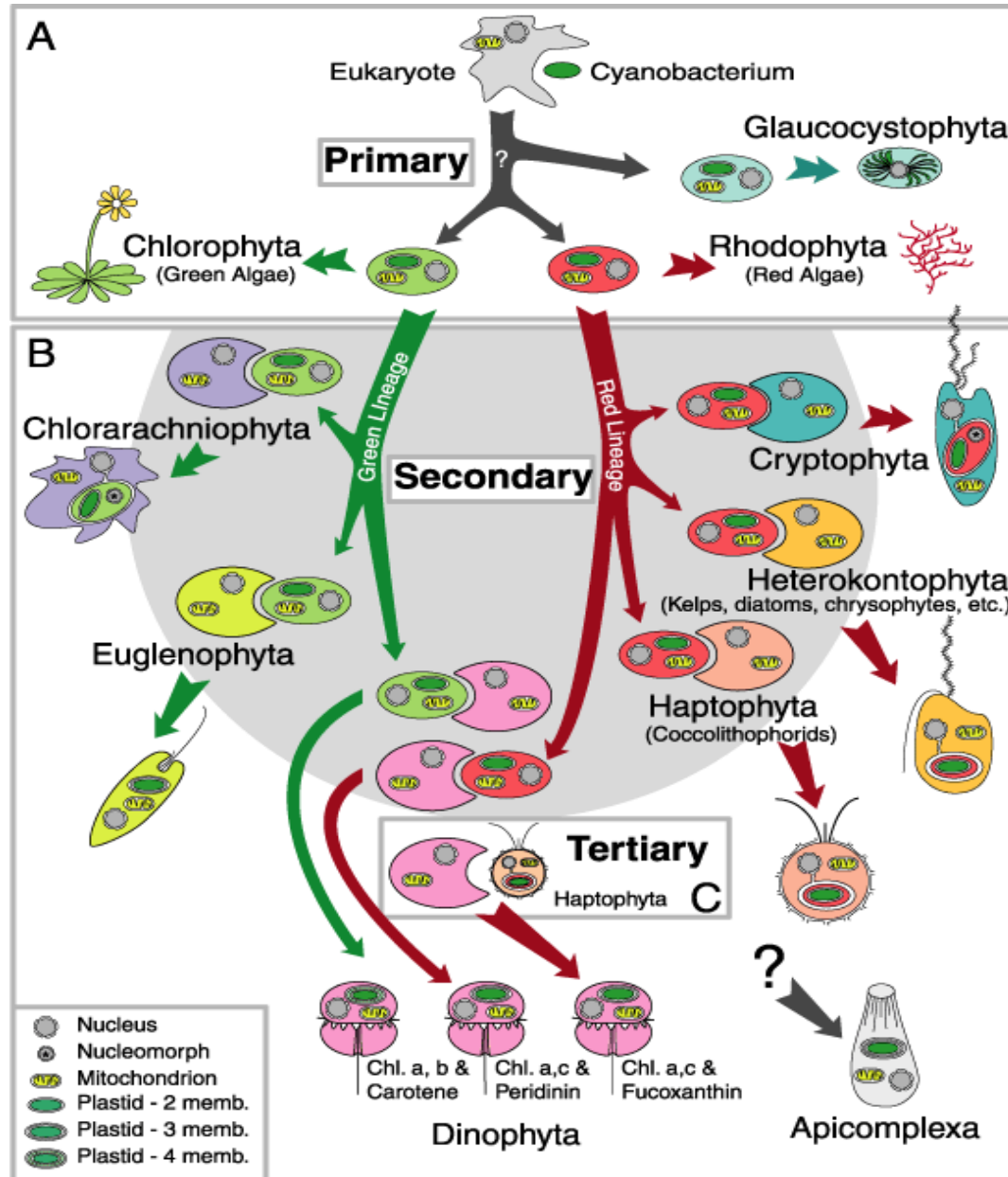
Algues bleues



Le scénario le plus probable de l'origine et de l'évolution des végétaux et des grandes algues : endosymbioses primaire et secondaire



Le scénario le plus probable de l'origine et de l'évolution des végétaux et des grandes algues : endosymbioses primaire, secondaire et tertiaire

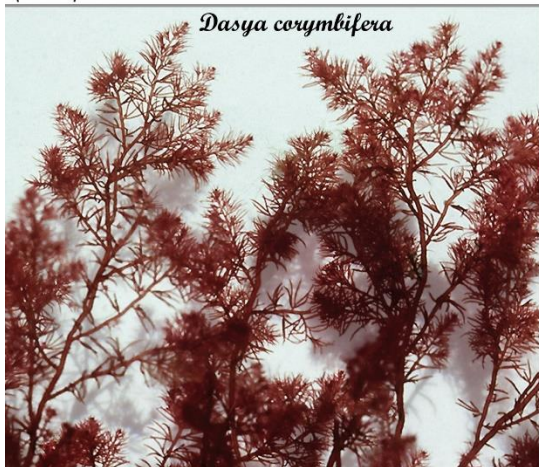
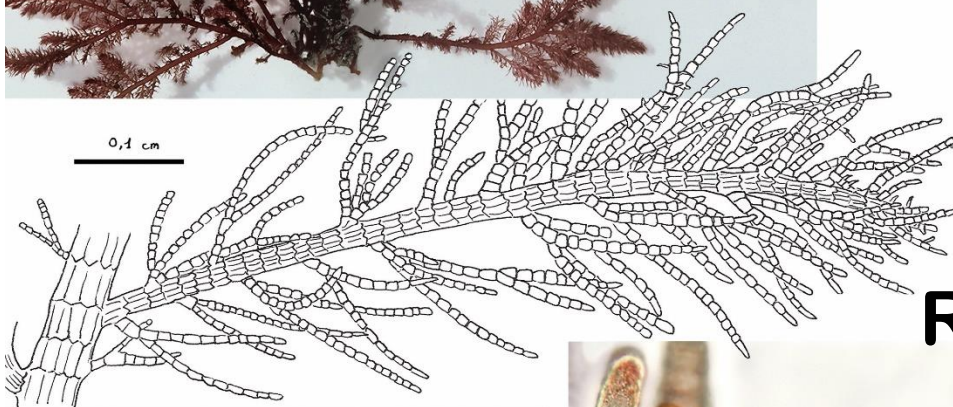


Modified from Delwiche, C.F. 1999. Tracing the thread of plastid diversity through the tapestry of life. Am. Nat. 154:S164-S177.



Heterosiphonia plumosa

30 mai 1992



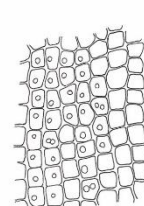
Dasys corymbifera



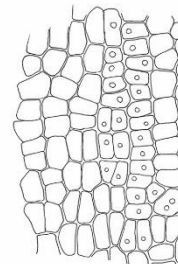
Enteromorpha compressa

Enteromorpha linza

ruisseau de l'Aber de Roscoff,
9 mai 1936, épiphyte sur *Chaetomorpha aerea*



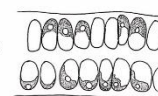
Vue superficielle



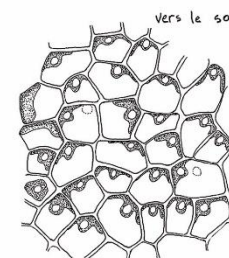
Coupe transversale



10 μm

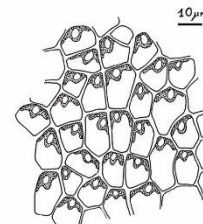


milieu du thalle



vers le sommet

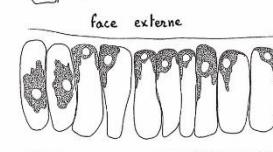
Cellules de la partie élargie en lame, à 7-8 cm de la base



