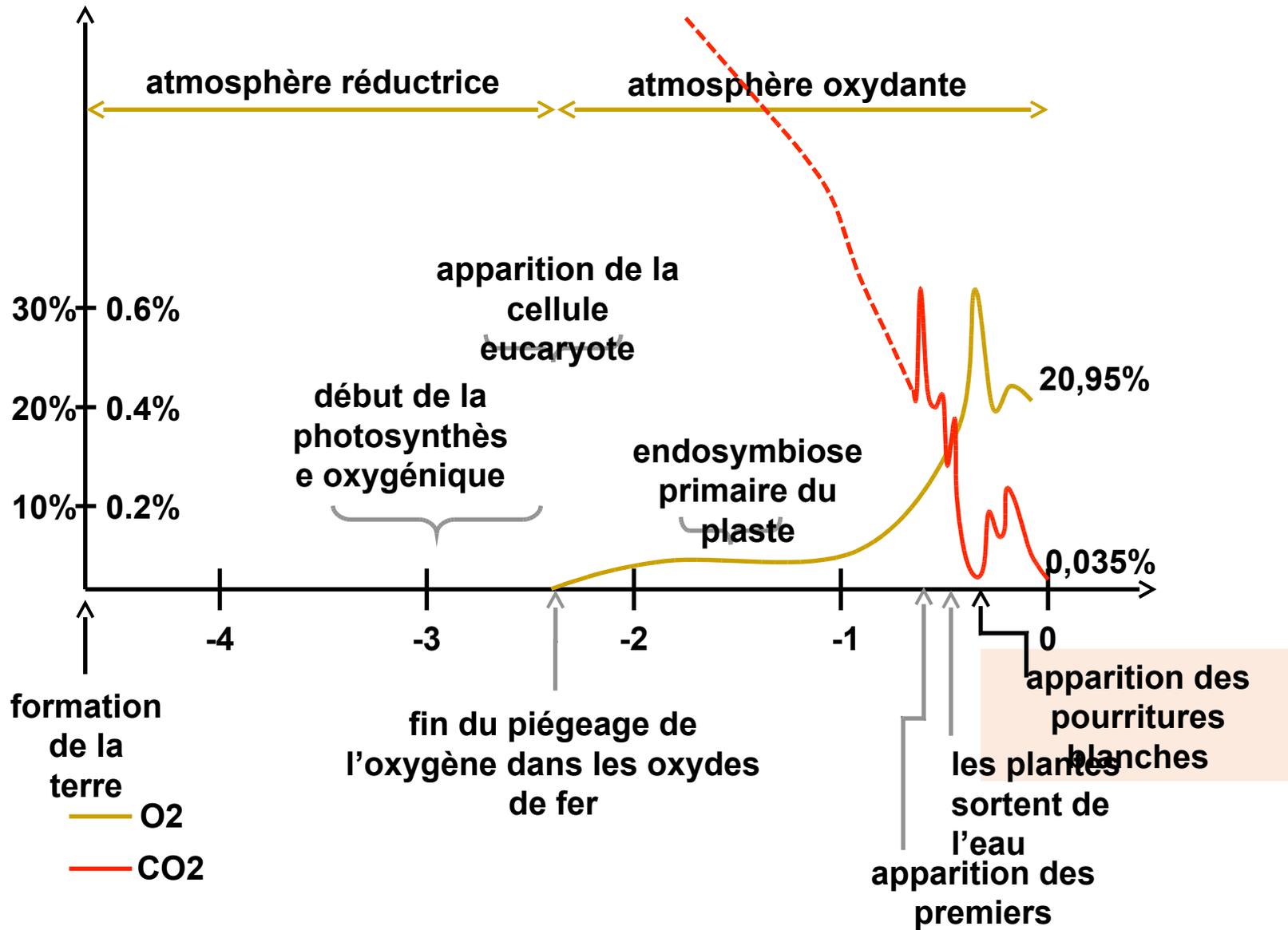


Les mondes de l'agriculture, systèmes éco-productifs de l'anthropisation du monde.

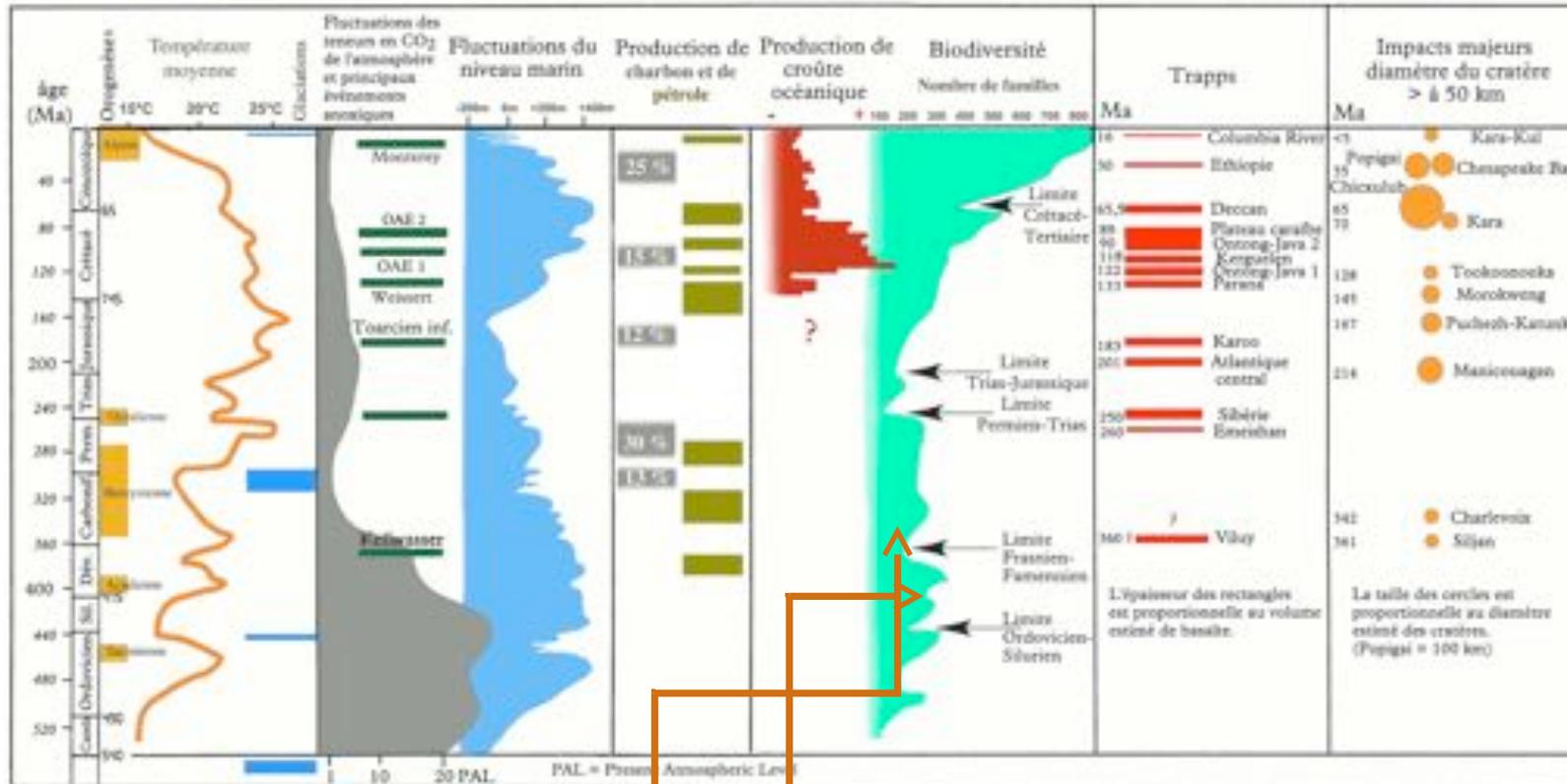
La nouvelle interaction Homme-Technique-Vivant.

Essai d'une conception générale de l'écologie des systèmes et des technologies agricoles (agro-ressources et santé humaine), en tant que réponse aux changements pressentis de la biosphère terrestre dans le siècle à venir.

L'histoire de la biosphère terrestre « vue de Sirius »

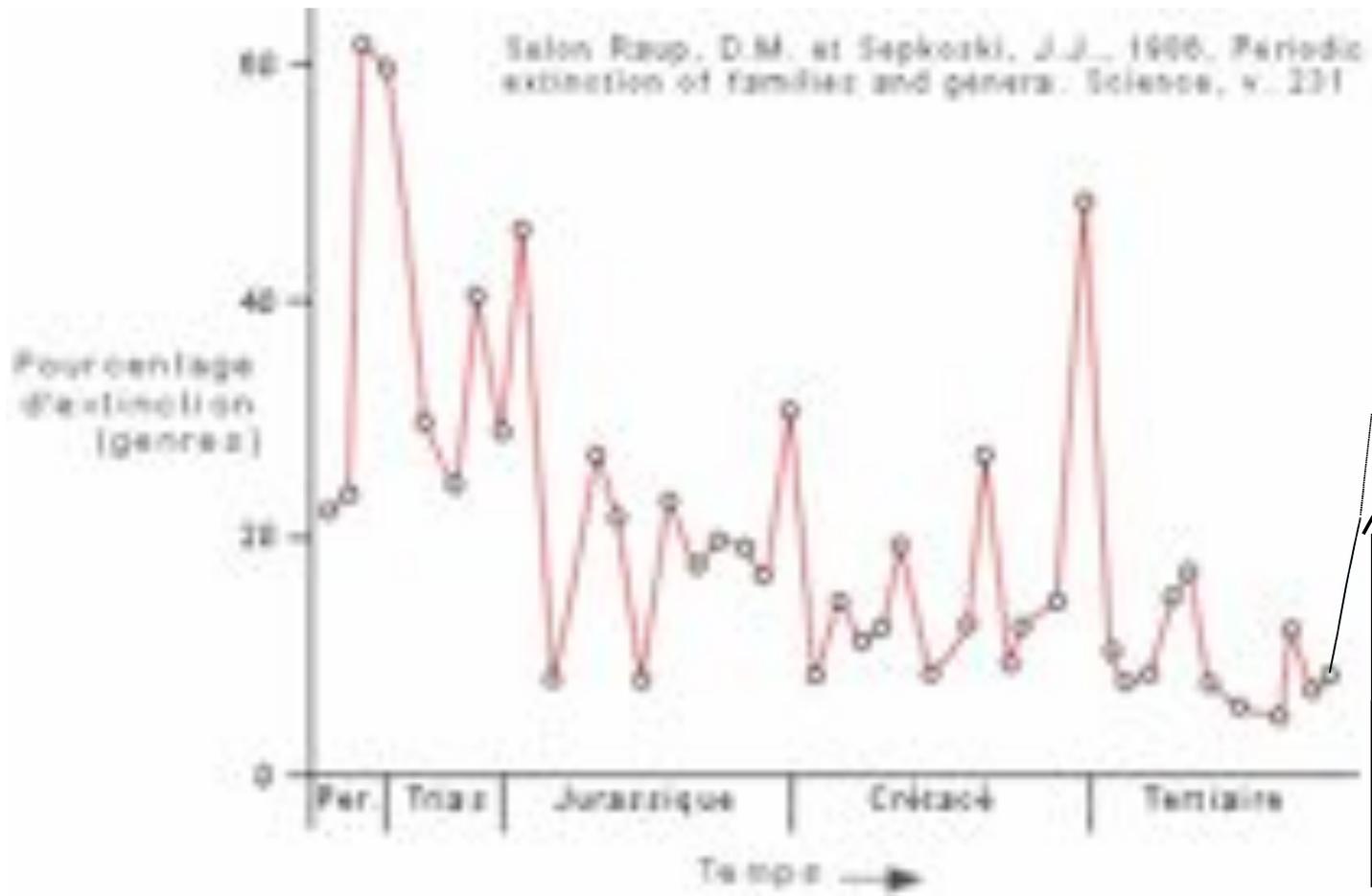


les causes des autres extinctions (animales) semblent liées au volcanisme, météores...



après chaque extinction : sursaut de biodiversité!

causes extrinsèques?



La 6° extinction ?

La biodiversité

- Nous vivons la sixième grande extinction de l'histoire du vivant.
- Elle a commencée il y a plus de 15 000 ans
- Elle s'accélère
- Elle touche presque tous les embranchements, groupes, familles d'êtres vivants.
- Entre 10 000 et 40 000 espèces s'éteindraient par an... (taux d'extinction 100 à 1000 fois supérieur au taux "normal")

Causes de la baisse de biodiversité

- Historiques :
 - expansion, prédation, agriculture
 - déplacement des espèces
- Récentes :
 - Industrie, agriculture intensive
 - fragmentation des espaces (routes, etc...)
 - surexploitation des mers, lacs, rivières
 - surconsommation d'eau
 - changement climatique

La domestication et ses conséquences

Populations d'animaux domestiqués (estimation)

- Bovins (vache, buffle, zébus) : > 1500 millions
- Ovins et caprins : 1000 + 700 millions
- Porcs : plus de 800 millions (1000 vers 2015)
- Camélidés : environ 30 millions
- Equidés : encore + de 100 millions
- Chiens + chats + autres animaux de compagnie : probablement plus d'un milliard
- Oiseaux domestiques : plus de 15 milliards

Parmi les animaux de plus d'un Kg, les domestiqués représentent, en poids, plus de 95% du total.

