

Quelles agricultures pour nourrir la planète en 2050

Jean-Louis Prioul,
Professeur honoraire, Université de Paris-Sud, Orsay

- 1) Planter le décor : problème de la faim dans le monde, ses causes et ses remèdes. Point-clé les rendements!**
- 2) Les besoins de la plante pour augmenter les rendements**
- 3) Décrire une expérience de développement au Niger**
- 4) Peux-tu généraliser en Afrique et ailleurs**
- 5) Position des agricultures européennes et américaines**

La sous-nutrition et la famine sont des **problèmes plurimillénaires** chez les humains :

- en Europe : Irlande (vers 1850), France (années 1780)
- mais aussi France 1940-1950 (cartes de rationnement)

=> *Trois causes différentes* : agronomiques (maladies), climatiques (froid, sécheresse) ou politiques (guerres)

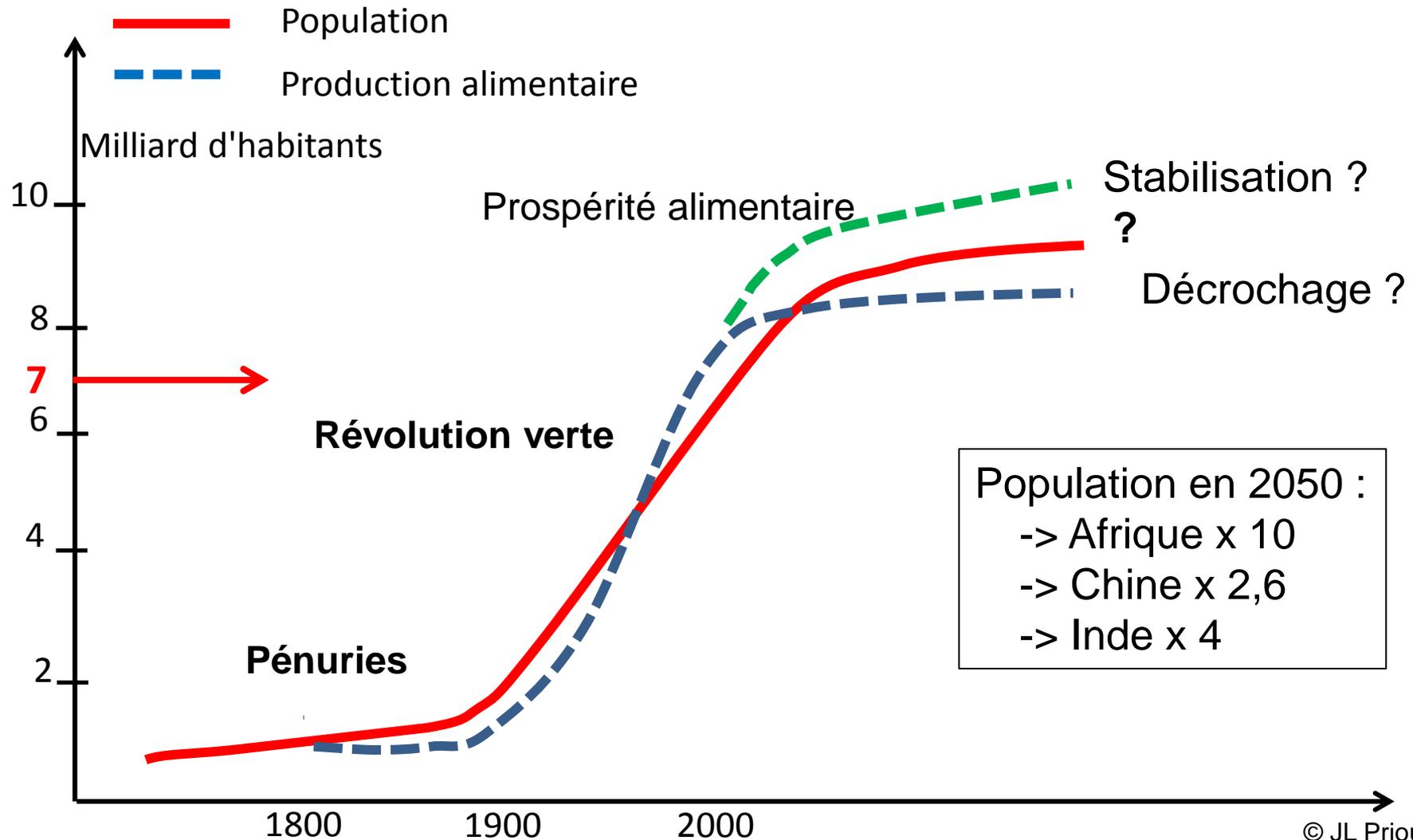
Problème persistant en 2014 malgré amélioration constante : 800 millions malnutris / 7 milliards humains.