10 μm

Vue superficielle

Cellules d'un "axe" à 3-4 cm



face externe

10 μm

Coupe transversale dans la partie étroite

Santes
30 avril 1987

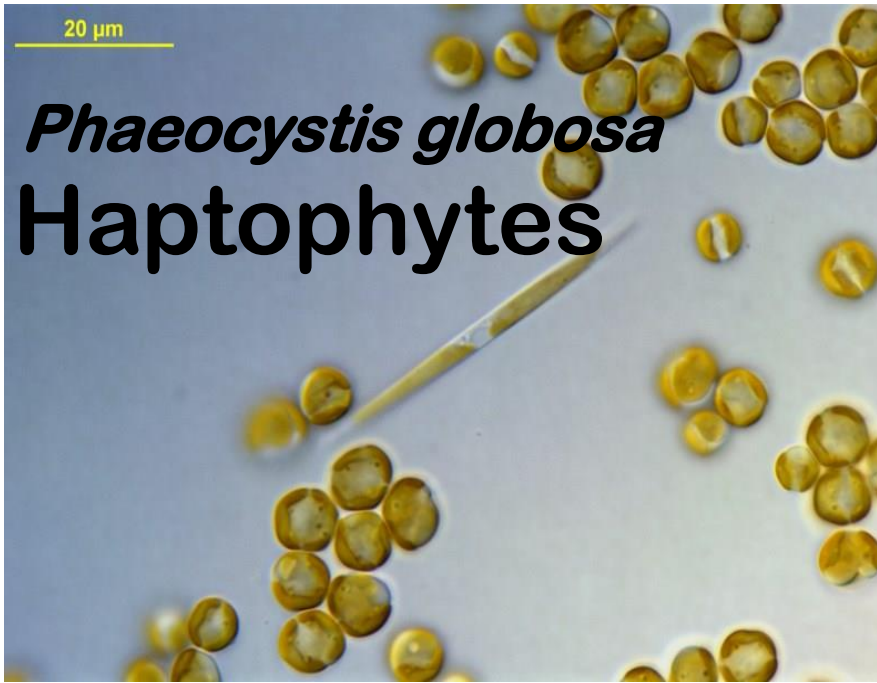


1 cm

Rouges et vertes

20 μ m

Phaeocystis globosa
Haptophytes



Brunes



Diatomées



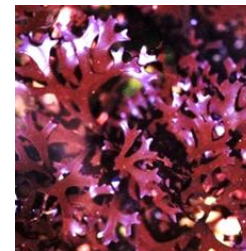
Rhacodactylum tricornutum



Une large diversité d'espèces



Brunes



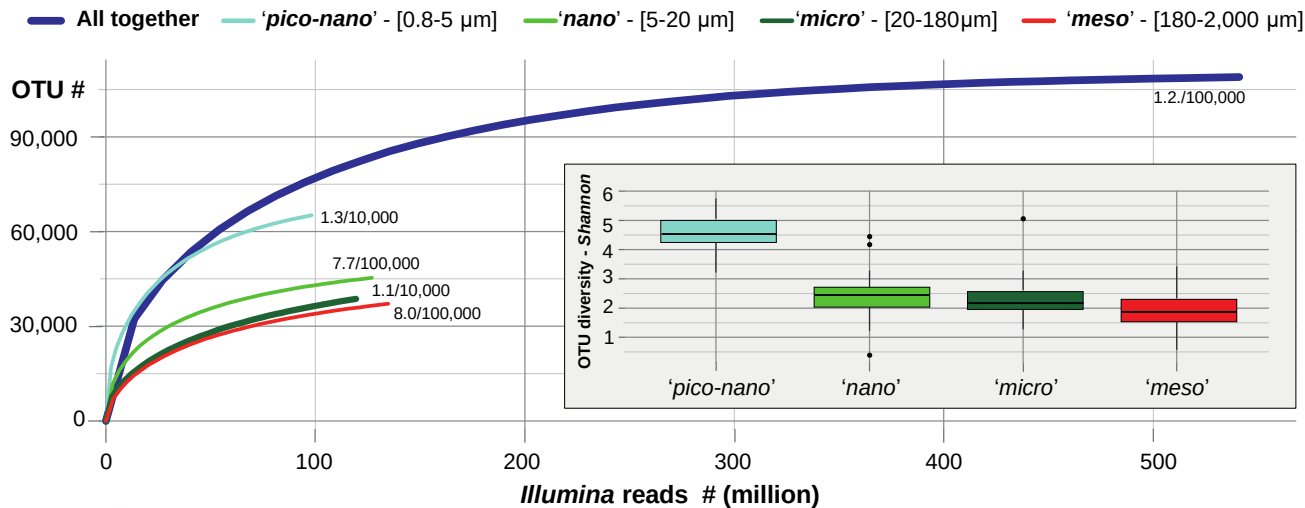
Rouges



Vertes

11 000 espèces dans le monde
700 espèces sur notre façade Atlantique

Une large diversité d'espèces



Eukaryotic plankton diversity in the sunlit global ocean, *de Vargas et al.*, Science, 2015

~20 000 espèces décrites dans le monde?

1 million d'espèces dans le « plankton pangenome » eucaryote

5 à 7000 souches conservées par la Roscoff Culture Collection



Des algues et les humains depuis 15 000 ans et +!

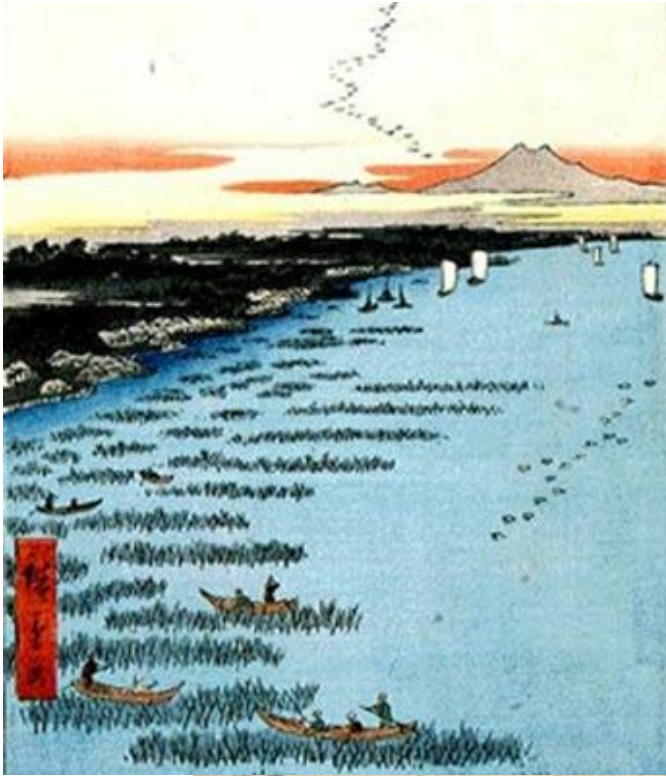


Le site de Monte Verde au Chili, la preuve de la consommation des algues il y a près de 15 000 ans avant J.C.

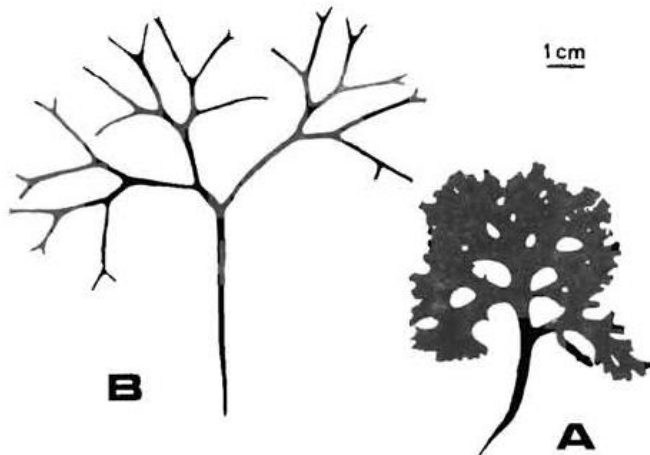
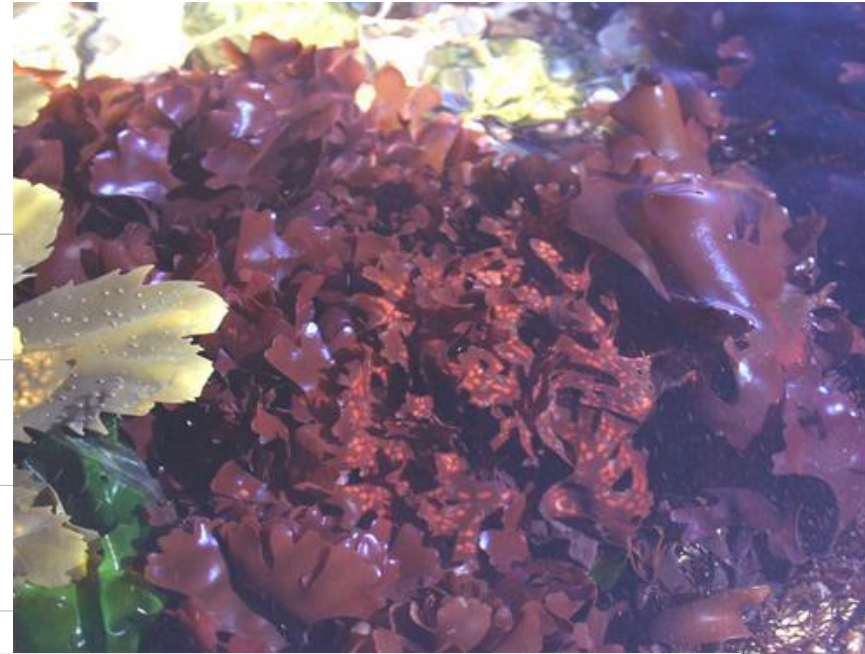
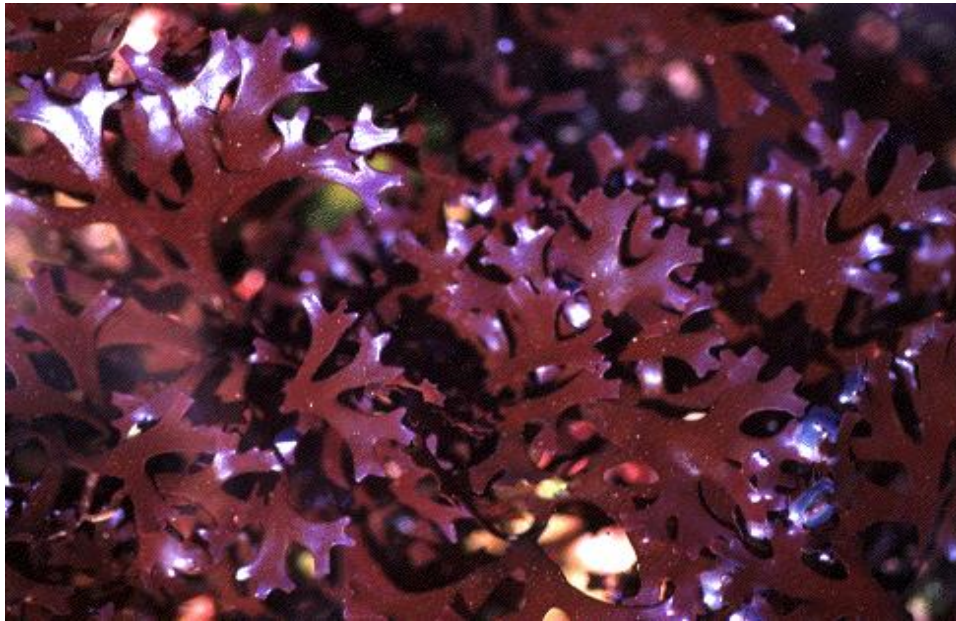


Mordedor natural para los dientes de alga cochayuyo

En Asie, une longue histoire d'exploitation



En France un jardinage en voie de disparition?