Conséquences de la domestication

- Les animaux domestiques « pèsent » bien davantage aujourd'hui que leurs homologues sauvages. Ils ont été acclimatés dans le monde entier. Leurs prédateurs ont été éliminés.
- Les animaux « féralisés » se répandent...
- Les plantes domestiquées sont répandues sur toute la planète, indépendamment de leur origine (1800 millions d'Ha).
- Arbres et plantes adaptées se répandent...

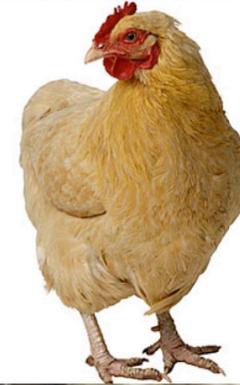
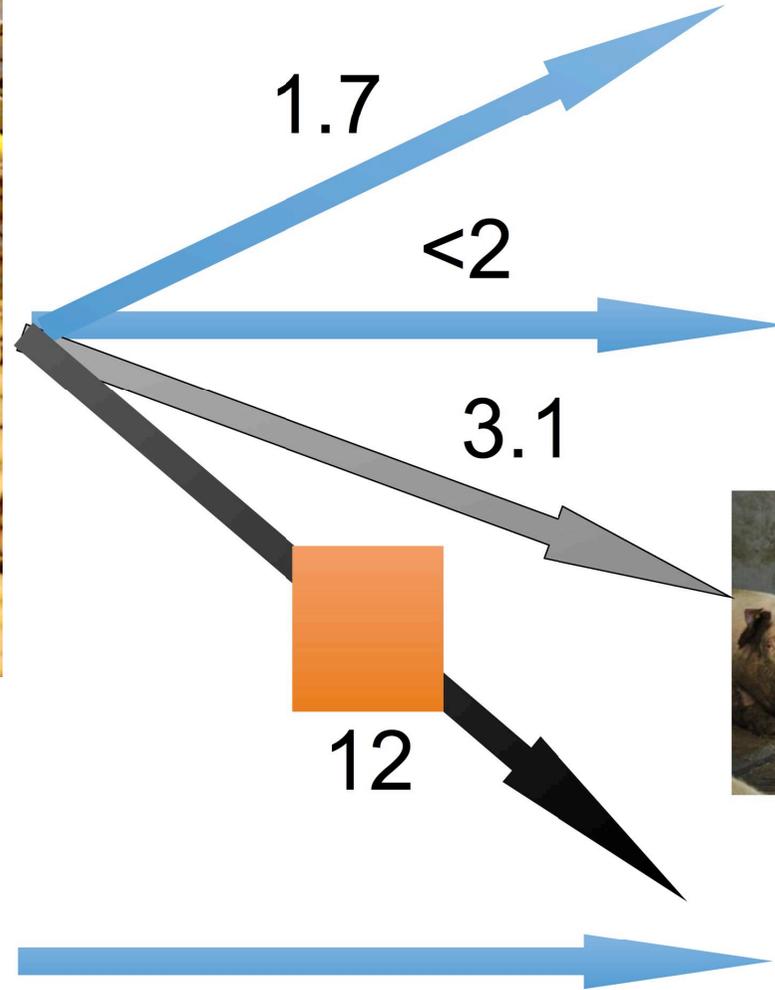
Impact écologique enclenché par l'espèce humaine, corrélé à sa croissance, en moins de 10 000 ans, en accélération

Taux de conversion végétal / animal

Type de produit	Taux de conversion grains = > animal	Equivalent Ha pour une même quantité d'énergie « dans l'assiette »
Céréales en direct	100 %	1
Céréales = > Volailles	40 %	2,5
Céréales = > Porcins	29 %	3,5
Céréales = > Bovins	14 %	7

Nous avons besoin de plus de terre agricole si nous mangeons des produits animaux, et davantage en consommant des bovins que des volailles...

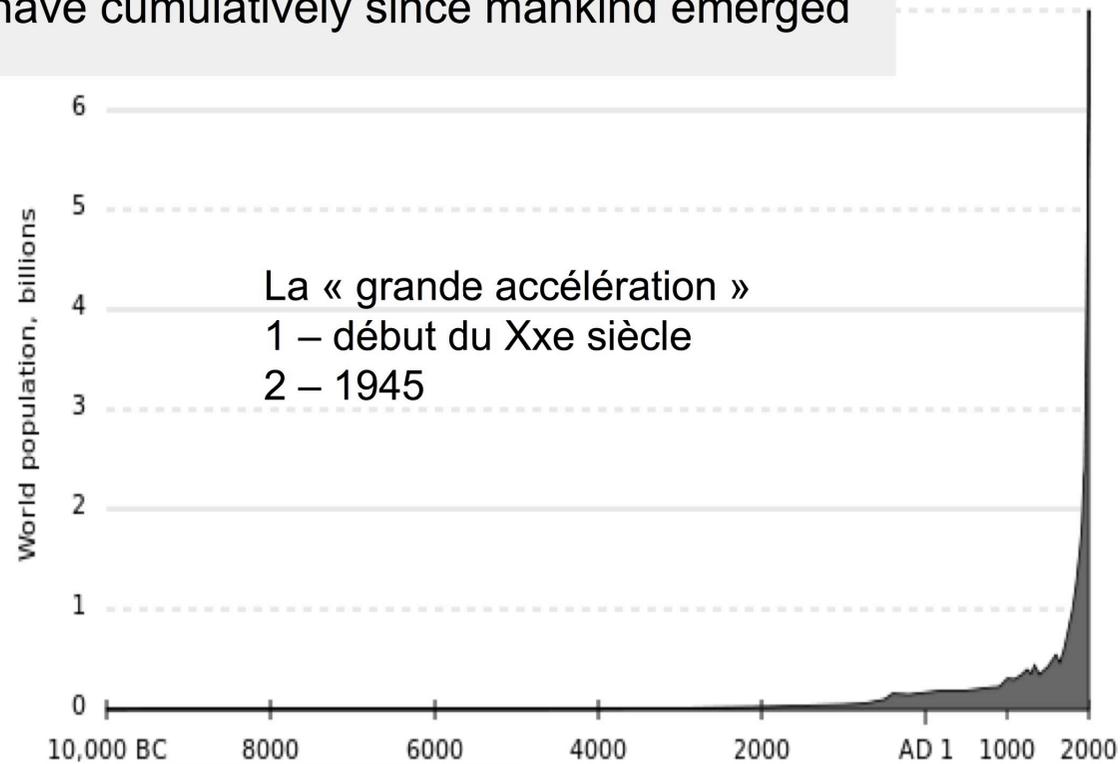
Feed conversion ratio



Besoins de terres et capacités de production Dans les 35 ans à venir

Feeding a Growing World

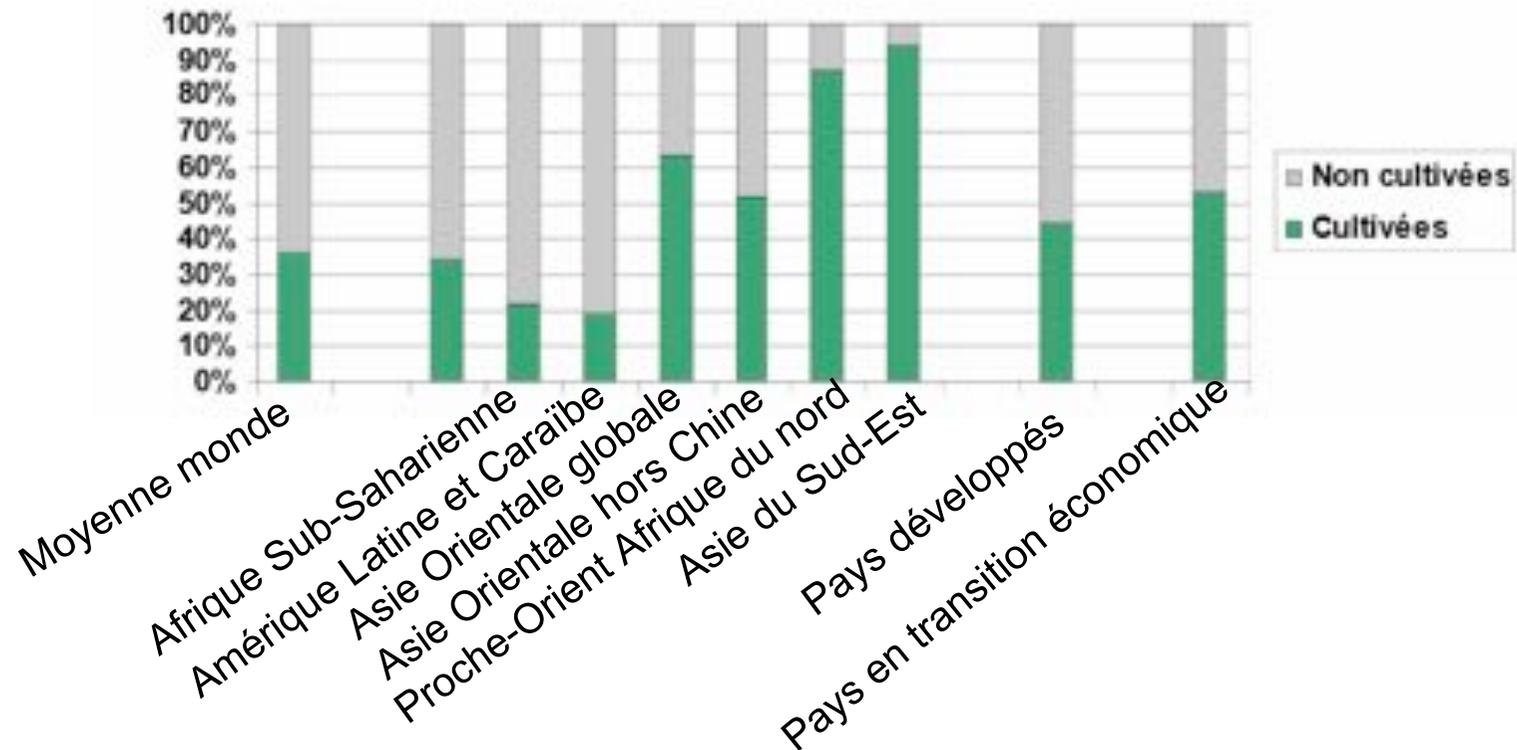
- **The Need:** Over the next 50 years we shall need to grow more food than we ever have cumulatively since mankind emerged