-concerne les pays pauvres et paradoxalement les paysans, en majorité

- émeutes de la faim récentes en 2007-2008 : Mexique, Haïti, Pakistan. Dues à l'augmentation brutale des prix mondiaux.

=> *Quatrième cause* : économique et financière

Population et production alimentaire mondiale : évolution passée et avenir

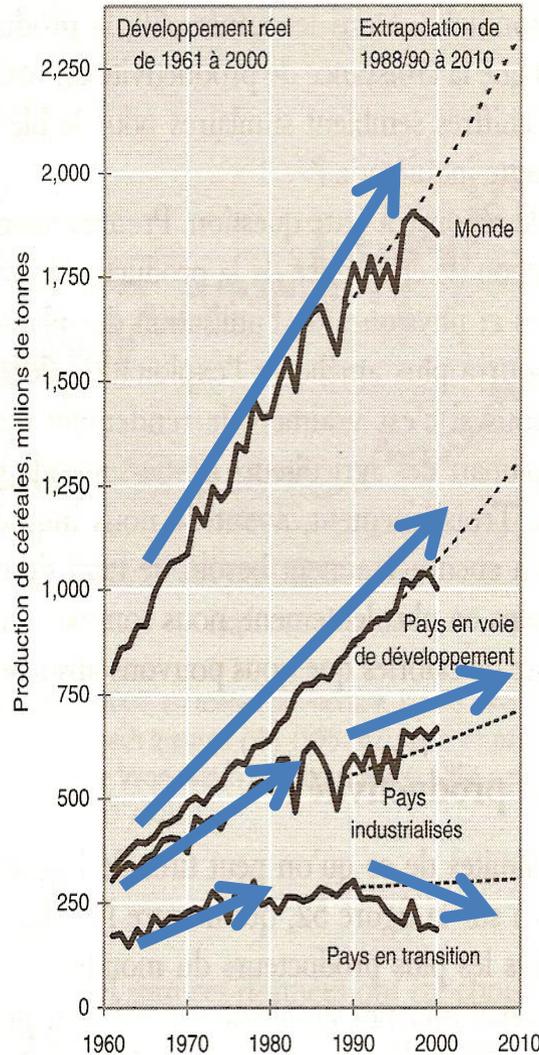


La situation s'est améliorée mais ENCORE

814 Millions de personnes sont en sous-nutrition dont 284 millions en Afrique
(55% au-dessus du seuil vital)

70% en zones rurales, le reste en zones péri-urbaines.