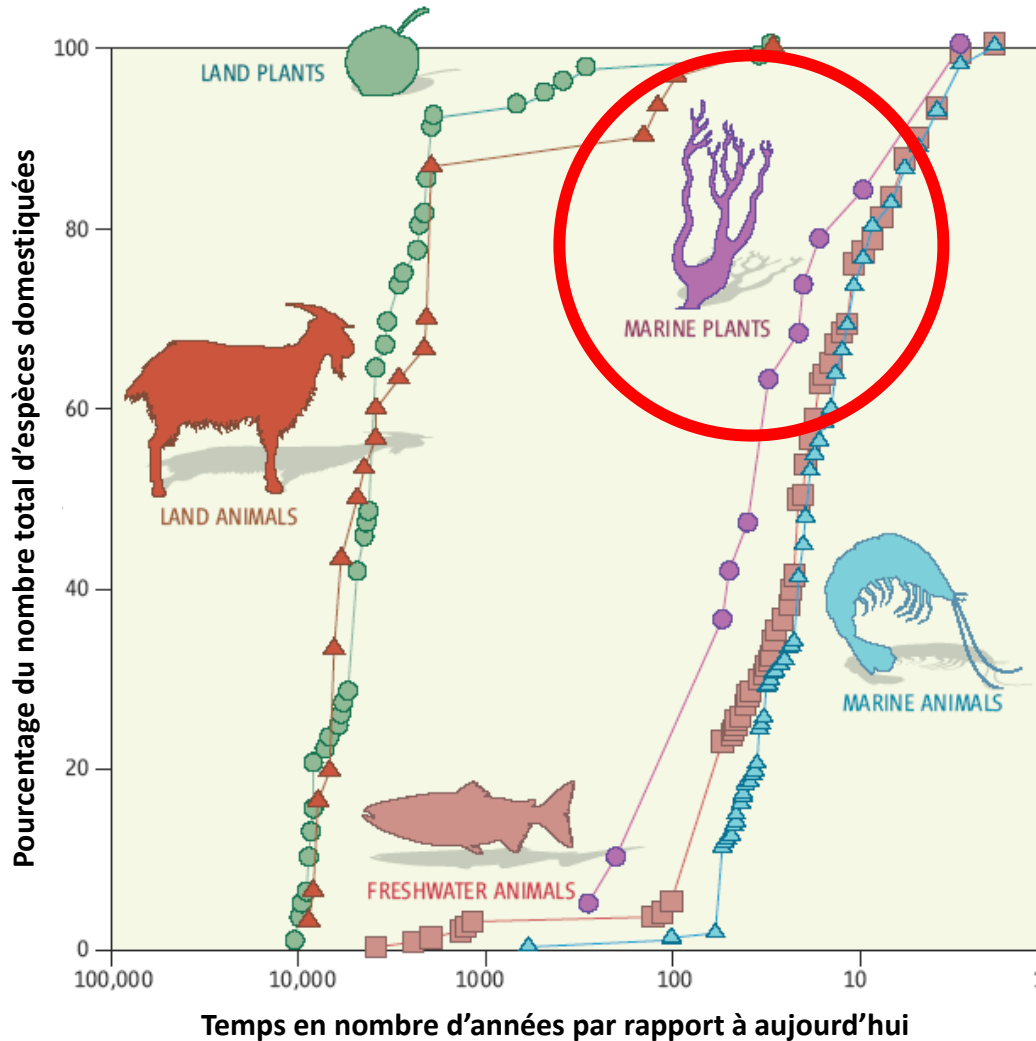
Deux formes très opposées de *Chondrus crispus* choisies pour cette étude : forme médiolittorale (A), forme infralittorale (B).





**30 navires récoltent encore 70 000 tonnes
humides de laminaires**

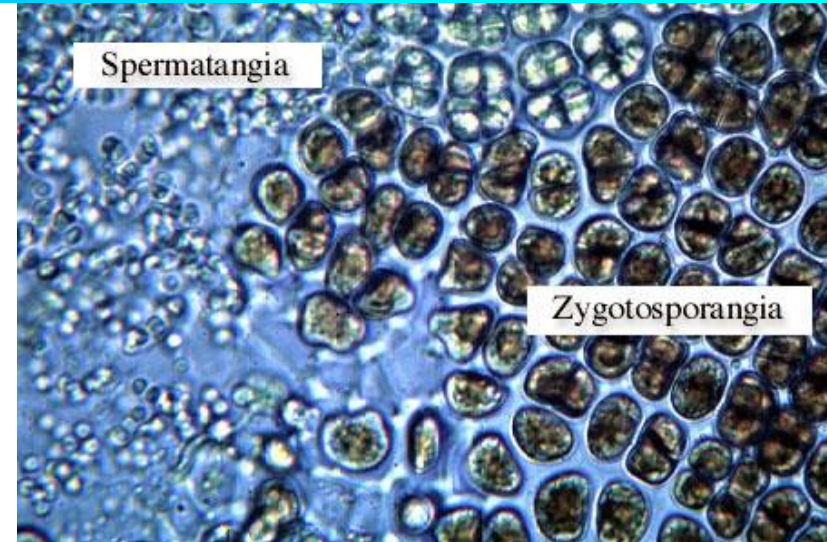
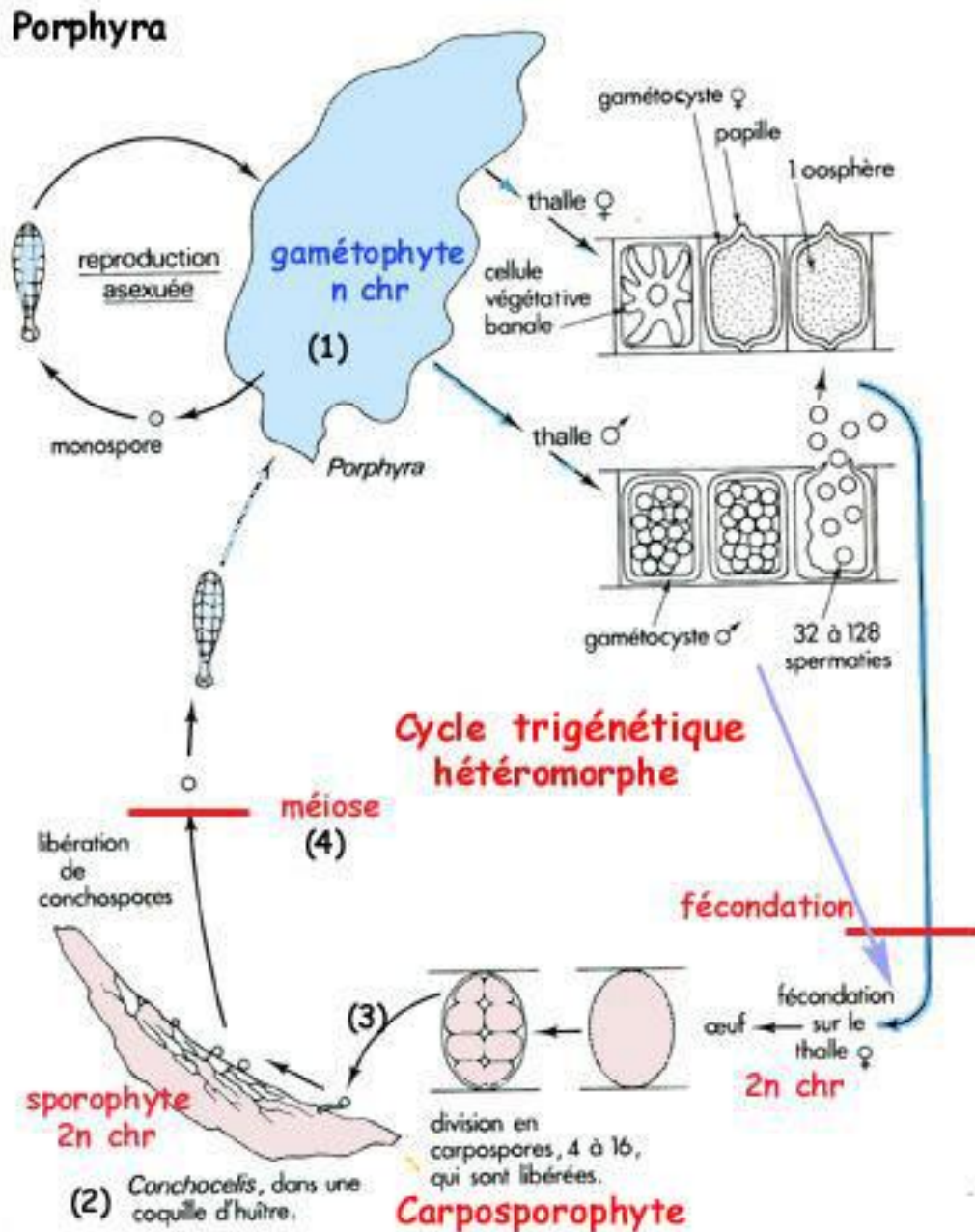
Processus de domestication chez les algues