GIFS | GLOBAL INSTITUTE
FOR FOOD SECURITY

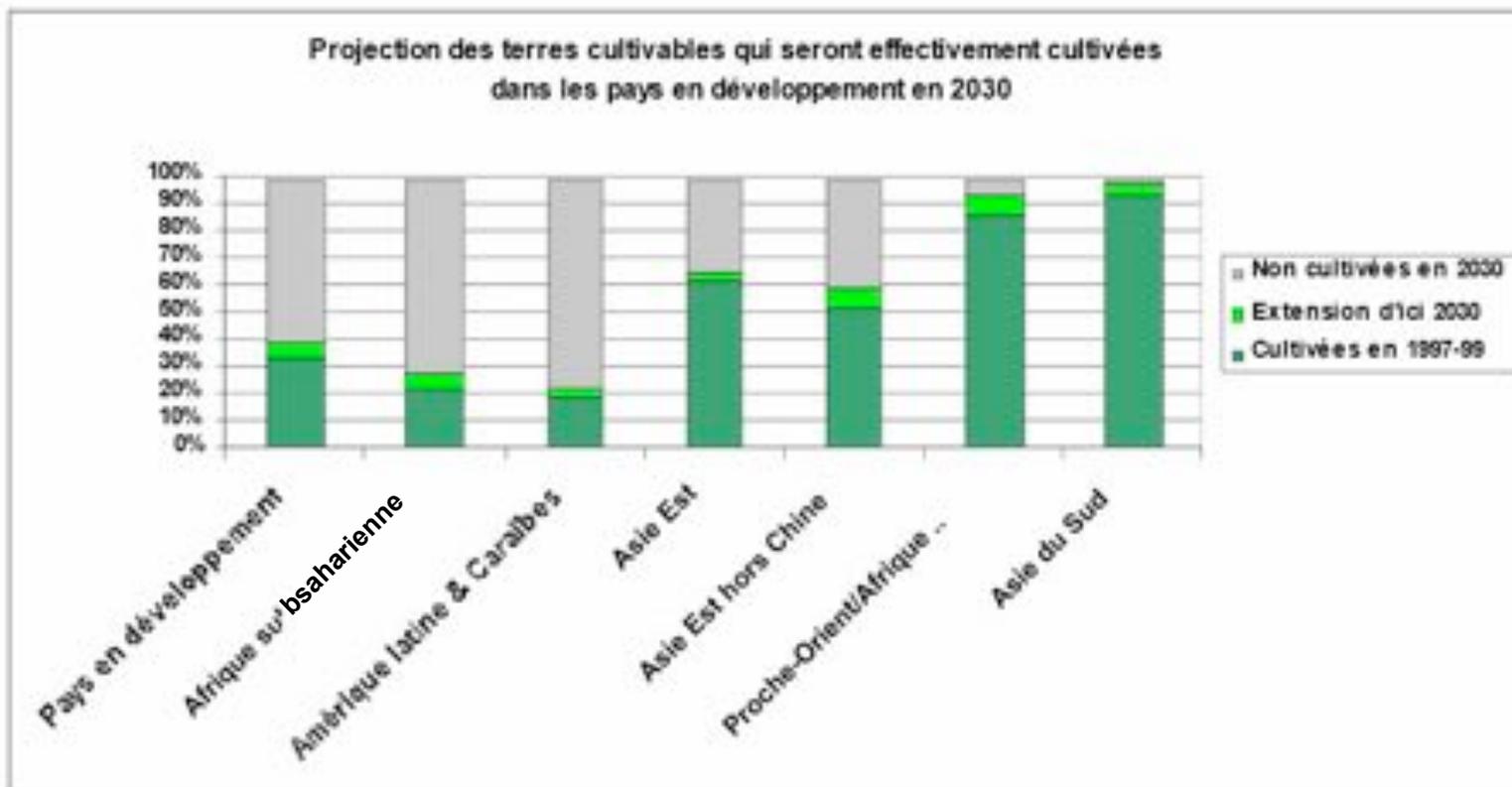
POTASHCORP - A FOUNDING PARTNER

Part des terres cultivables effectivement cultivées en 1997-99



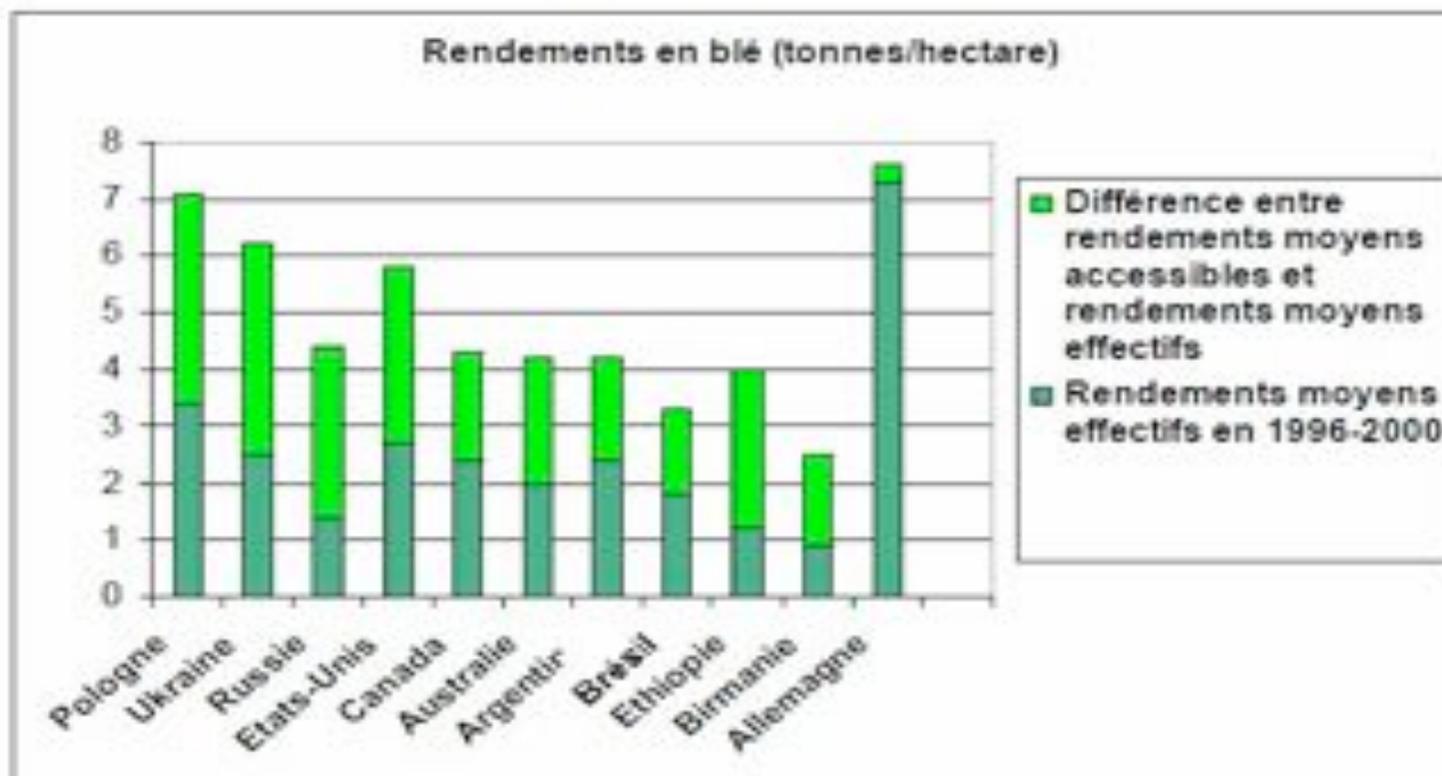
d'après les travaux de l'IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) et de la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) - L. Roudard INAPG

Projection sur 2030 (datée du début des années 2000)



d'après les travaux de l'IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) et de la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) - L. Roudard INAPG

Rendements effectifs actuels par rapport aux rendements accessibles



d'après les travaux de l'IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) et de la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) - L. Roudard INAPG

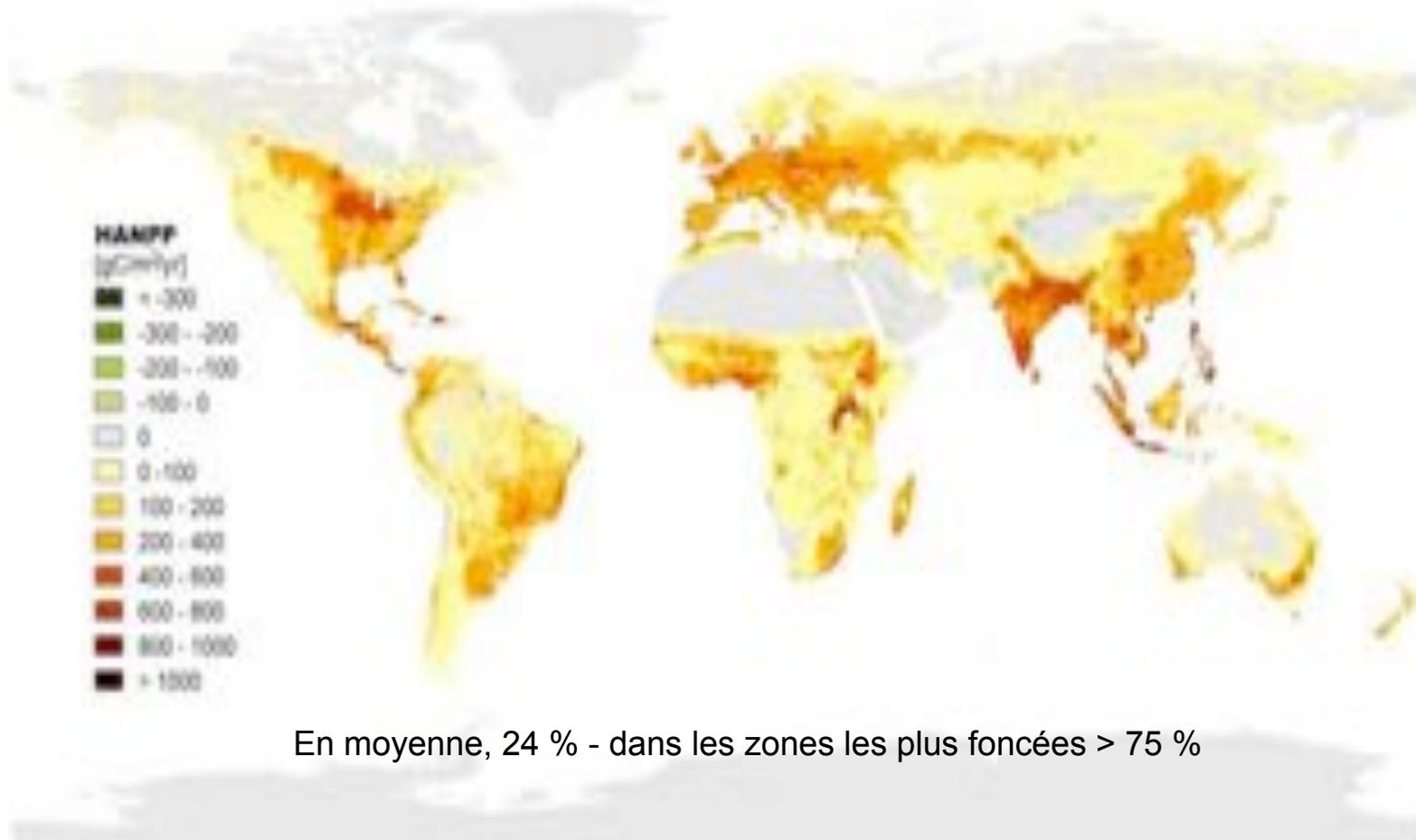
Synthèse des capacités productives

- La surface cultivable ne croîtra pas (env. 1600 M Ha)
- Les rendements plafonnent en certains endroits
- Les terres encore disponibles sont localisées
 - Ukraine
 - Kazakstan
 - Argentine
 - Brésil
- Leur utilisation pose des problèmes

Agriculture

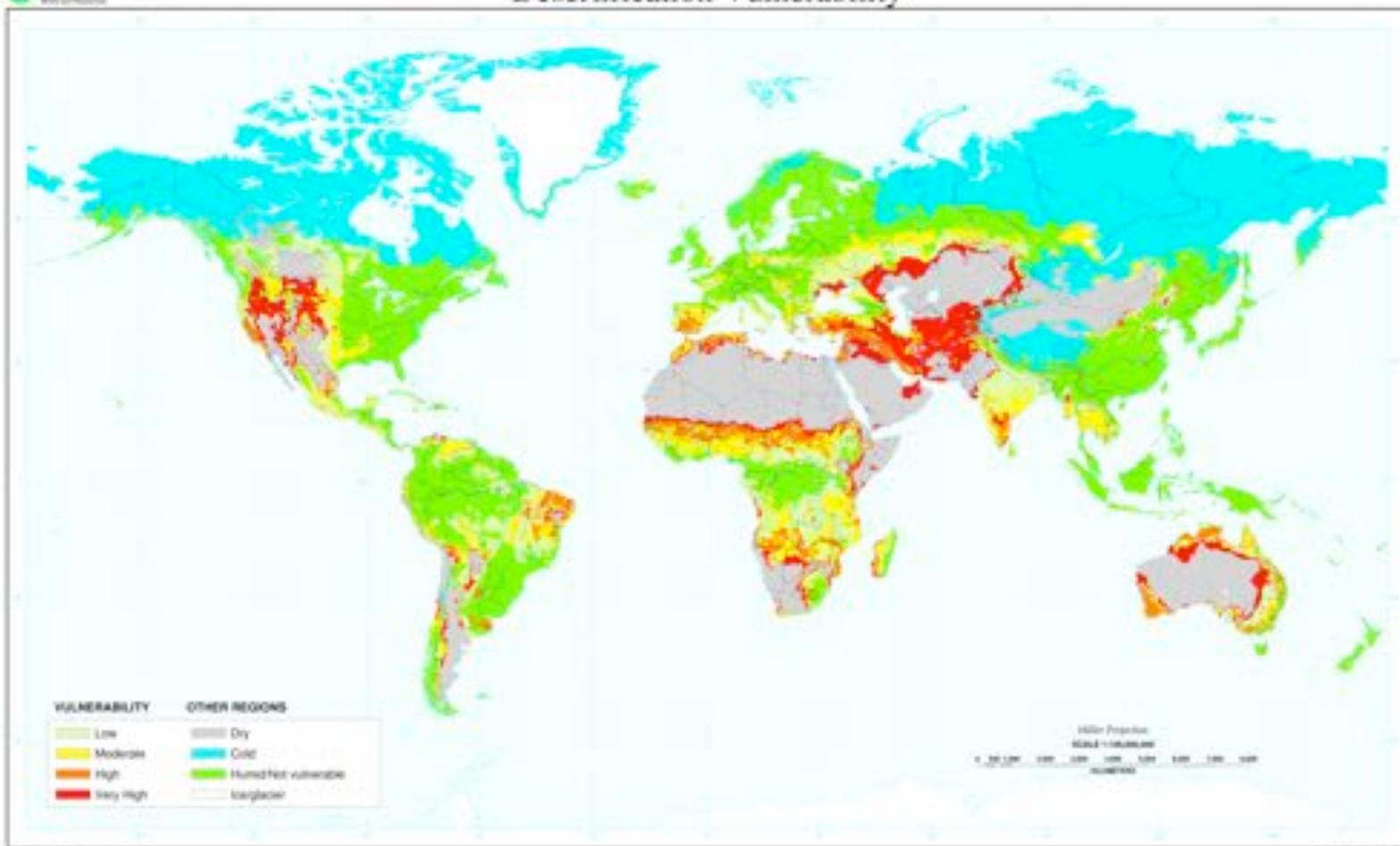
- Concurrence entre :
 - agrocarburants et alimentation
 - agriculture et biodiversité
- Besoin de terres agricoles : (-80 000 Ha/an en France)
 - industrie et activités économiques
 - transports
 - habitations
- Accroissement des besoins avec l'enrichissement
 - alimentation plus carnée
 - Suralimentation
- Coût croissant à moyen terme des intrants (**énergie**)