Augmentation
continue de la
production de
céréales en 40
ans



Monde

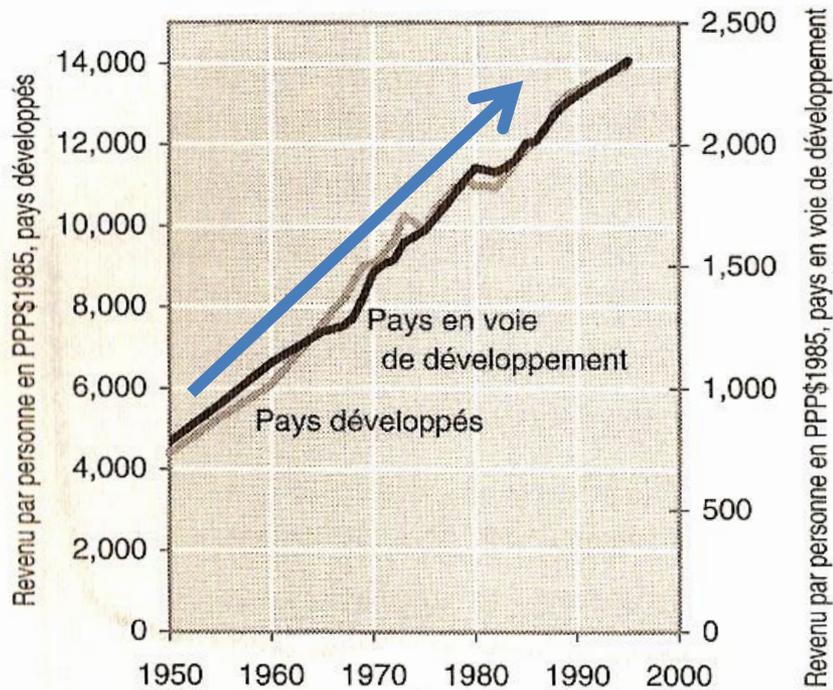
Pays en voie de développement

Pays industrialisés

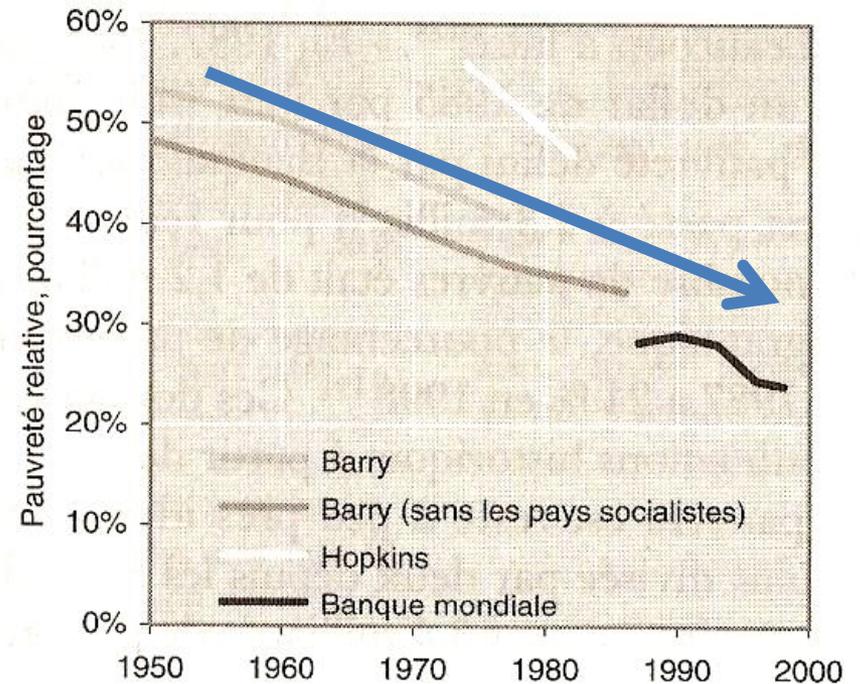
Pays en transition

La situation s'est améliorée en 40 ans

Augmentation des revenus agricoles dans pays développés et en développement



Diminution de la pauvreté

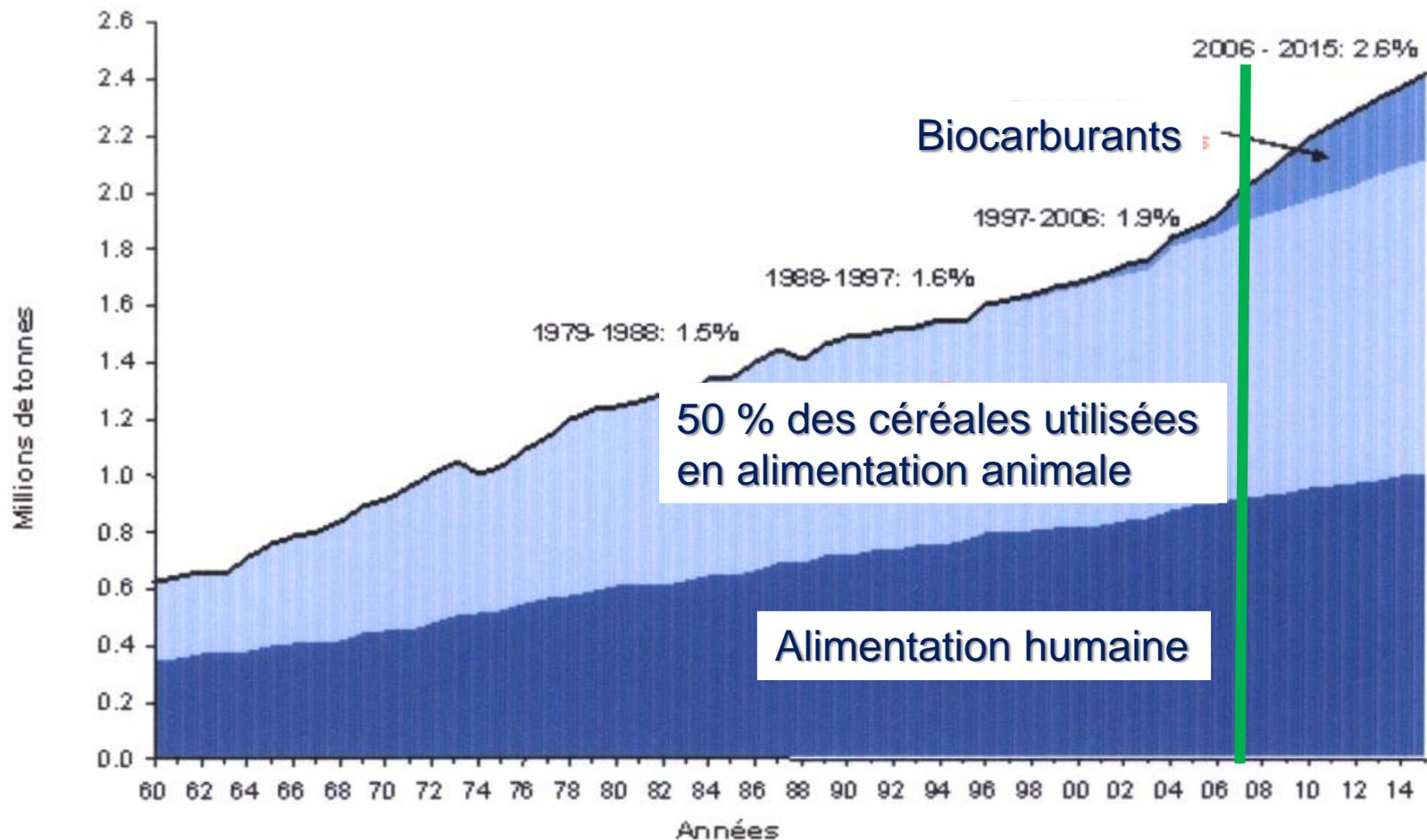


Pour 10 milliards d'humains au lieu de 7

⇒ Il faut **doubler la production agricole** car l'augmentation du niveau de vie s'accompagne de l'augmentation de la consommation de viande (ex. Chine 20 kg en 1985 contre 60kg en 2010 :)

Pourquoi : 3 kg de céréales pour 1 kg de volaille
9 kg de céréales pour 1kg de bœuf

Hausse de la demande en matières premières agricoles



Source: USDA et Goldman Sachs Commodities Research.

Équation résoudre pour doubler la production :

Doubler la surface cultivable ou doubler le rendement ?