D'après Duarte Science 2017

➔ La domestication des algues est un processus récent

Le cycle de vie de *Porphyra* (1949)



Dr Kathleen Drew-Baker

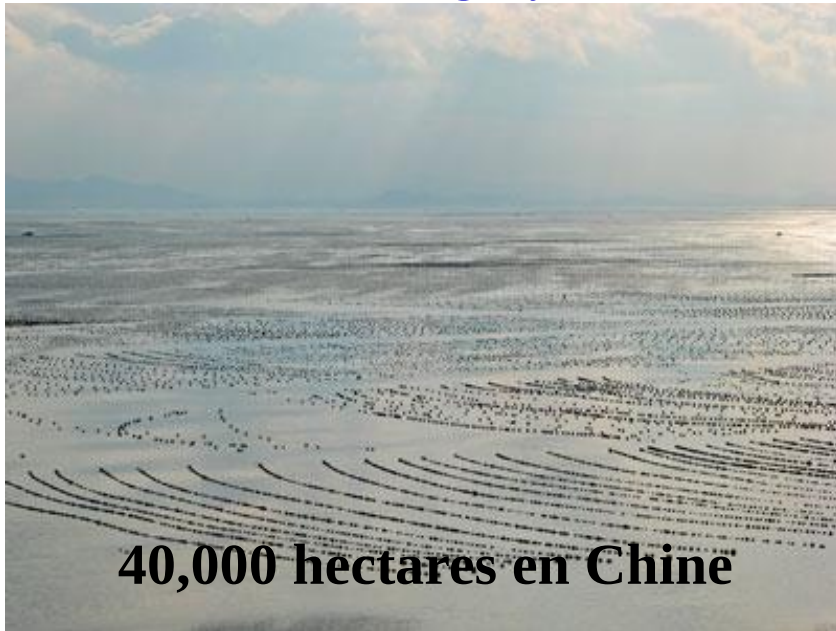
Les algues alimentaires cultivées en Asie



Wando Island (Corée du sud)

Les algues brunes cultivées en Asie

Saccharina japonica



Les algues rouges utilisées par l'industrie

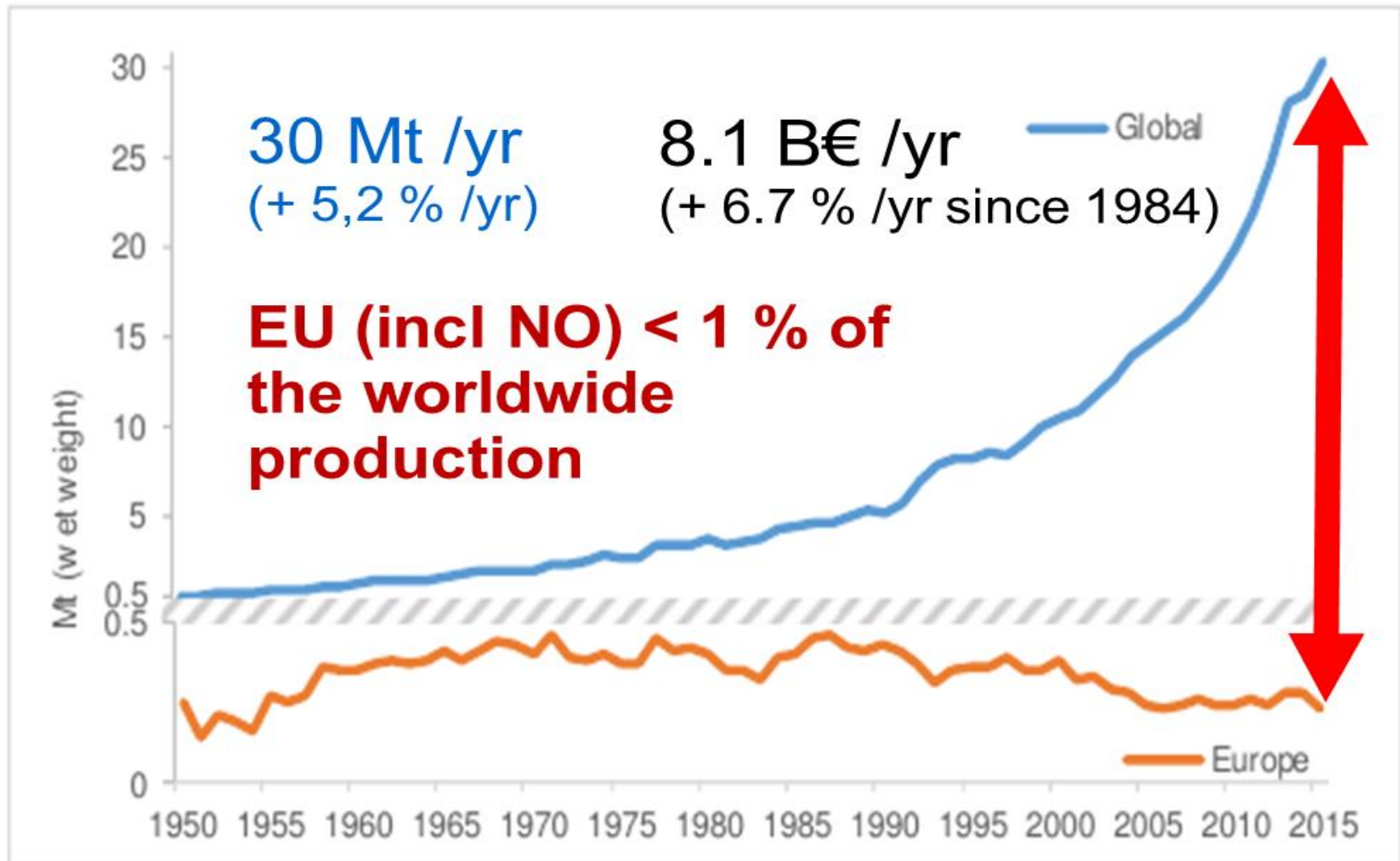


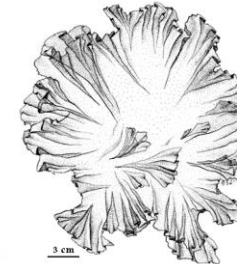
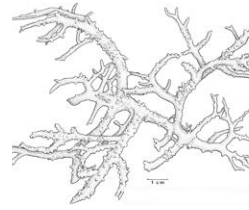
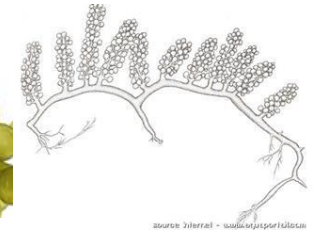
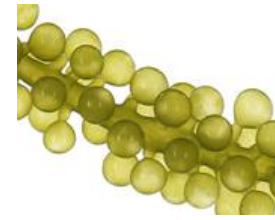
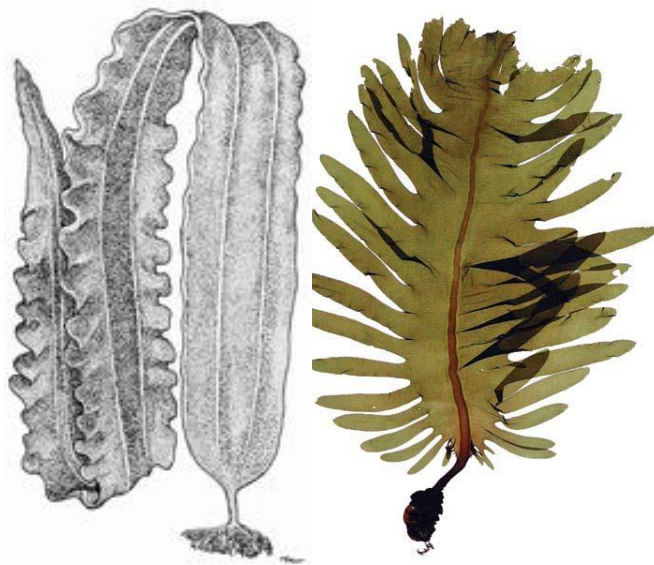
Kappaphycus alvarezii + *Eucheuma spinosum*

La production mondiale

WORLD vs EUROPE SEAWEED AQUACULTURE PRODUCTION

(Source: FAO, 2016)