Appropriation humaine de la production primaire

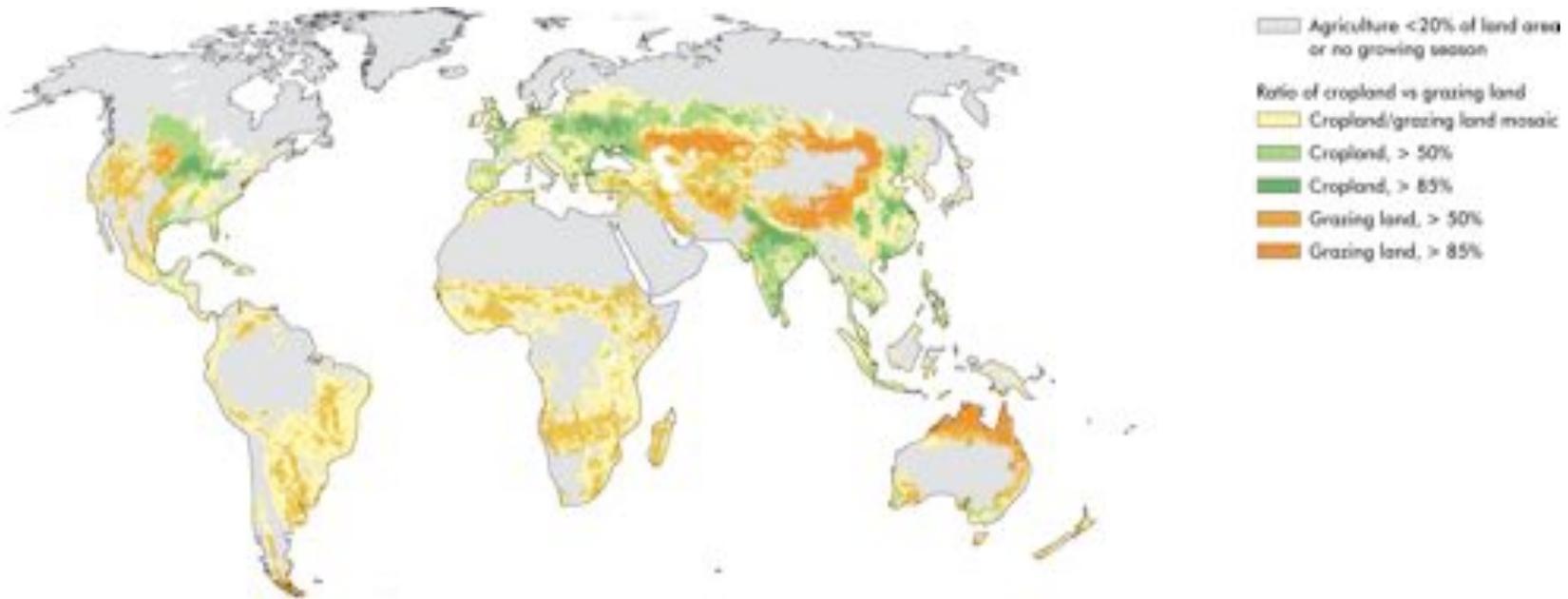


Sources : Institut für Soziale Ökologie, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Vienna, Autriche, 2007

Desertification Vulnerability



La répartition des terres agricoles dans le monde



De plus en plus nombreux dans un monde fini

Le défi des 20 ans à venir: Répondre à la demande alimentaire mondiale

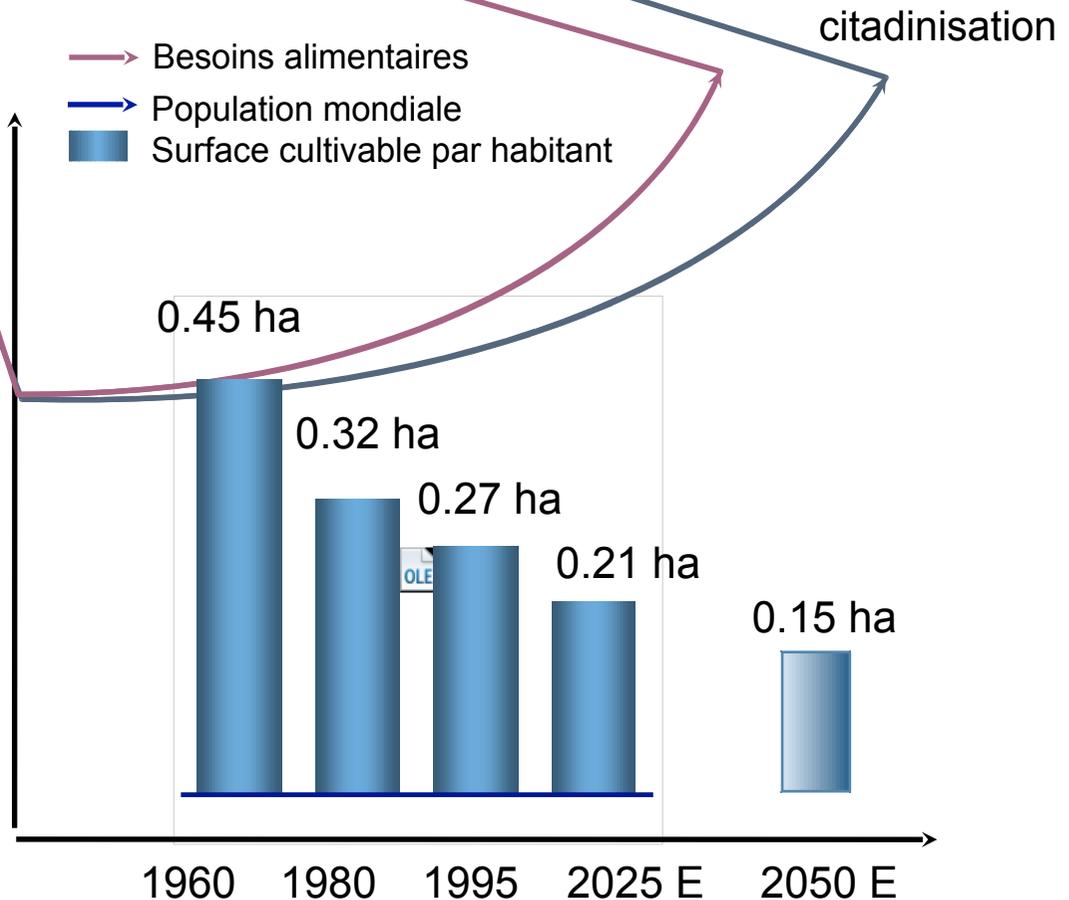
Croissance à long terme

- Doublement de la consommation (calories) en 2025

- ▲ de la population
- ▲ de la consommation par habitant

- Surface cultivable constante

- Amélioration du rendement pour répondre aux besoins



Kendall, H.W. et al. (eds.) Bioengineering of Crops: Report of the World Bank Panel on Transgenic Crops (The World Bank, Washington, D.C., 1997), p. 4.

and: Syngenta based on FAO statistics, World Bank

Approches énergétiques et flux de carbone

L'énergie dans les systèmes biologiques est intimement liée au carbone



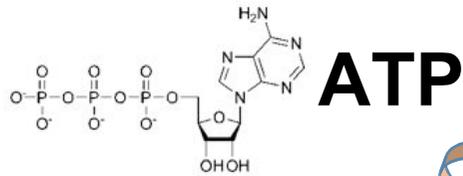
photosynthèse et chimiosynthèse

Respiration
Fermentation

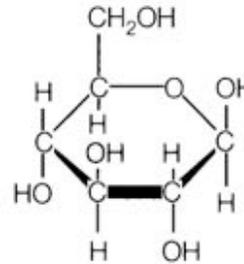


Sucres

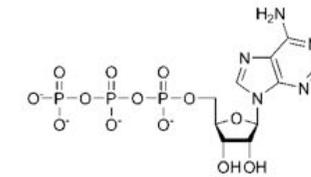
CO₂



ATP

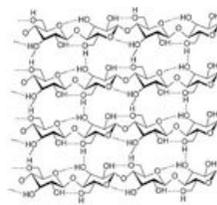
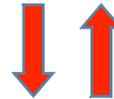


ATP



CO₂

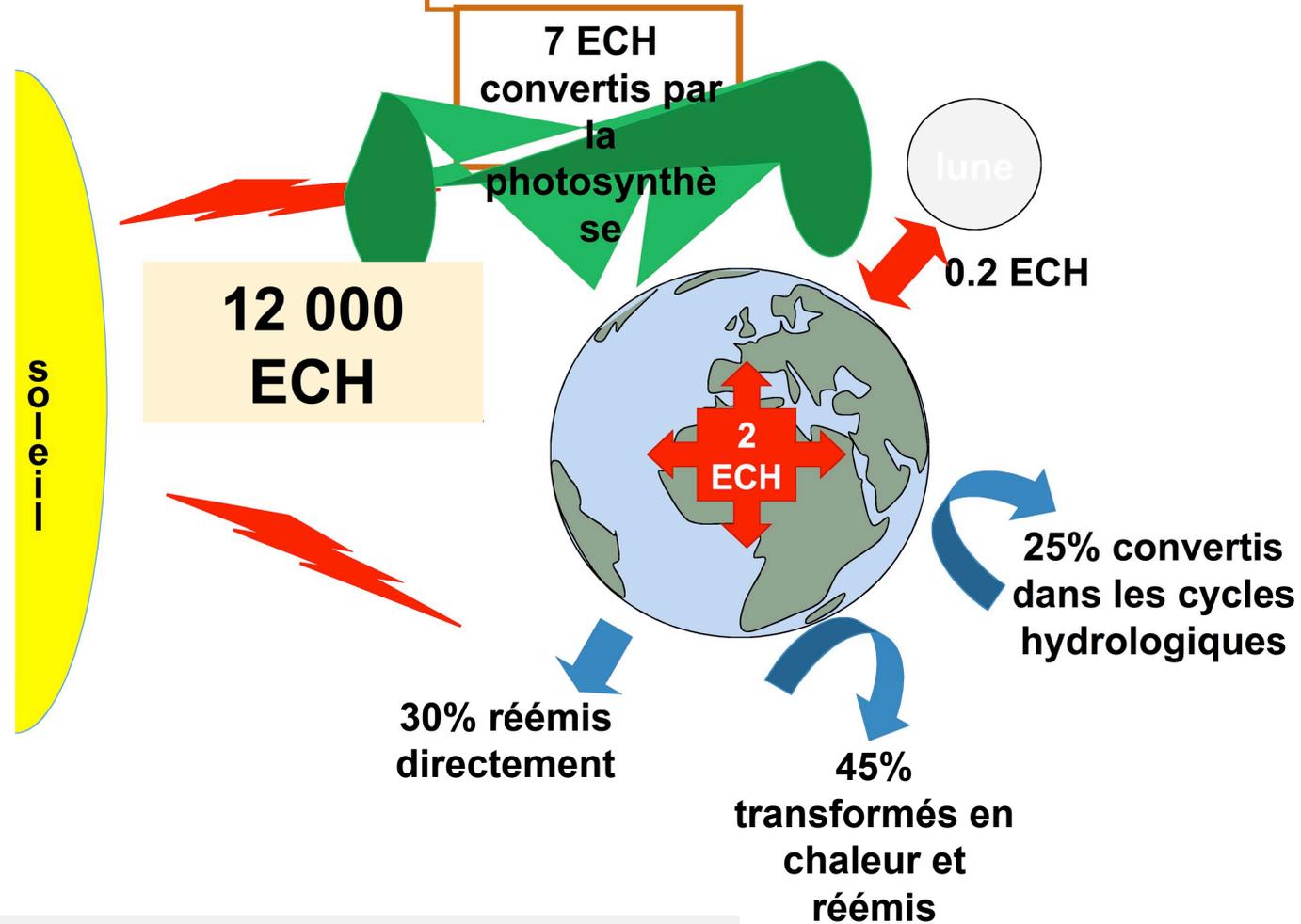
réserves et séquestration



huiles

glycogène, amidon
hémicelluloses, laminarines
cellulose, lignine, protéines...