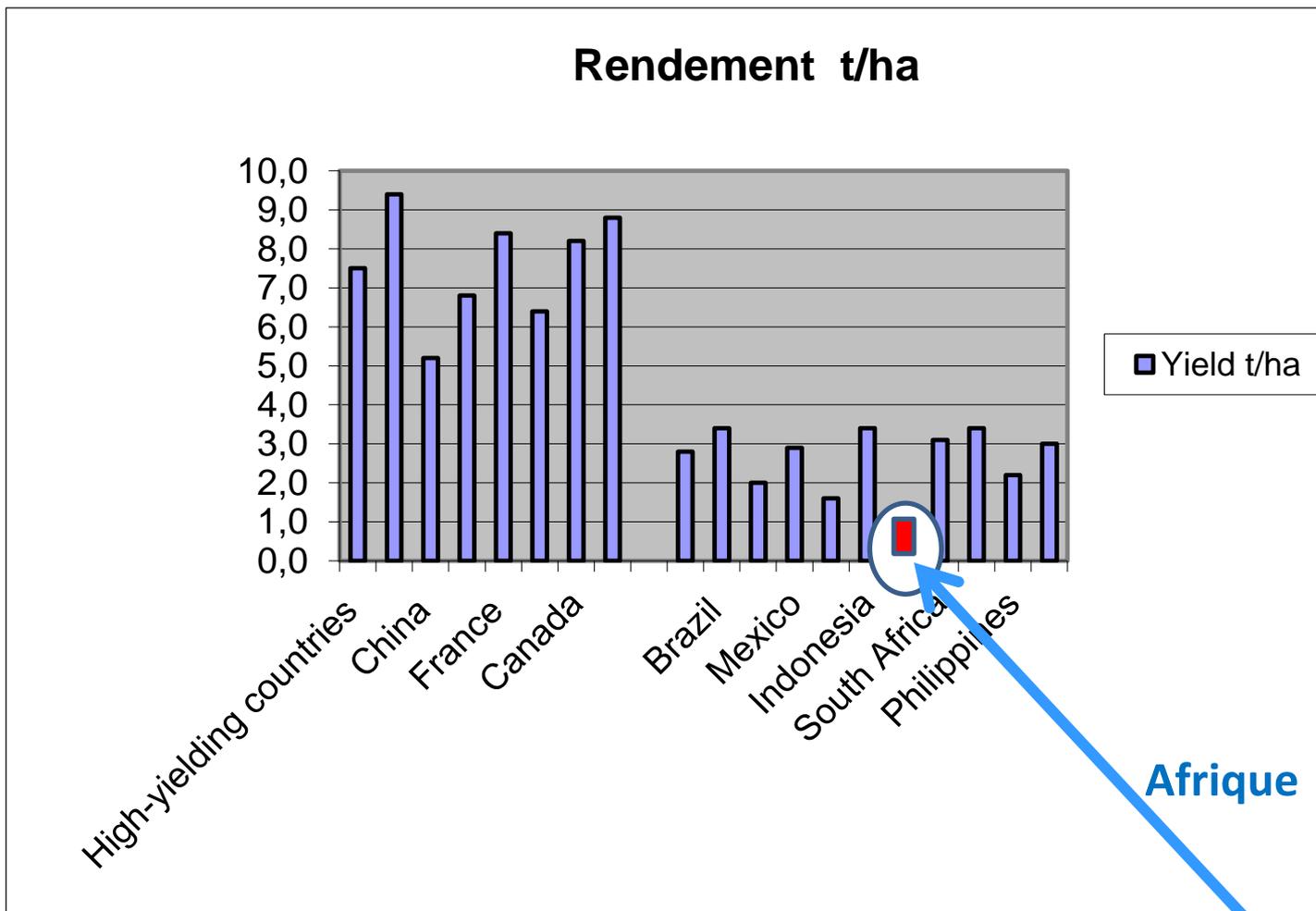


Constatation 1 : peu d'augmentation de surface
Exemple : entre 1990 et 2000:
la surface des terres cultivées n'a augmenté que de 1,4% quand la population a augmenté de 17%.