BRUNES

11 M tonnes



ALIMENT

Wakame, Kombu, Hiziki, Mozuku,
Himanthale

INGREDIENTS

Alginates

Agriculture

Biostimulants Ascophyllum

Aliment Animaux

ROUGES

19 M tonnes



INGREDIENTS

Carraghénanes/ Agars

Euchemoides tropicales

Gracilaires

ALIMENT

Nori, Dulse Chondrus

VERTES

<200 000 tonnes



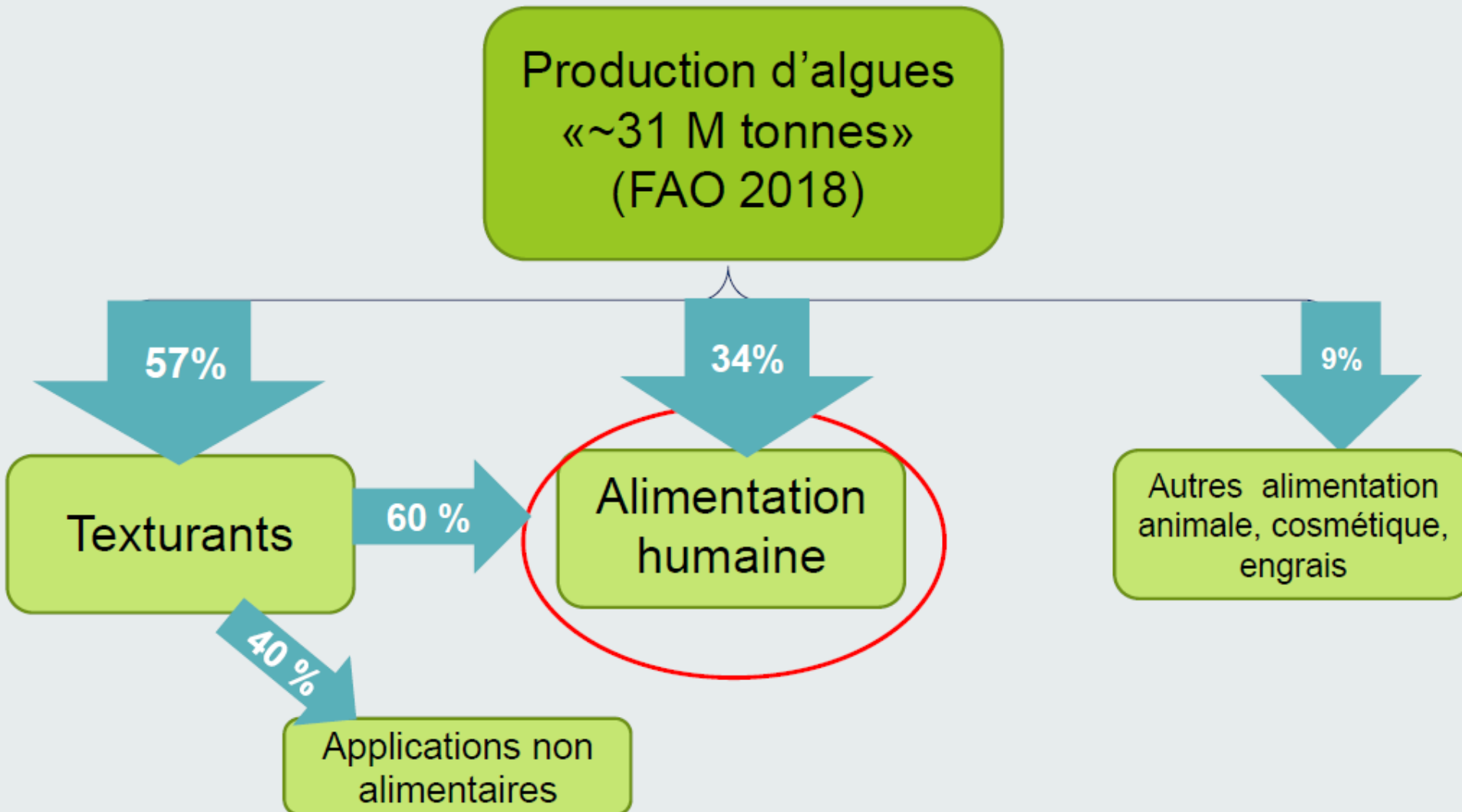
Aliment

Raisin de mer, Aonori,

Laitue de mer

Agriculture

Production mondiale et usages



Les algues alimentaires

AGRO
CAMPUS
OUEST

Algues alimentaires



Agroalimentaire



Produits Nutrition - Santé



Les journées
professionnelles
de Rennes
3^e ÉDITION

Projet IDEALG

**Les algues
alimentaires :
aujourd'hui
demain**

Jeudi 28 mai 2015
Organisées par le Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST



3e édition des journées professionnelles par le Pôle halieutique d'AGROCAMPUS OUEST, sur le site de Rennes étudier l'importance des algues alimentaires et le développement de leur marché dans le cadre d'[IDEALG](#)

Production mondiale et usages

□ Applications

■ Alimentation

- Exemple de la consommation japonaise

- estimée à 3 à 10 g sec/jour
- soit 7-9 kg frais/an/personne



- A titre de comparaison en France

- Équivalent à la consommation de salade
- Soit 7.3 kg/an/personne



Algues alimentaires en France

- Des macroalgues « légumes de mer »
- Des microalgues : spiruline et chlorelle
- Des extraits huileux riches en omega3

Laitue de mer



Dulse



Haricot de mer



Konbu royal



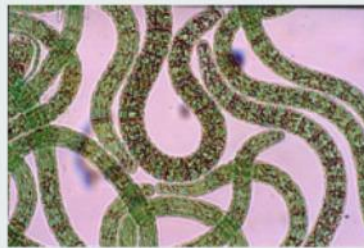
Wakame



Nori



Spiruline



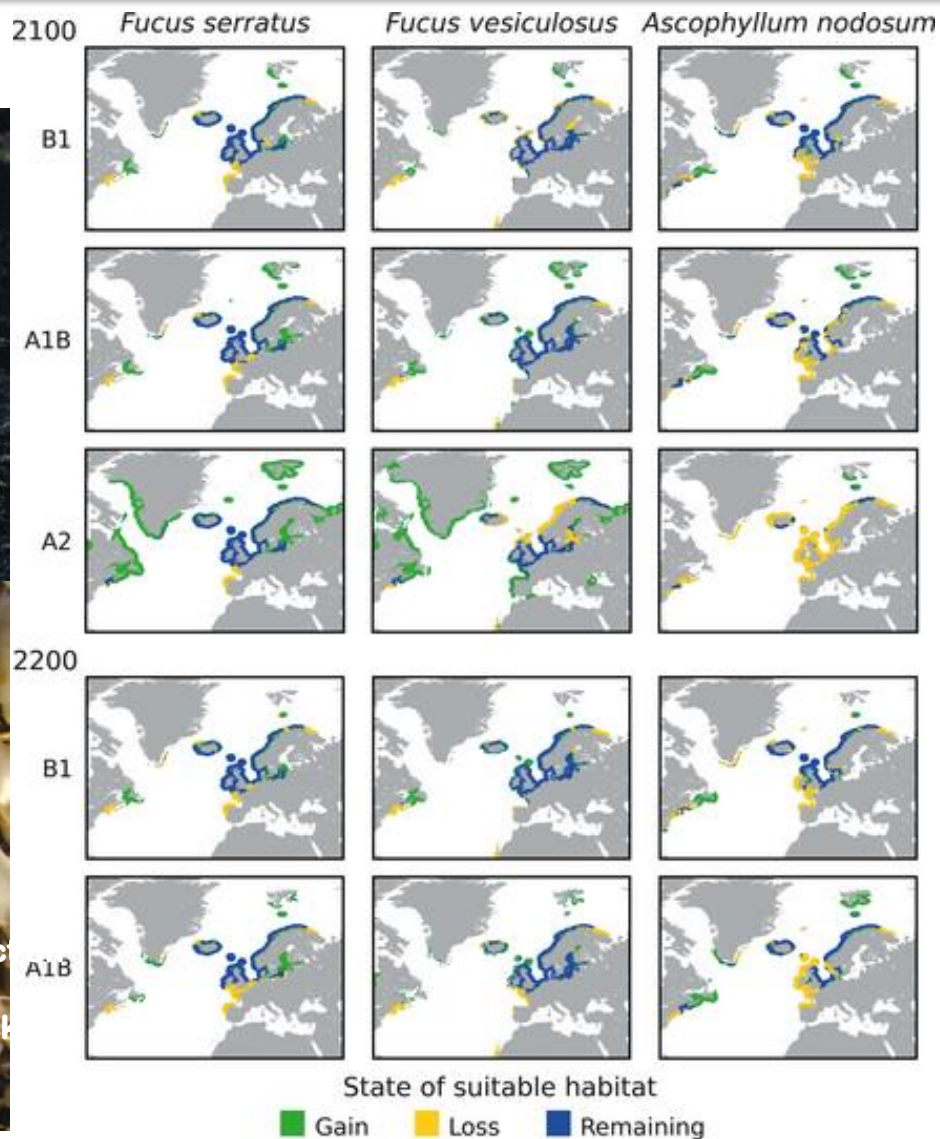
Chlorelle



Menaces: changement global



Jueterbok et al. (2013) Climate change impact seaweed meadow distribution in the North Atlantic rock intertidal.
Ecology and Evolution, 3, 1356–1373



Menaces: effets régionaux

Effets régionaux

Tempêtes et houles de l'hiver 2014



8 Finistère Tempêtes : les champs d'algues ratiboisés

Plants arrachés. Fonds transformés. Du jamais vu selon les goémoniers.
La saison de récolte débute très mal.

« La situation est très très grave », lâche Yvon Trédic. Le président de la commission algues au comité départemental des pêches estime que c'est du « jamais vu ». La succession des tempêtes ont tiré à su un effet invisible pour le grand public, mais dont les goémoniers commencent à mesurer l'impact.
La récolte est ouverte depuis le 28 avril. Et les bateaux qui se sont levés pour aller à la pêche en une journée. « Les tempêtes ont arraché les algues sur le fond », explique Sébastien La Guennec, secrétaire départemental du comité des pêches. « Les fonds sont totalement remodelés ». Des dunes de sable ont recouvert les plateaux rocheux ou broussaient les algues. Des blocs de roche de plusieurs tonnes ont été déplacés. Même les plongeurs professionnels seraient un peu déconcertés dans ce paysage modifié.