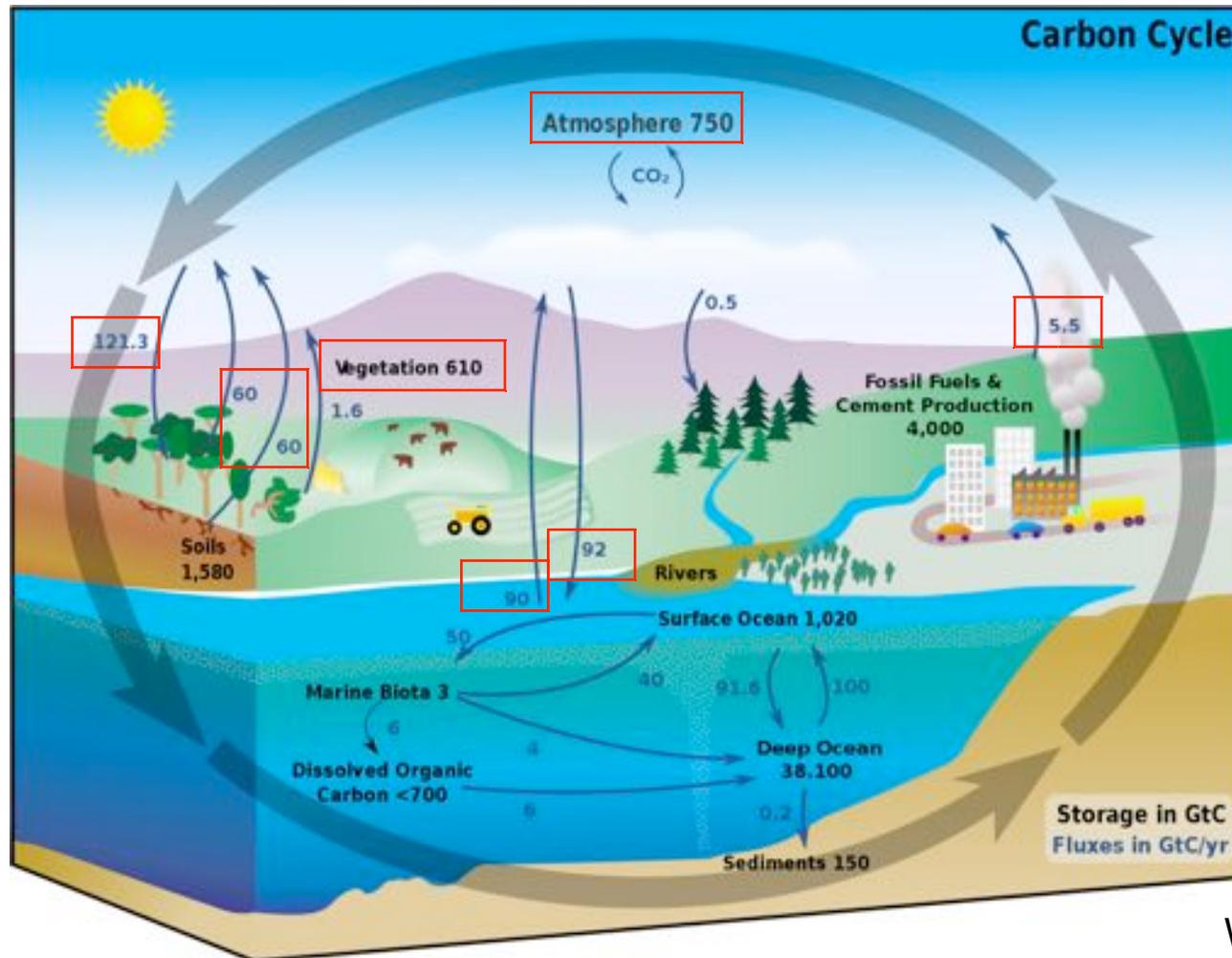
Avantage de cette énergie: elle se stocke facilement!



ECH= équivalent de la consommation humaine

données B. Multon

Les flux de carbones dans la biosphère actuelle



Wikipedia

L'atmosphère contient 750 GtC

**La photosynthèse fixe $121,3 + 92 = 213,3$
GtC/an**

**=> si le carbone n'est pas recyclé, la
photosynthèse vide l'atmosphère de son gaz
carbonique en moins de quatre ans...**

**Le carbone est remis en circulation
principalement grâce à la respiration (aérobie)
et à la fermentation (anaérobie) : 210 Gtc/an**

Quels sont les acteurs principaux?

Sur les 213,3 GtC/an fixées par la photosynthèse

en mer: cyanobactéries (20%) et micro-algues (80%) : ~100 GtC

sur terre: plantes vertes (99%): ~110 GtC

Sur les 210 GtC/an remises en circulation par la respiration (aérobie) et la fermentation (anaérobie) :

en mer: algues/cyanobactéries, animaux, protozoaires, bactéries :
~90 GtC

sur terre: plantes, animaux, bactéries, protozoaires: ~35 GtC

champignons filamenteux: ~85 GtC

**Les seuls à dégrader efficacement la lignine**

➔une bonne partie des flux de carbone passe par des organismes peu, voire très peu étudiés !



Dynamique des cycles du carbone et des nutriments interrompue par la campagne



Development des cultures à production de biomasse ligno-cellulosique pour faire face aux changements climatiques



**Exportation de biomasse
(carbone/énergie/nutriments)
accentuée**



et non restituée aux sols cultivés

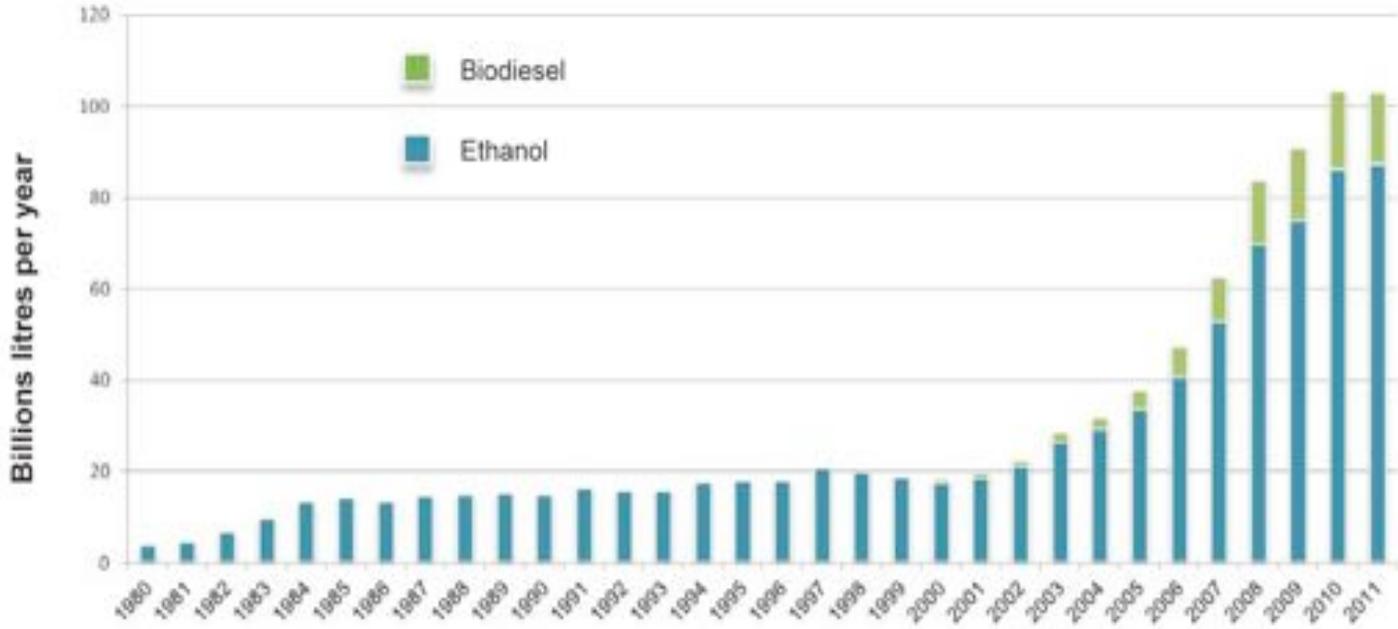
Miscanthus giganteus: An energy crop

Yield of 26.5 tons/acre observed by Young & colleagues
in Illinois, without irrigation

Courtesy of Steve Long et al



Growth of Biofuels

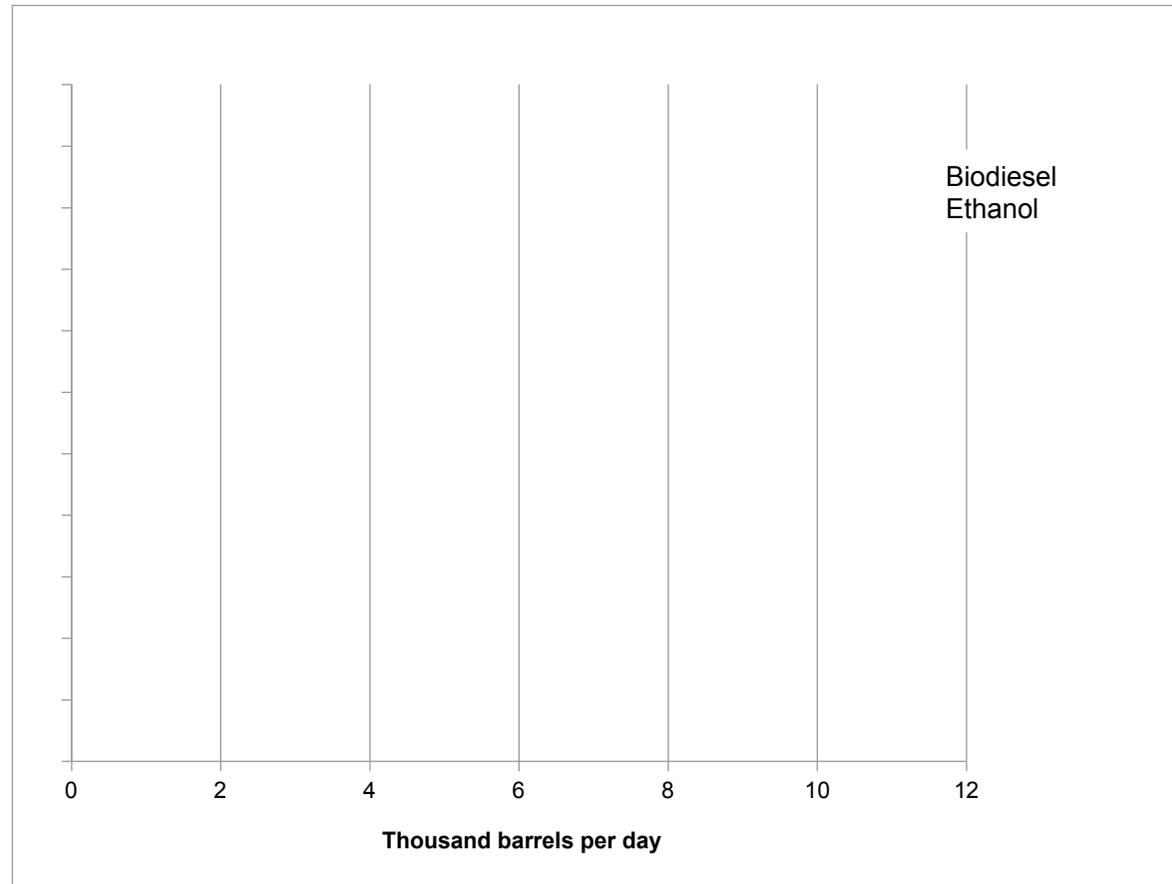


Source: HLPE, 2012a.

Committee on World Food Security HPLE 2013

Biofuel production 2011

(World: ethanol 1439, biodiesel 403 thousand barrels/day)



Youngs et al. Ch8 In Souza, Victoria, Joly, & Verdade, (Eds.). (2015). *Bioenergy & Sustainability: Bridging the gaps* (Vol. 72, p. 779). Paris: SCOPE. ISBN 978-2-9545557-0-6

Les biocarburants...



- 1ere génération : basés sur la partie noble des plantes (graines, huiles...) faciles à produire mais en compétition directe avec l'alimentation humaine et animale
- 2eme génération : basés sur les résidus (pailles, débris, papier..) plus difficiles à produire et en compétition indirecte avec l'alimentation et l'industrie, problème sur la santé des sols
- 3eme génération : basés sur les « micro-algues »; très consommateurs en eau et récolte plus difficile
→ Dans tous les cas, ils s'inscrivent dans le cycle global du carbone. Ils ne feront donc pas baisser le taux de CO₂ dans l'atmosphère!

Food vs. Fuel – Scale Problem

- Potential Ethanol Production from Global Supply of all Cereal Grains:
 - Corn: 792 MMT/yr @ 125 gal/MT
 - Rice: 659 MMT/yr @ 137 gal/MT
 - Wheat: 606 MMT/yr @ 132 gal MT
 - Barley: 133 MMT/yr @ 98 gal/MT
 - All Others: ~150 MMT/yr @ ~120 gal/MT
 - Total: ~**14 million BOE/d** (barrels of oil equiv. per day)
- Current crude oil production: ~**90 million BOE/d!**

(*E. Fossiles* > 10 Gtep; *NPP* < 12 Gtep)

Paul Bryan

L'UE a donc décidé de moins favoriser les biocarburants...

Legal notice | Cookies | Contact on Europa | Search on Europa | English (en)

ENERGY

European Commission

European Commission > Energy > Topics > Renewable energy > Biofuels > Land use change

HOME TOPICS STATISTICS CONSULTATIONS EVENTS FUNDING STUDIES PUBLICATIONS ABOUT US

Land use change

While biofuels are important in helping the EU meet its greenhouse gas reductions targets, biofuel production typically takes place on cropland which was previously used for other agriculture such as growing food or feed. Since this agricultural production is still necessary, it may be partly displaced to previously non-cropland such as grasslands and forests. This process is known as indirect land use change (ILUC).

Indirect land use change risks negating the greenhouse gas savings that result from increased biofuels because grasslands and forests typically absorb high levels of CO₂. By converting these land types to cropland, atmospheric CO₂ levels may increase.