⇒ l'essentiel des gains ne peut venir que des rendements

Constatation 2 : énormes disparités de rendement

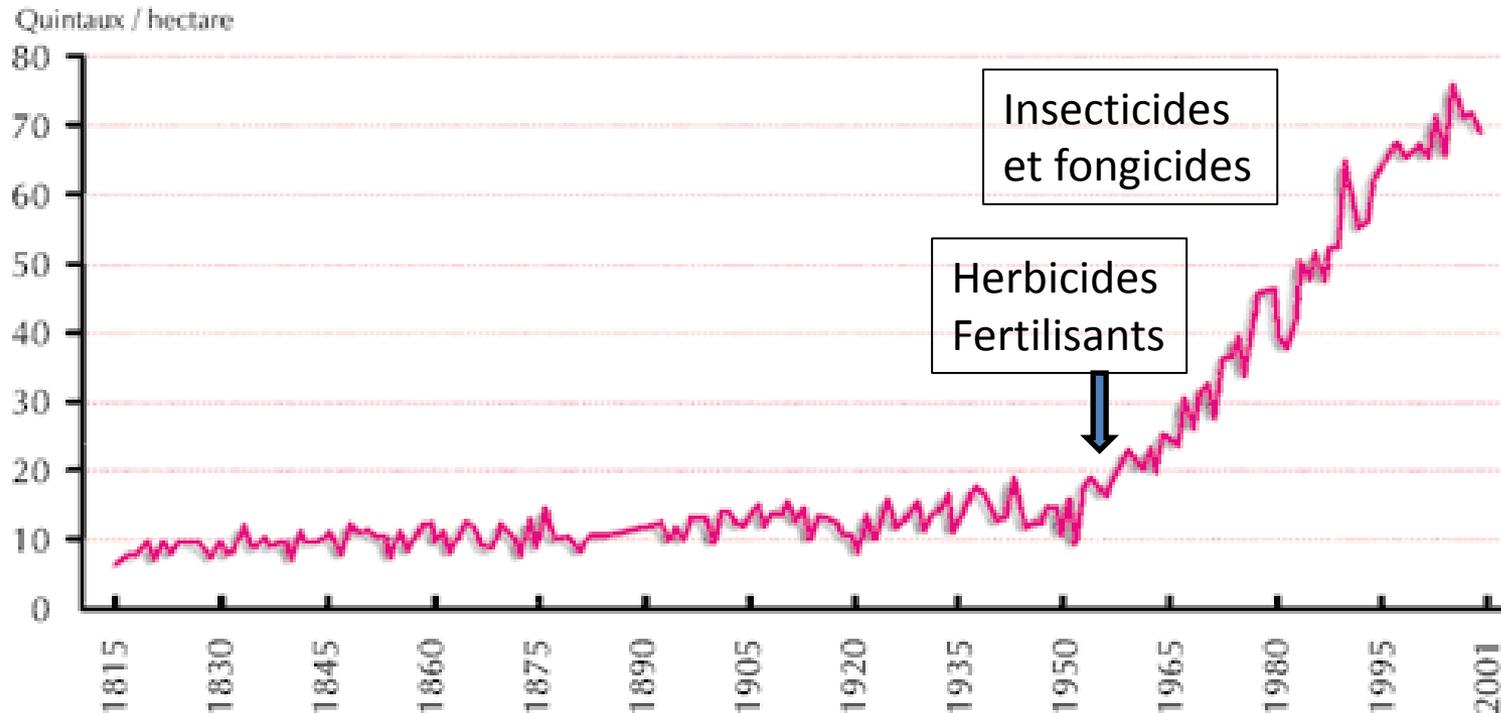
Les rendements varient de plus d'un facteur 10 selon les pays



Dans le Sahel rendement sont souvent compris entre **0,2 et 1 t/ha**

Mais pendant des siècles on a connu des rendements très faibles en France

Évolution du rendement du blé tendre en France



Sources : Ministère de l'Agriculture, Sigma

50% dû à l'amélioration génétique : nouvelles variétés

50% dû au progrès agronomique:

- préparation, date et densité de semis

- gestion de la fertilisation

- lutte contre les mauvaises herbes (herbicides)

- lutte contre insectes et champignons filamenteux (insecticides et fongicides)

Le secteur agricole doit produire des denrées alimentaires suffisantes avec ou sans Protection des Cultures