De décembre à mars, sept grandes tempêtes ont balayé la Bretagne, dont certaines étaient associées à de forts coefficients de marées. Cette succession de coups de vent a entraîné une houle toujours plus forte. Une vague de 14 m a été enregistrée au phare des Pierres Noires au large de Molène. Par endroits, la côte a reculé de plusieurs mètres, les plages ont été creusées. Mais au fond de l'eau, ce n'est guère mieux.

Réduire la pêche ou pas ?
Les goémoniers exploitent deux



35 bateaux exploitent le goémon en Bretagne. Pour la plupart en Finistère.

types d'algues : Laminaria digitata et Laminaria hyperborea. Les deux sont touchées. Ce sont des récoltes qui supposent une très grande connaissance des sites d'exploitation, à quelques dizaines de mètres près, dans des petits fonds, des Côtes-d'Armor au Morbihan, mais essentiellement dans l'archipel de Molène. 35 bateaux ont une licence. Ils récoltent en moyenne 20 000 tonnes d'hyperborea et 50 000 tonnes de digitata par

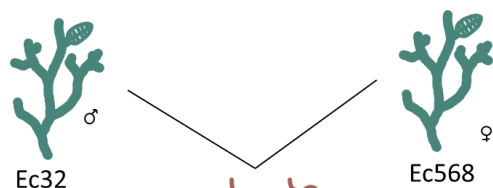
an. Des algues qui sont ensuite transformées dans les usines Danisco de Landreneau et Cargill de Lannilis. « Joris Peters, patron de Cargill, envisage de demander aux pêcheurs qui le souhaitent de rester sur l'hyperborea, « un peu plus robuste ». Selon lui, « les décisions sont délicates à prendre. Mais il faut être prudent et bien protéger la ressource. Ce n'est pas seulement cette année que nous en aurons besoin ». L'industrie

pourrait toujours tourner, en important des algues, même si « ce n'est pas de ce que nous souhaitons », précise Joris Peters.
Déjà, plusieurs bateaux ont stoppé. D'autres n'ont pas commencé et se lèvent tard. 19 mai. Faut-il réduire l'effort de pêche ou non ? Les professionnels doivent se réunir pour envisager l'attitude à adopter.

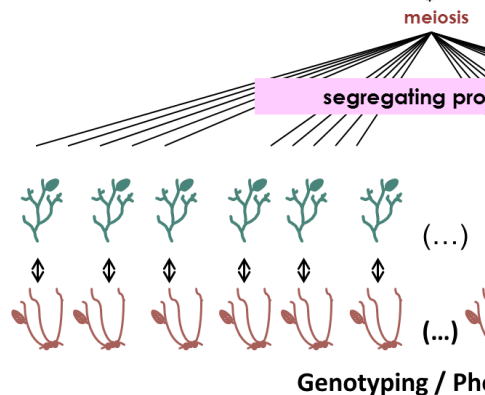
Sébastien PANOU.

plus de 50% des stocks
de *L. digitata* échoués
sur la côte?

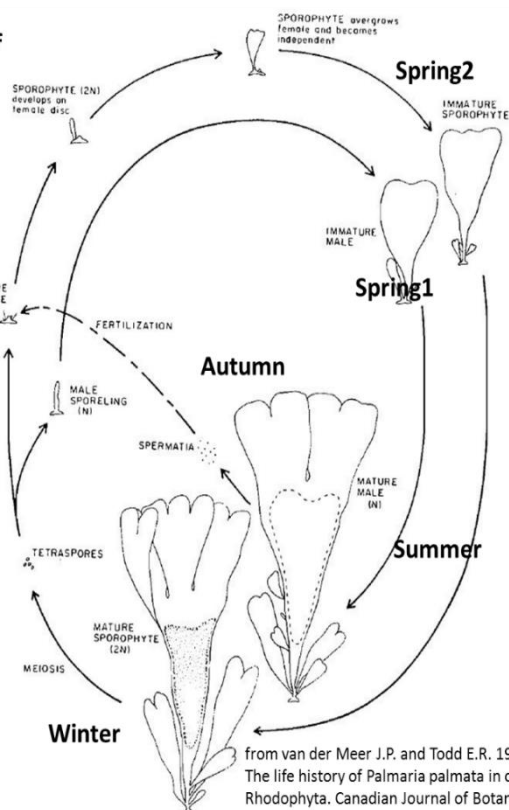
QTL mapping population:



The sexual life cycle of *Palmaria palmata*



Gametophytes (n)



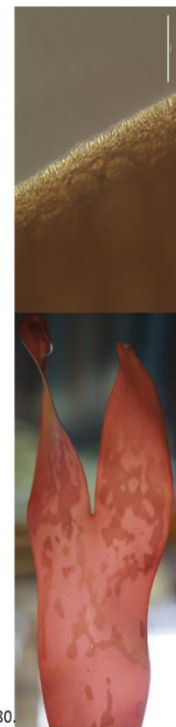
from van der Meer J.P. and Todd E.R. 1980.
The life history of *Palmaria palmata* in culture. A new type for the Rhodophyta. Canadian Journal of Botany 58:1250-1256

➤ Lever les verrous majeurs en algoculture

- Cycle de vie et reproduction

Sélection de génotypes et amélioration

Identifier les obstacles et moteurs socio-économiques

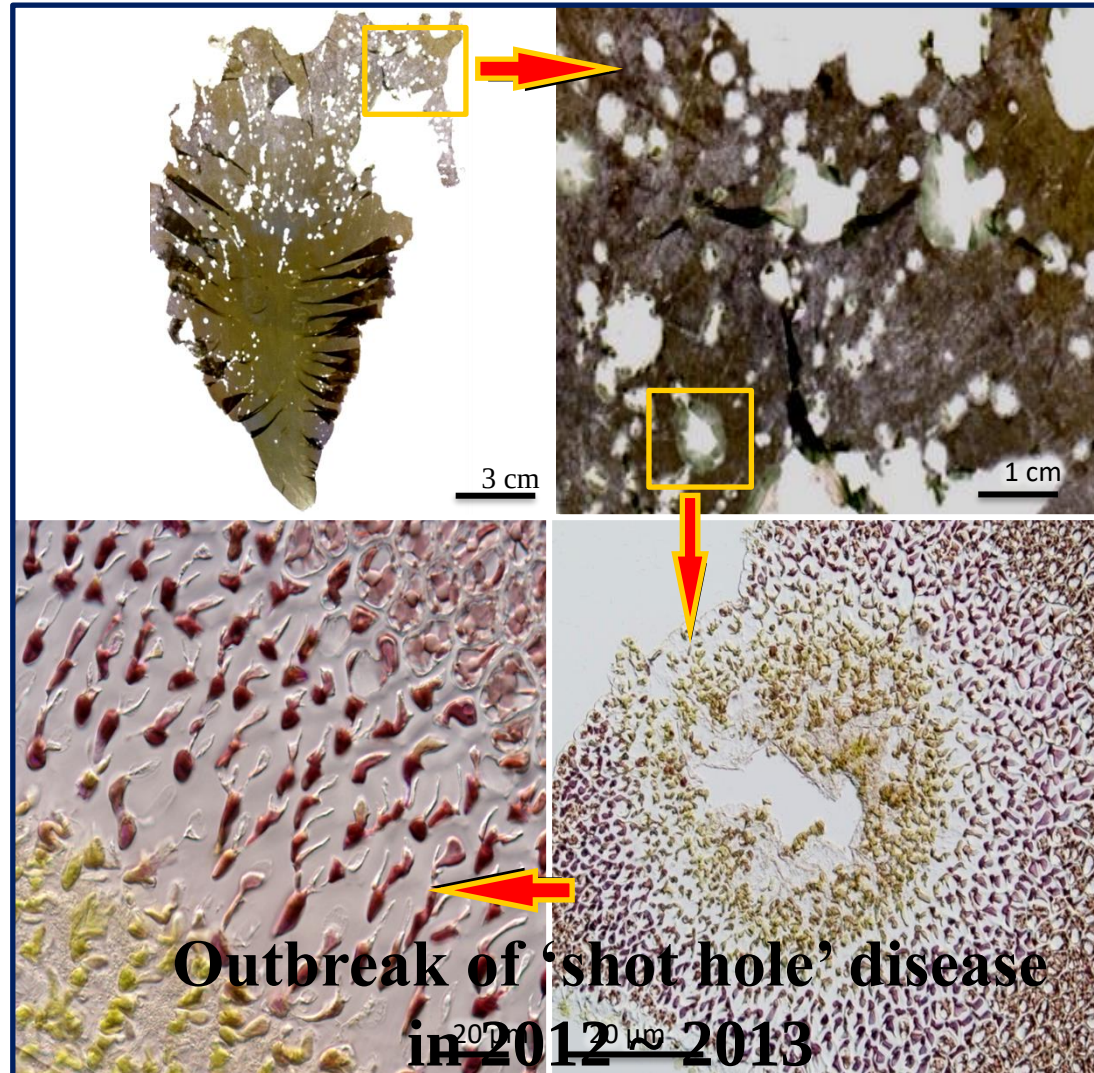


Défi: la sélection variétale

Recherche & Développement

➤ 10-20% de pertes économiques en Asie

- Prévenir les risques pour l'environnement: pollution génétique, pathogènes contaminant des stocks sauvages...
- Sélectionner des variétés résistantes ou explorer le potentiel d'immunostimulation
- Aucun intrant n'est acceptable en mer



c/o Prof GH Kim South Korea))