New rules to reduce indirect land use change

To reduce the risk of indirect land use change, the European Commission has proposed amending the current legislation on biofuels, specifically the [Renewable Energy Directive](#) and the [Fuel Quality Directive](#). The proposed new rules seek to ensure that:

- biofuels from new installations emit at least 60% less greenhouse gases than fossil fuels (the current requirement is 35%)
- emissions that might be caused by indirect land use change must be included in the reporting of fuel providers and EU countries. This will be done by estimating emissions that would take place globally when land is used for growing crops for biofuels to be used in the EU instead of growing food and feed crops (estimated ILUC emission values)
- Only half of every EU country's 10% renewable energy target in the transport sector can be met by first generation biofuels (produced from sugars, oil crops, etc.) At the same time, 2nd and 3rd generation biofuels will count more. These biofuels are produced from materials (municipal waste, algae, etc.) that do not compete with food and feed crops
- after 2020, governments would financially support only 2nd and 3rd generation biofuels

[Proposal amending the Renewable Energy Directive and the Fuel Quality Directive \(COM\(2012\) 595 final\)](#)

[ILUC impact assessment \[SWD\(2012\) 343\]](#)

[Executive summary of the impact assessment \[SWD\(2012\) 344\]](#)

[Commission report on ILUC \[COM/2010/0811\]](#)

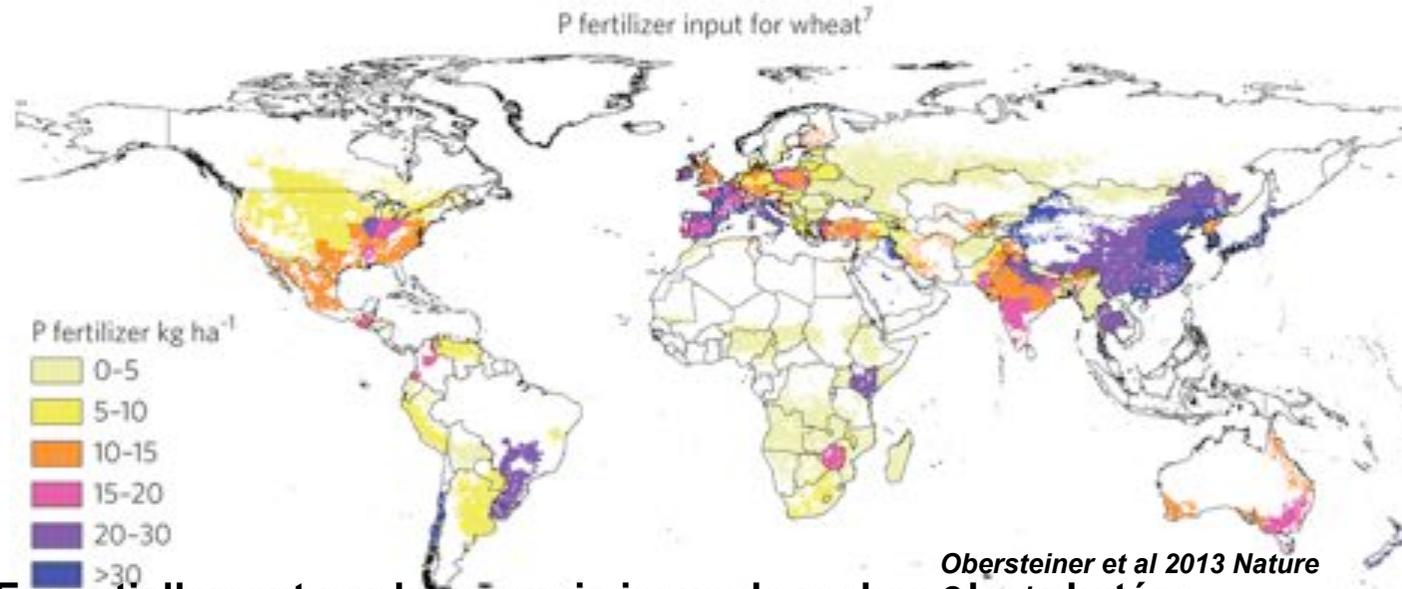
Key laws

[Renewable Energy Directive \(2009/28/EC\)](#)

[Fuel Quality Directive \(2009/30/EC\)](#)

Nutriments et micro-nutriments

Le Phosphore, un élément essentiel pour la productivité des cultures et assurer la sécurité alimentaire mondiale



Essentiellement par les engrais issus de roches phosphatées

- consommateurs d'ENRJ fossile + externalités de l'activité minière
- risque de contamination des sols par le cadmium
- participent à l'eutrophisation des eaux de surface par transfert par érosion et ruissellement

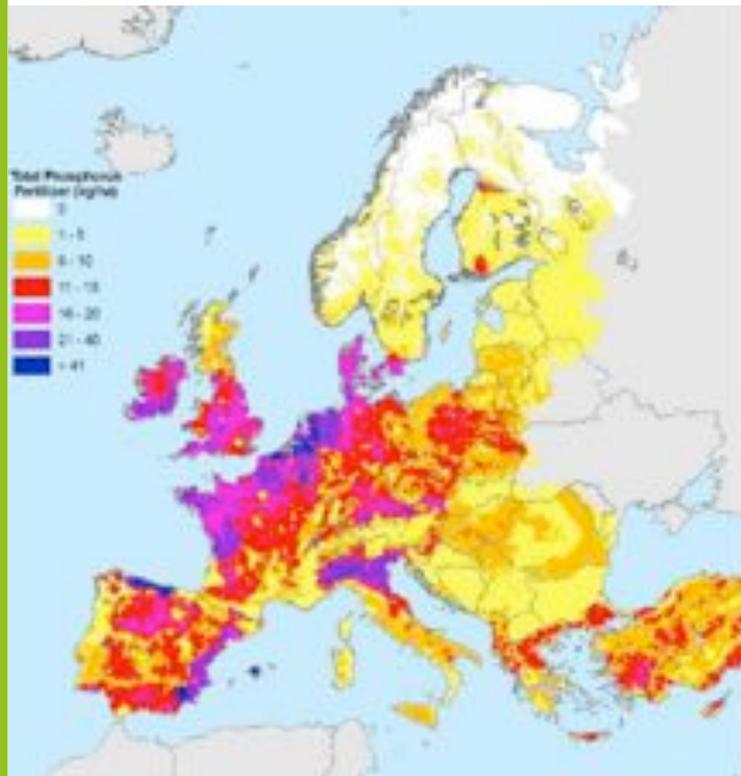
Enjeux géopolitiques: l'europe, l'australie, la russie, l'amerique du sud et les USA dépendent des réserves minières en phosphore de l'Asie et l'Afrique



Distribution of known phosphate rock reserves worldwide from (Röhling, 2007)

Le prix et les approvisionnements en P influencés par l'insécurité en Afrique du nord et au Moyen-Orient

Territoires du nord-ouest de la France restent les plus grands consommateurs de fertilisant phosphaté synthétique



Mais le Phosphore n'est pas le seul élément... Il faut maintenir de nombreux composés minéraux (P, Ca, Na, Cl, S, Fe, I, Zn, Cu, Mg, Mn, Se, ...)

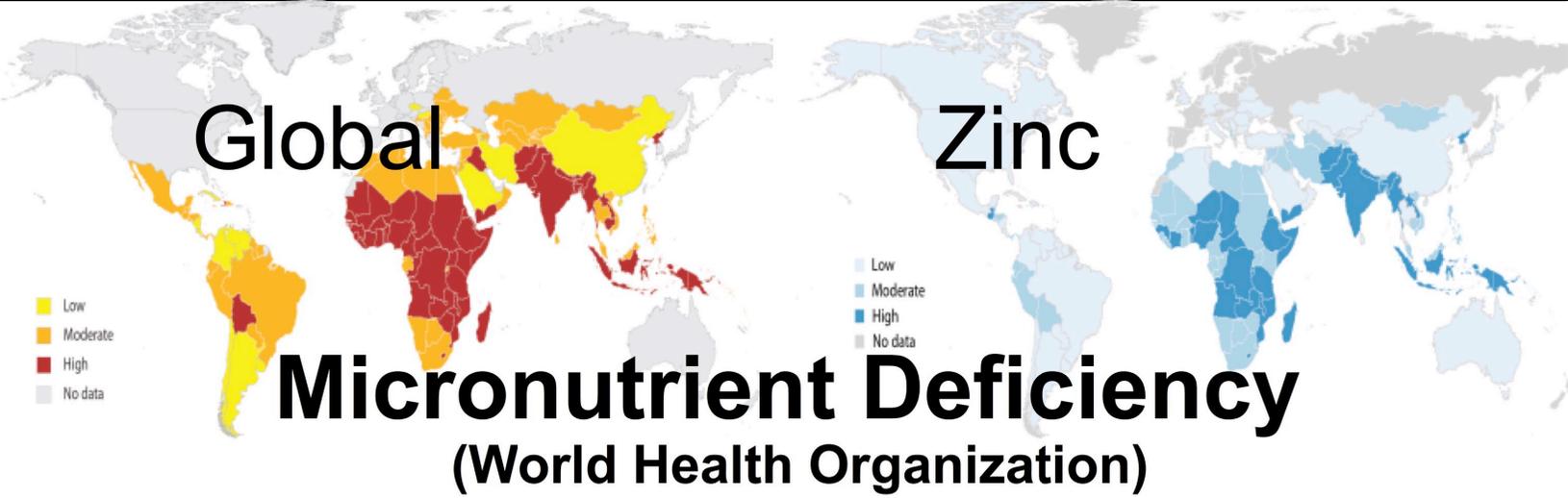
Source: Eurostat (2013d)

Zinc Deficiency... a Global Issue

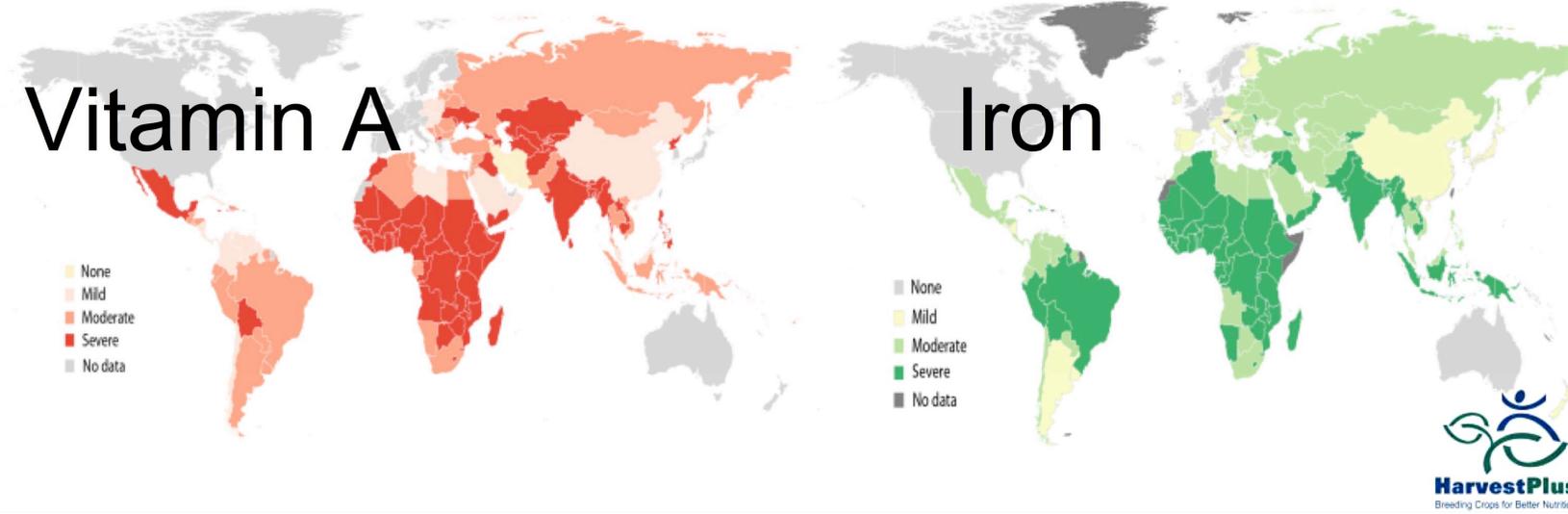


Black et al. 2008 , The Lancet

Coutesy: A. Green: <http://www.zinc.org/crops>



More than 2 billion people affected globally by micronutrient deficiencies...the hidden hunger



Major Reason: Low Dietary Intake

High Consumption Cereal Based Foods

with Low micronutrients Concentrations

In number of developing countries, cereals contributes nearly 75 % of the daily calorie intake.

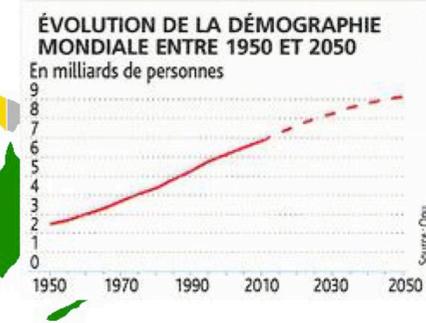
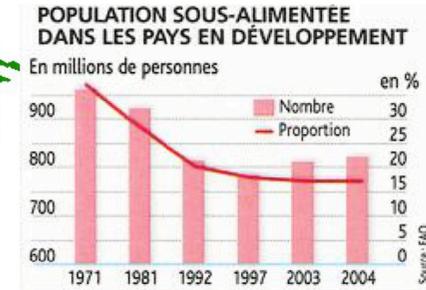
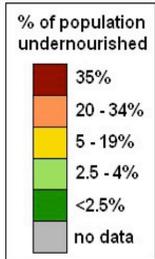
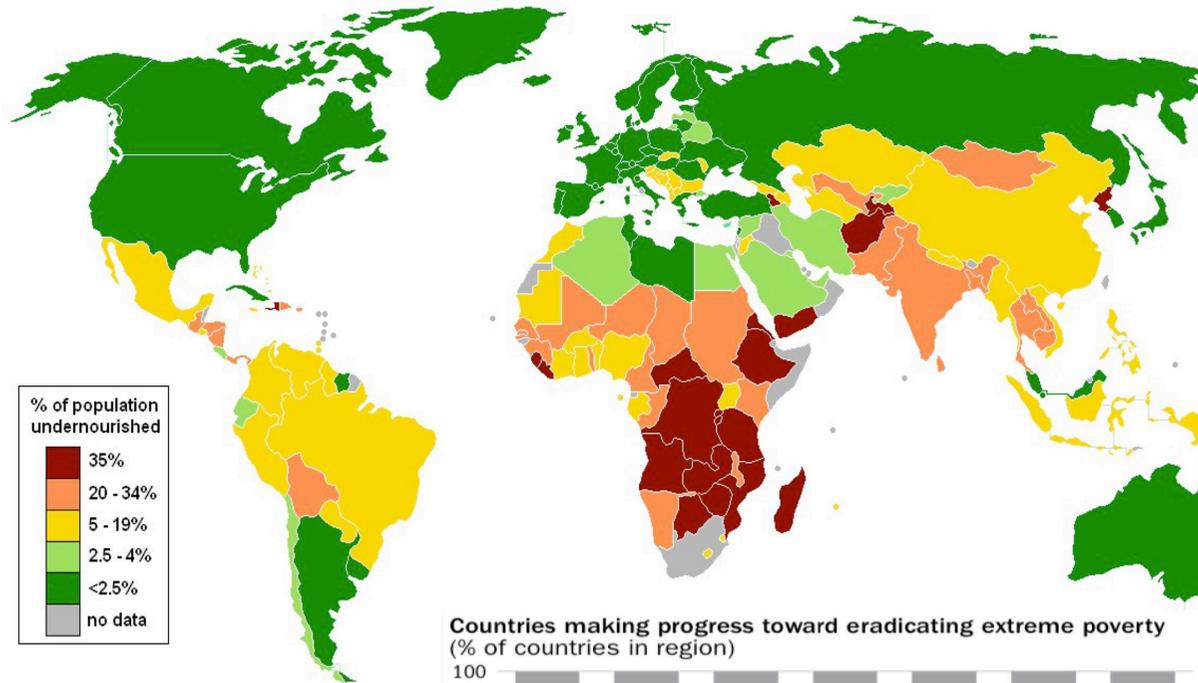


Cakmak, 2008, Plant and Soil

***Health comes from the farm, not
only from the pharmacy !***

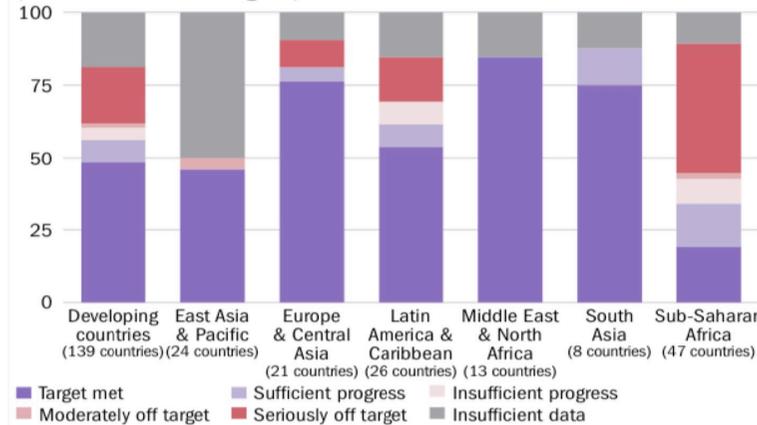
- **Agriculture is the primary source of all nutrients entering human food systems**
- **Therefore, agriculture must play an important role in fighting malnutrition**

Part de la population mondiale qui est sous-alimentée



On ne peut pas comprendre l'évolution de « la faim dans le monde » sans prendre en compte l'histoire et les problèmes politiques inter et intra nationaux.

Countries making progress toward eradicating extreme poverty (% of countries in region)



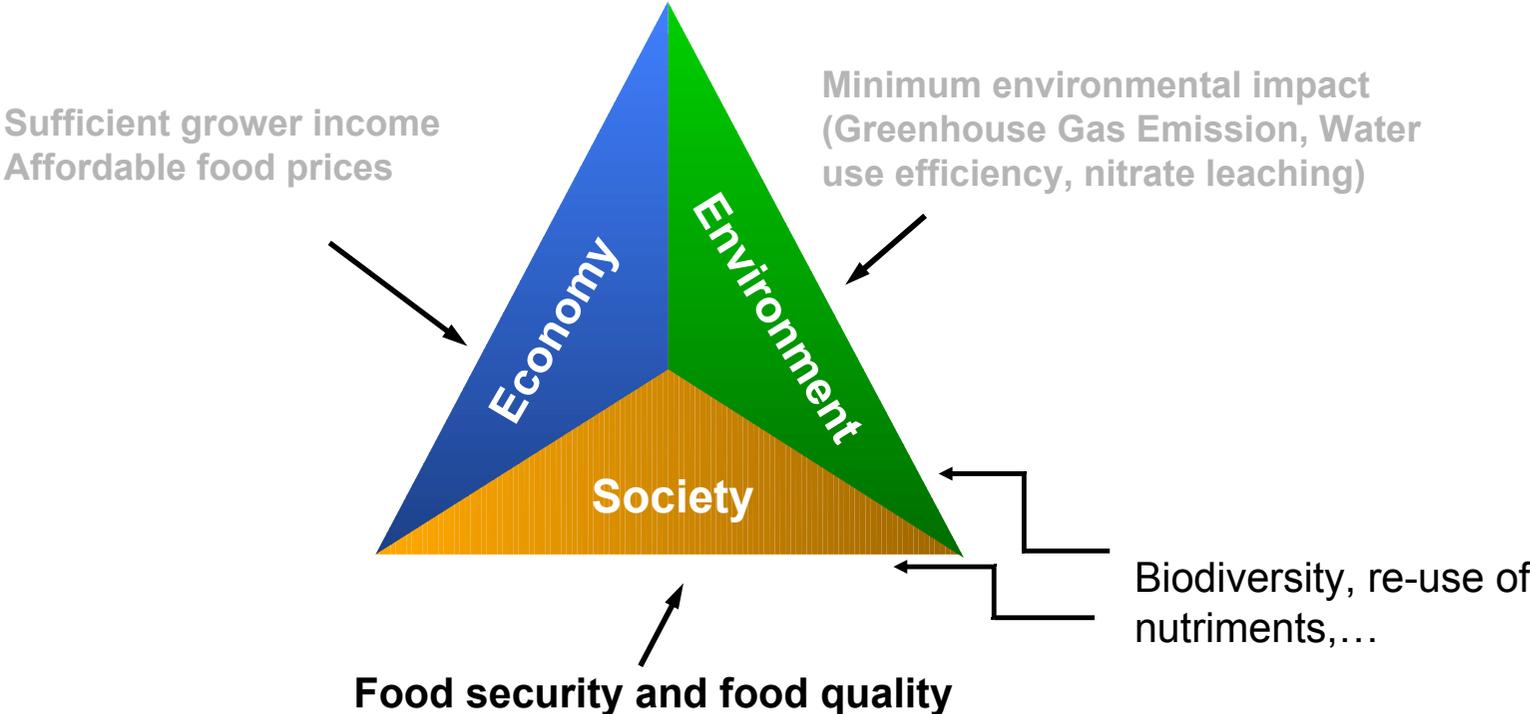
Source: World Bank (2015) and World Bank MDG Data Dashboards (<http://data.worldbank.org/mdgs>).

Différencier le nombre et la proportion... L'évolution de 2004 à 2015 est complexe et contrastée selon les pays. Mais lien entre malnutrition et sous-alimentation est fort.

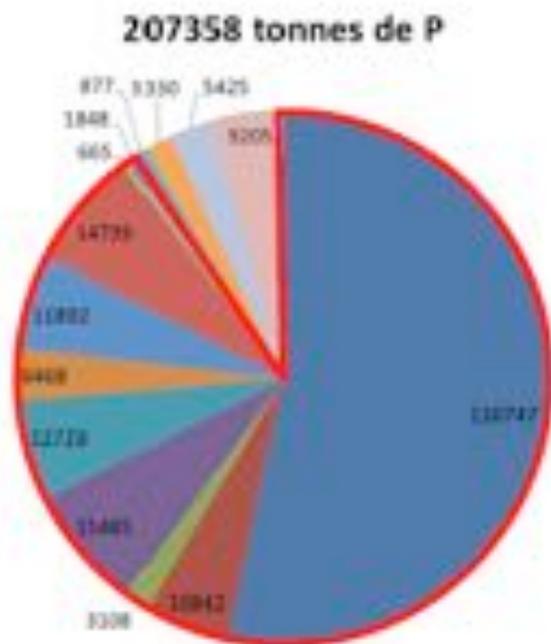
Approches éco-systémiques

Recyclages

Sustainability in Agriculture



Utiliser les ressources renouvelables en P, les matières fertilisantes d'orig



Enquêtes Pratiques culturales 2011

Houot et al. 2014,
ESCo

- Fumier de bovins
- Lisier de bovins
- Fumier de Porcs
- Lisier de Porcs
- Fumier de volailles
- Lisier et fientes de volailles
- Fumières ovins, caprins, equins
- Effluents d'élevage compostés
- vinasse Betterave
- Boue agro-industrie
- Ecumes de sucrerie
- Boues d'épuration déshydratées
- composts urbains
- Autres

Agricultural Solutions

(Breeding and Fertilizer Approaches)



• **Breeding**



• **Agronomy/Fertilizer**

S

Complementary/
Synergistic
Solutions



How to improve?

Production: Agricultural practices – conservation agriculture –

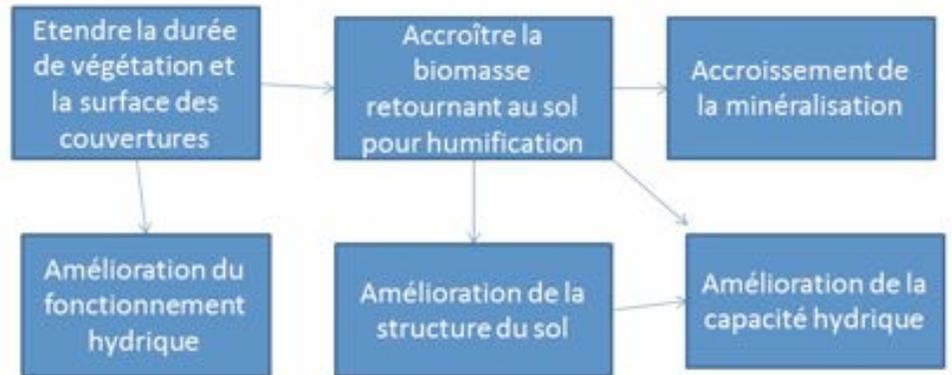
agroforestry



Bahia: Rubber and Cacao Inter-cropping



Valoriser les synergies entre fonctionnalités: cohérence

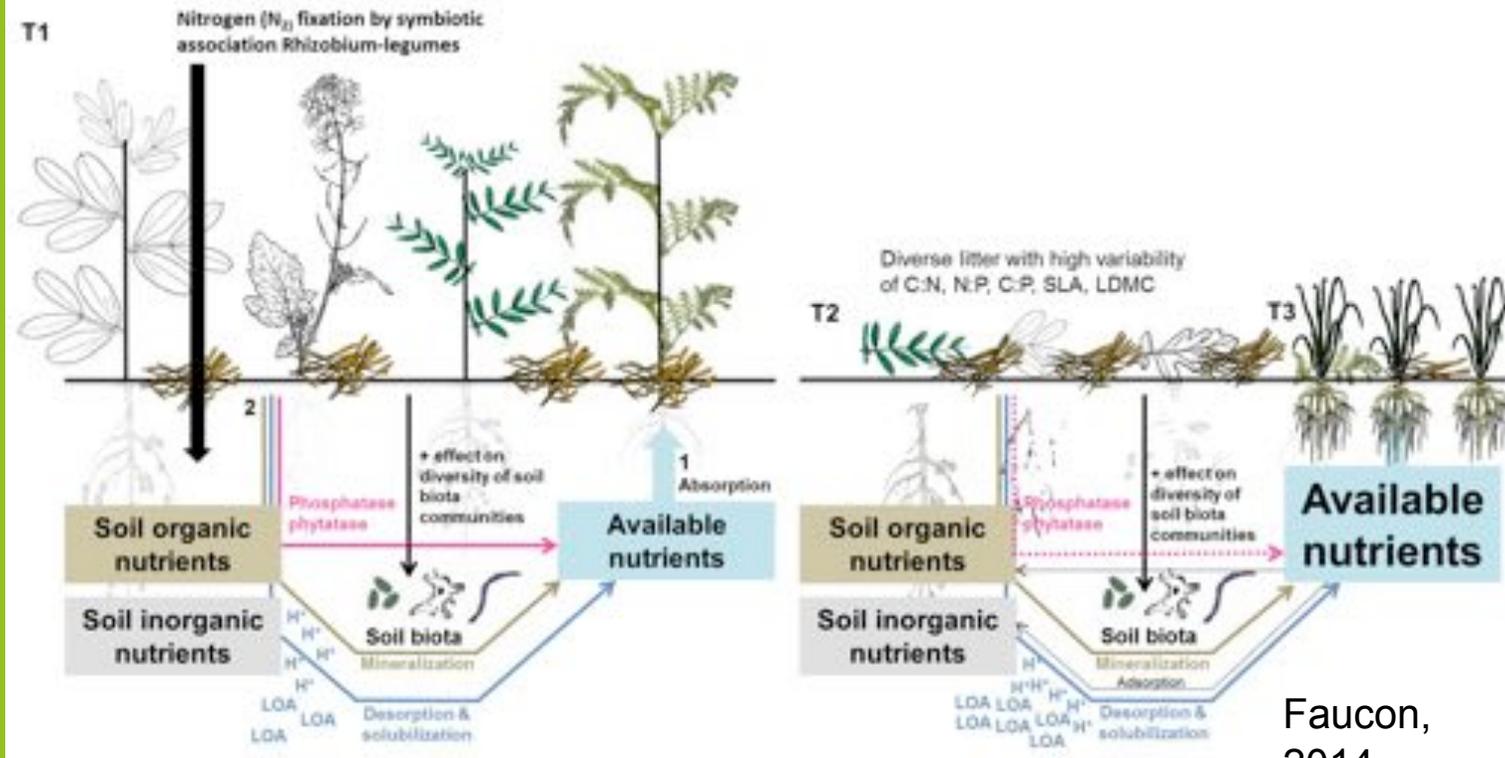


Comment remplacer le travail mécanique du sol?