Défi: maladies émergentes

Aquaculture en mer et à terre pour l'alimentation humaine



*<150 tonnes fraîches de Wakamé,
Kombu royal et Alaria (Agreste 20*

Aquaculture à terre



Canada, NS



France, Vendée

Towards the large scale of cultivation

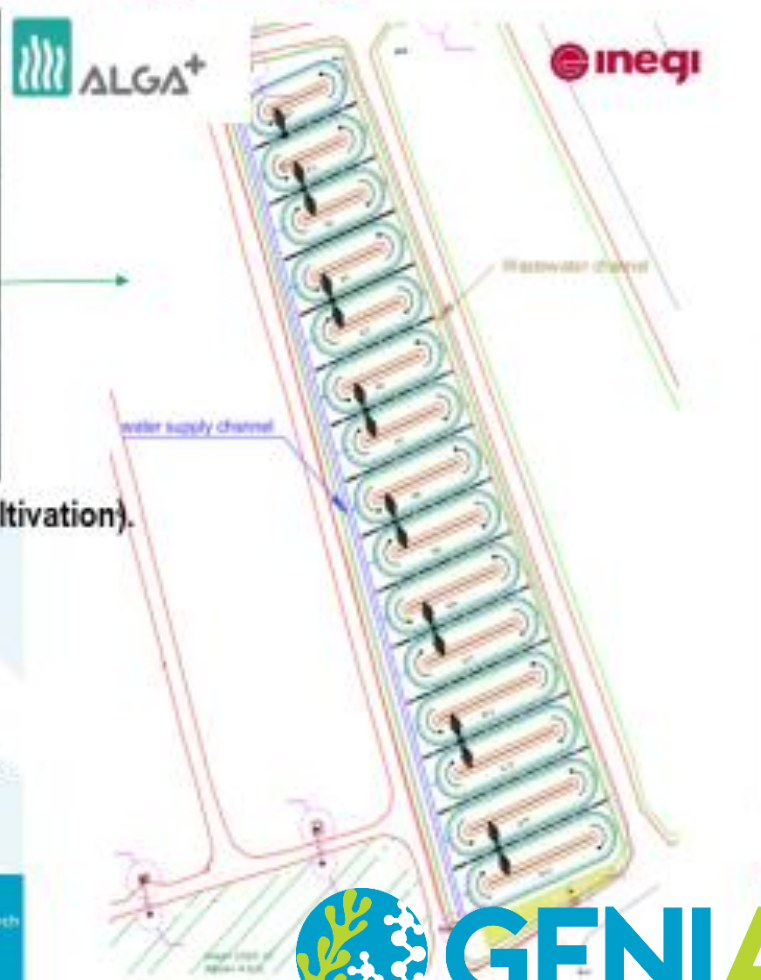
NOVEL SITUATION in Portugal in 2020



Raceways (energy-efficient reference pond cultivation).

> 100 fresh tons of *U. rigida*

- Expected to run for a whole year with knowledge produced in GENIALG
- Will produce the necessary amounts for biorefinery pilot-scale trials



La culture à grande échelle des algues n'est pas encore viable économiquement en France et en Europe





FINANCÉ PAR
ANR



GENetic diversity exploitation for Innovative macro-ALGal biorefinery



Croissance Bleue



Philippe Potin (CNRS, Roscoff)



CNRS UPMC
Station Biologique
Roscoff





Lloyd's Register
Foundation

Foresight review of food safety

Feeding the world safely and sustainably



October 2019

Lloyd's Register Foundation
Report Series: No.2019.2

A global challenge

- By 2050, human demand for food will increase by **50%** as the global population approaches **10 billion**.
- In the context of current agriculture challenges, oceans and seaweeds have strong potential to contribute significantly to the global supply of food.
- Global demand for macroalgal food and feed is already on the rise

The Seaweed Manifesto

Led by



United Nations
Global Compact

Editorial team gathering experts notably from :



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

The Nature
Conservancy



THE WORLD BANK



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE



WWF



CNRS • SORBONNE UNIVERSITÉ
Station Biologique
de Roscoff

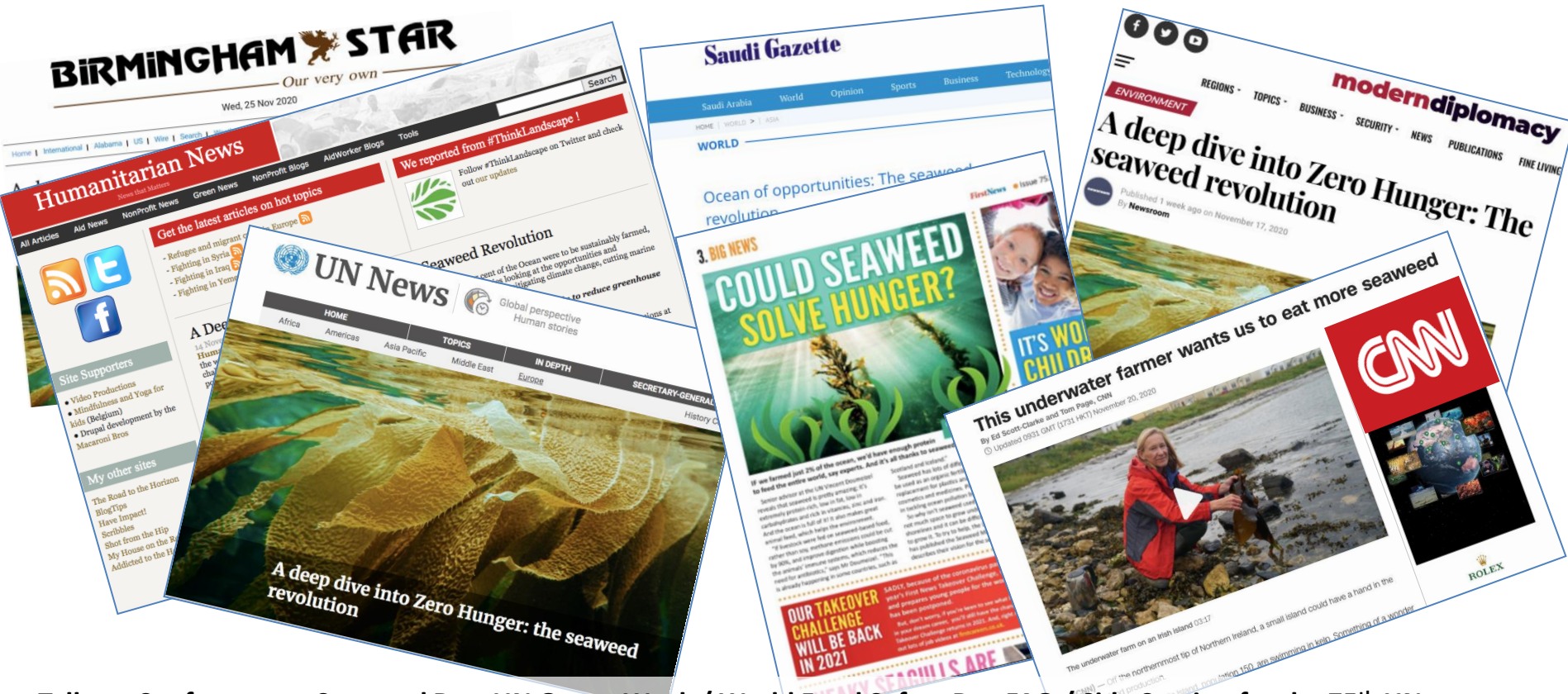
OCEANS · 2050

1 500's downloads on the website and already
supported online by over 250+ organisations