© AFAF – Sarlat (24) – juillet 2014

Rôle du couvert végétal en semis direct sous couvert végétal ou en TCS dans le recyclage des



Faucon,
2014

Influence de la diversité fonctionnelle végétale des couverts sur la dynamique et la biodisponibilité des nutriments. Etude des interactions plante-sol

Un nouveau paradigme ? Produire durablement...

*Produire
l'environnement*

(1946-2000)

Agriculture intensive
Agriculture raisonnée

Protéger

(1960-2010)

Agriculture biologique
Agriculture de
conservation

*Production, protection de l'environnement, santé/nutrition
(2010-2050)*



Agriculture
à haute performance globale

De multiples voies

Le problème de l'inégalité des systèmes agraires

- Elle ne peut être réduite rapidement; de plus les systèmes les plus avancés continuent de progresser.
- Leur mise en concurrence a des effets destructeurs; une solidarité à mettre en place.
 - Exemple : surface moyenne française : env 70 ha
surface moyenne indienne < 1 ha

Les grandes composantes de l'agriculture de demain (1)

- Nouvelles pratiques agronomiques, agroécologiques
 - Protection/amélioration des sols
 - Allongement des rotations - agroforesterie
 - Complémentation des cultures; sols toujours couverts
 - ...
 - Agriculture de « conservation »
- Agriculture de précision
 - Optimisation des intrants (GPS, drones, ...)
 - Mécanisation versus chimie

Les grandes composantes de l'agriculture de demain (2)

- Créations variétales, biotechnologie
 - Nouvelles espèces domestiquées et/ou créées ?
 - Résistance aux maladies : virus, bactéries, champignons.
 - Résistance aux ravageurs (surtout insectes)
 - Adaptation à la sécheresse, au froid, à la salinité.
 - Optimisation métabolique (vitamines, acides gras, ...)
- Productions animales
 - Mise en place de la génomique
 - Rendement métabolique

Les grandes composantes de l'agriculture de demain (3)

- Chimie verte
 - Spécialisations variétales
 - Utilisation de toute la plante
 - Raffineries végétales localisées
- Technologies de l'information (digital farming)
 - Optimisation; suivi; aide à la décision.
 - Suivi par capteurs => intégration agro-informatique
- Autonomie énergétique
 - Minimisation des intrants
 - Production énergétique à la ferme (méthanisation, photovoltaïque)

Les grandes composantes de l'agriculture de demain (4)

- Adaptation au changement alimentaire
 - Baisse **relative** de la consommation de produits animaux
 - Besoin **à la fois** de produits de proximité, de commerce au long cours, de produits simples ou reconstruits.
 - **Dialectique entre** « naturalité » et optimum nutritionnel
 - **Baisse globale** des besoins caloriques : stabilisation vers 2000 Kcal /j/pers, ou en dessous ? (vieillesse des populations).
 - **Citadinisation** des populations mondiales;

L'agriculture et sa relation à la société

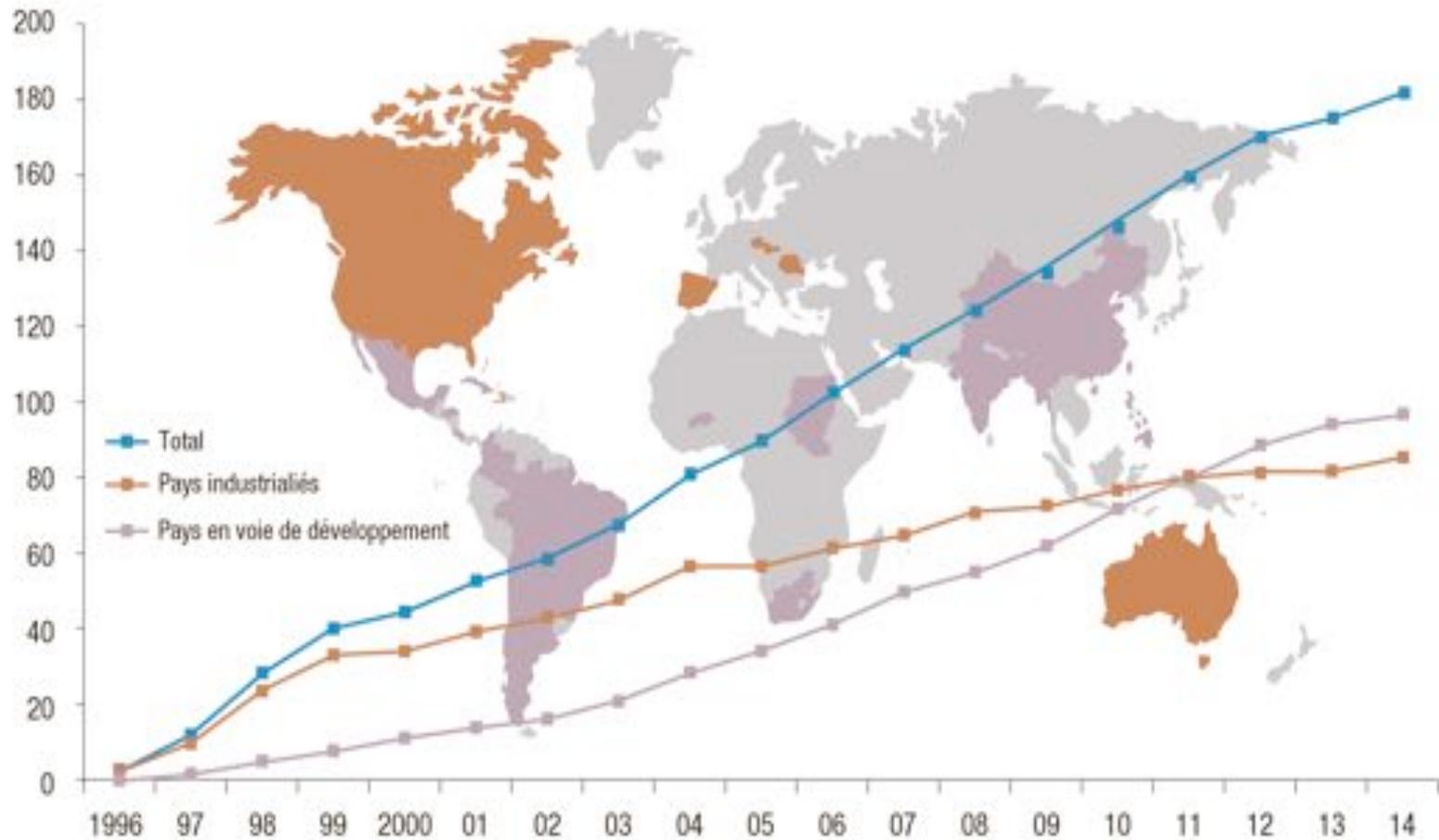
- Transformation de l'image de l'agriculture
 - La majorité des citoyens ont une **image mythique** de l'agriculture
 - Mais **lors de l'achat**, la majorité pense à son porte-monnaie
 - **C'est au monde agricole de transformer cet imaginaire**
 - Prendre la viticulture française comme exemple : elle a traversée un grande crise; elle en est ressortie renforcée.
 - Travailler le message d'une agriculture **plurielle**,

Les grandes composantes de l'agriculture de demain : conclusions

- **Des agricultures multiples**
 - Méthodes de culture
 - Productions
 - Adaptations aux conditions pédoclimatiques
 - Adaptation à la géographie humaine
 - Cultures de proximité
 - Cultures citadines, urbaines, périurbaines
 - Cultures en conditions confinées
- **Des innovations technologiques incessantes**
 - Agronomie – élevage

Trois exemples des types de production en croissance

Les cultures d'OGM dans le monde (en million d'hectares)



181,5 Millions d'ha; plus de 18 millions d'agriculteurs

Plus de 100 projets de développement – Croissance > 10%/an, depuis 10 ans

SOURCE : ISAAA

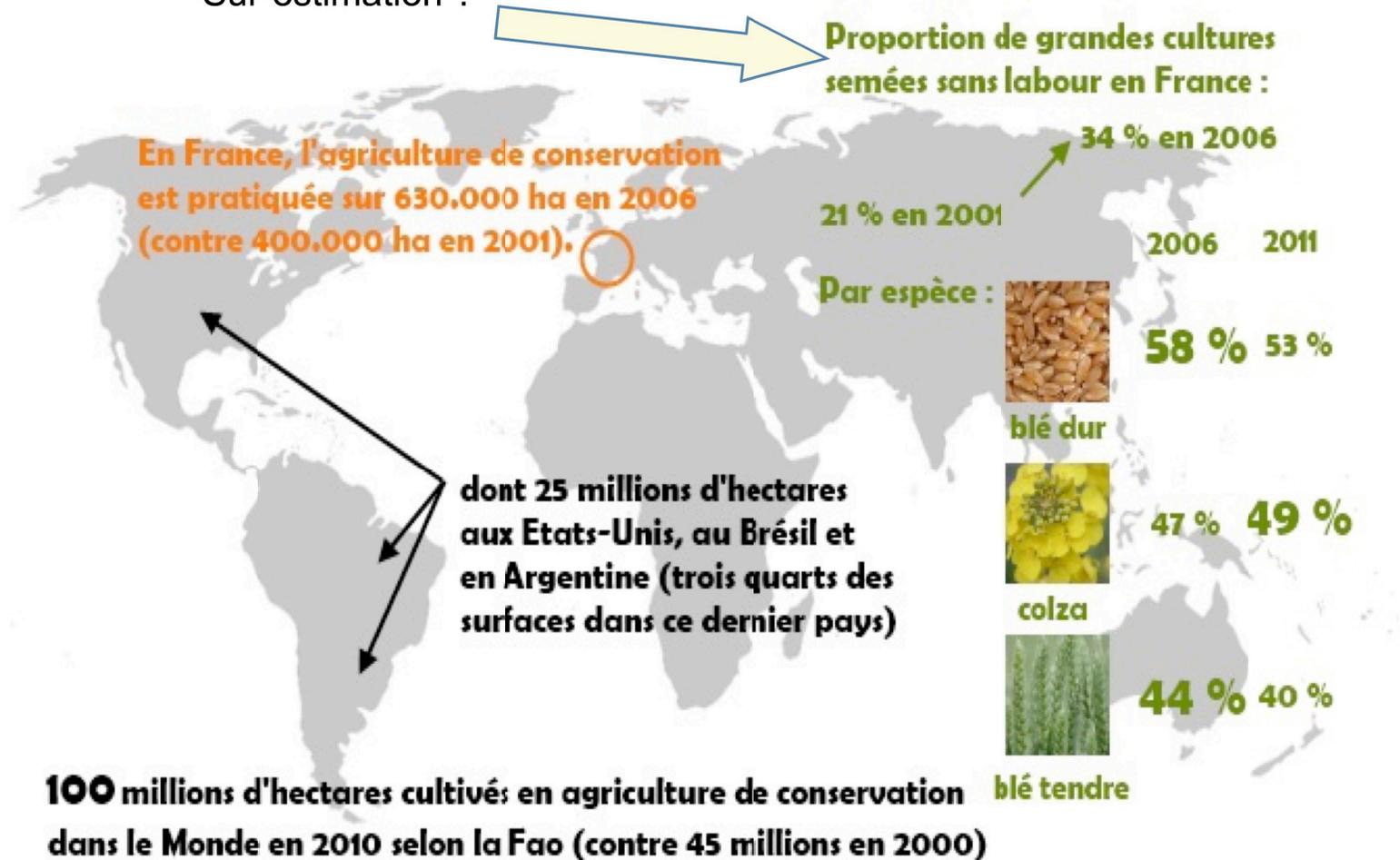
Share of total arable land, 2009, percent



Many peasants in the world produce organically but uncertified due to lack of chemical fertilizers

En certifié, de l'ordre de 30 millions d'ha en 2015; de fait, probablement plus de 100 millions d'ha, en absence d'intrants. Croissance voisine de 10% / an

Sur-estimation ?



Croissance d'environ 10 millions ha par an – l'année 2015 a été nommée « l'année des sols »

Innovations à de nombreux niveaux



on a finite planet,
should consumers
have **one choice**
about sustainable
products?

or should
all choices
be more sustainable?



Merci