Check more at www.seaweedmanifesto.com

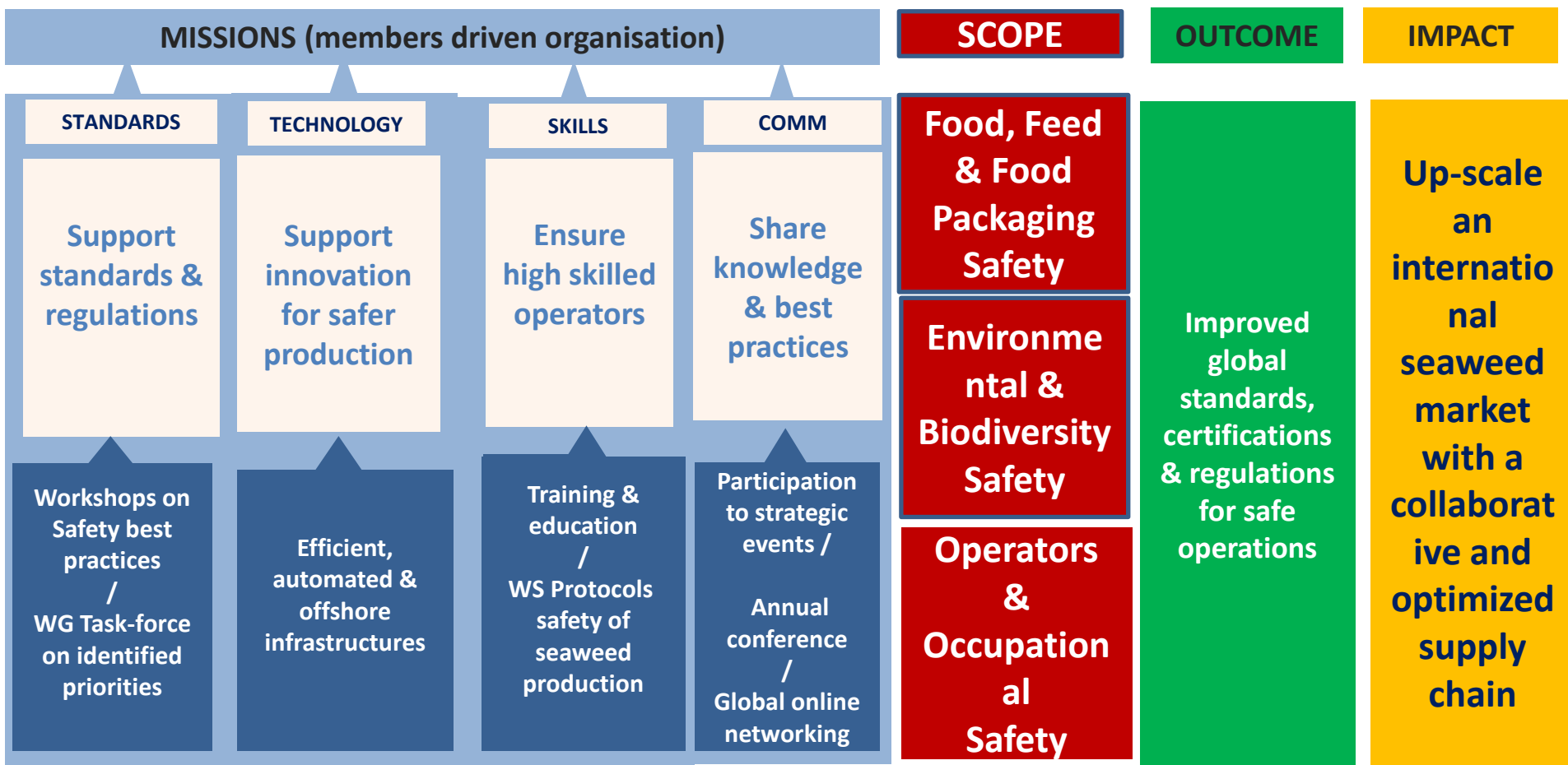


The Seaweed Manifesto in the Press



Talks at Conferences : Seaweed Day, UN Ocean Week / World Food Safety Day FAO / Side Session for the 75th UN General Assembly / CIFSQ (China) / DIFSC (Dubai) / Global Bioeconomy Summit (Berlin) / Plastic Free Conference (Germany) / Annual Korean Seaweed Summit / Algae Biomass Summit (US) / Seagriculture/ ...

Global Safe Seaweed Coalition objectives



United Nations
Global Compact



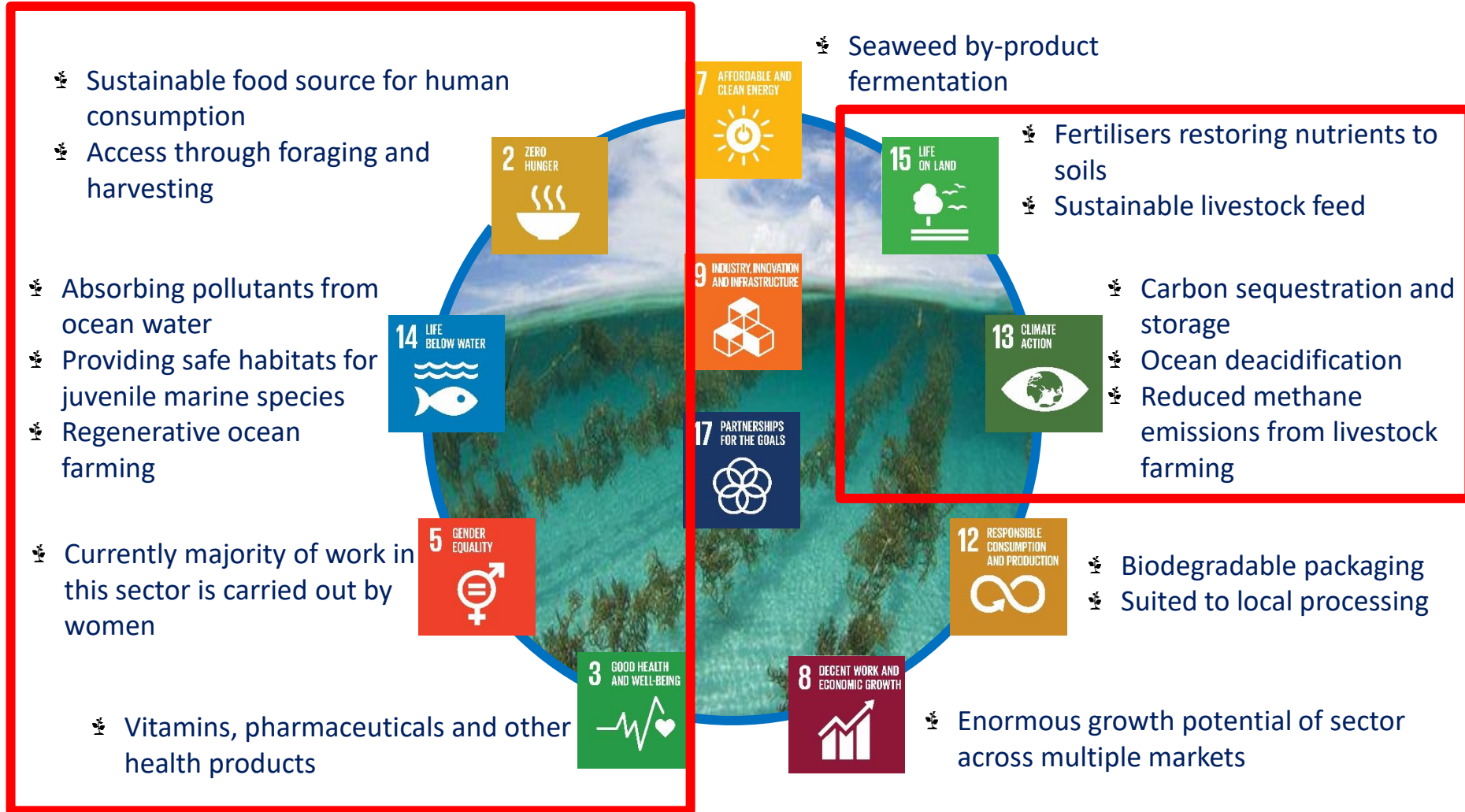
Lloyd's Register
Foundation



CNRS • SORBONNE UNIVERSITÉ
Station Biologique
de Roscoff

Governance

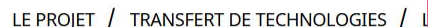
Les contributions des algues aux ODDs de l'ONU



Principaux messages

- Seulement 20 espèces de macro-algues contribuent significativement à l'alimentation et d'autres produits et 6 espèces assurent 95% des productions mondiales alimentaires et d'ingrédients.
- La diversité génétique et la notion de ressource génétique ont été très peu prise en compte dans la domestication des espèces d'algues.
- Des barrières réglementaires, culturelles, politiques, environnementales peuvent remettre en question les promesses de la biodiversité algale, notamment l'acceptabilité sociétale de l'algoculture.
- Un travail important reste à accomplir vers les citoyens, consommateurs, mais aussi les décideurs et investisseurs. Le Green Deal créera-t'il des opportunités?

English



[\[Voir toute l'actualité \]](#)



28/03/2018

La science des algues d'hier à aujourd'hui

Vertes, rouges ou brunes : la science des grandes algues marines en a vu de toutes les couleurs au cours des deux derniers siècles. Des premières classifications à l'exploration actuelle de leur biologie et de leurs génomes (en passant par l'étude de leur cycle de vie), ces végétaux marins n'ont pas fini de fasciner les chercheurs.

de la classification à l'étude de leurs génomes

Avant les premières classifications par le naturaliste de l'époque du 18^{ème} siècle, les algues étaient regroupées selon leur couleur (rouge, vert, brun, etc.). Mais c'est au 19^{ème} siècle que les algues ont été classées en trois groupes : les algues vertes, les algues rouges et les algues brunes. Ces groupes ont été définis en fonction de leur couleur, mais aussi de leur structure et de leur cycle de vie.

Depuis 2010, l'étude de leurs génomes a permis de mieux comprendre leur évolution et leur diversité.

pour se reproduire, les algues alternent entre 2 formes de vie très différentes

Le cycle de vie des algues est très complexe. Elles alternent entre deux formes de vie : la phase végétative et la phase reproductrice. La phase végétative est celle où l'algue grandit et se reproduit par fragmentation. La phase reproductrice est celle où l'algue produit des spores qui vont donner naissance à de nouvelles algues.

Les forêts d'algues : un lieu de vie et d'échanges intenses

Les forêts d'algues sont des écosystèmes très riches. Elles abritent une grande diversité d'espèces animales et végétales. Les algues jouent un rôle important dans le cycle de l'azote et du carbone. Elles sont aussi une source importante de nourriture pour de nombreux animaux marins.

quelques dates clés de la recherche sur les algues en France

- 1800 : premières classifications des algues marines.
- 1845 : découverte de la première algue brune (Laminaria).
- 1880 : découverte de la première algue rouge (Gracilaria).
- 1900 : découverte de la première algue verte (Ulva).
- 1920-1930 : premières études de la biologie des algues.
- 1950 : premières études de la génétique des algues.
- 1972 : création du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) pour l'étude des algues.
- 1981 : premières études de la physiologie des algues.
- 1985 : premières études de la biochimie des algues.
- 1990 : premières études de la biologie moléculaire des algues.
- 2000 : premières études de la génomique des algues.
- 2010 : premières études de la transcriptomique des algues.
- 2015 : premières études de la protéomique des algues.
- 2020 : premières études de la métabolomique des algues.

Thomas, SBR