Status Quo / Année 2000

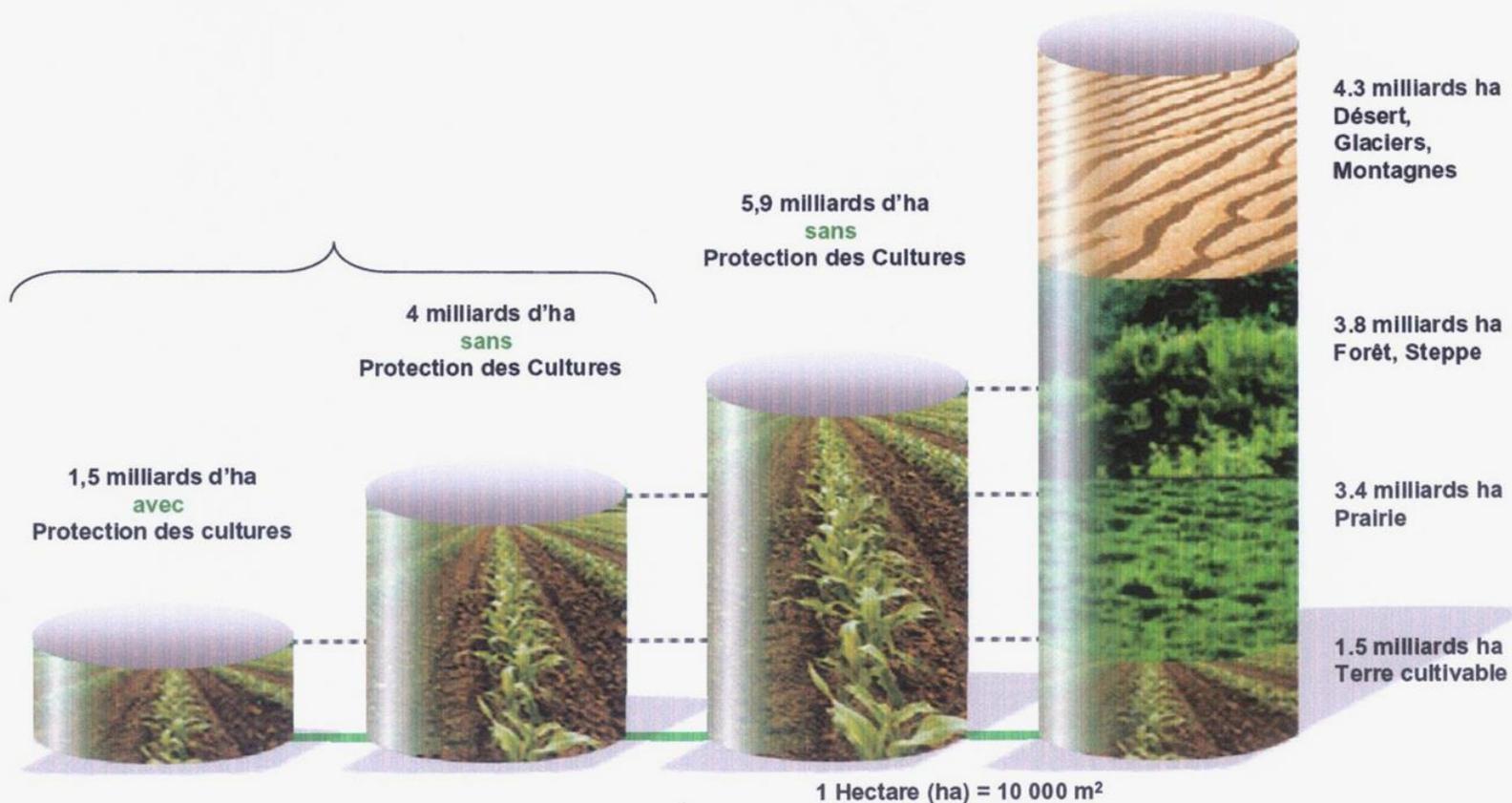
Population mondiale :
6 milliards de personnes

Année 2025

Population mondiale :
8 milliards de personnes

Potentiel théorique

Surface de la terre :
13 milliards d'hectares

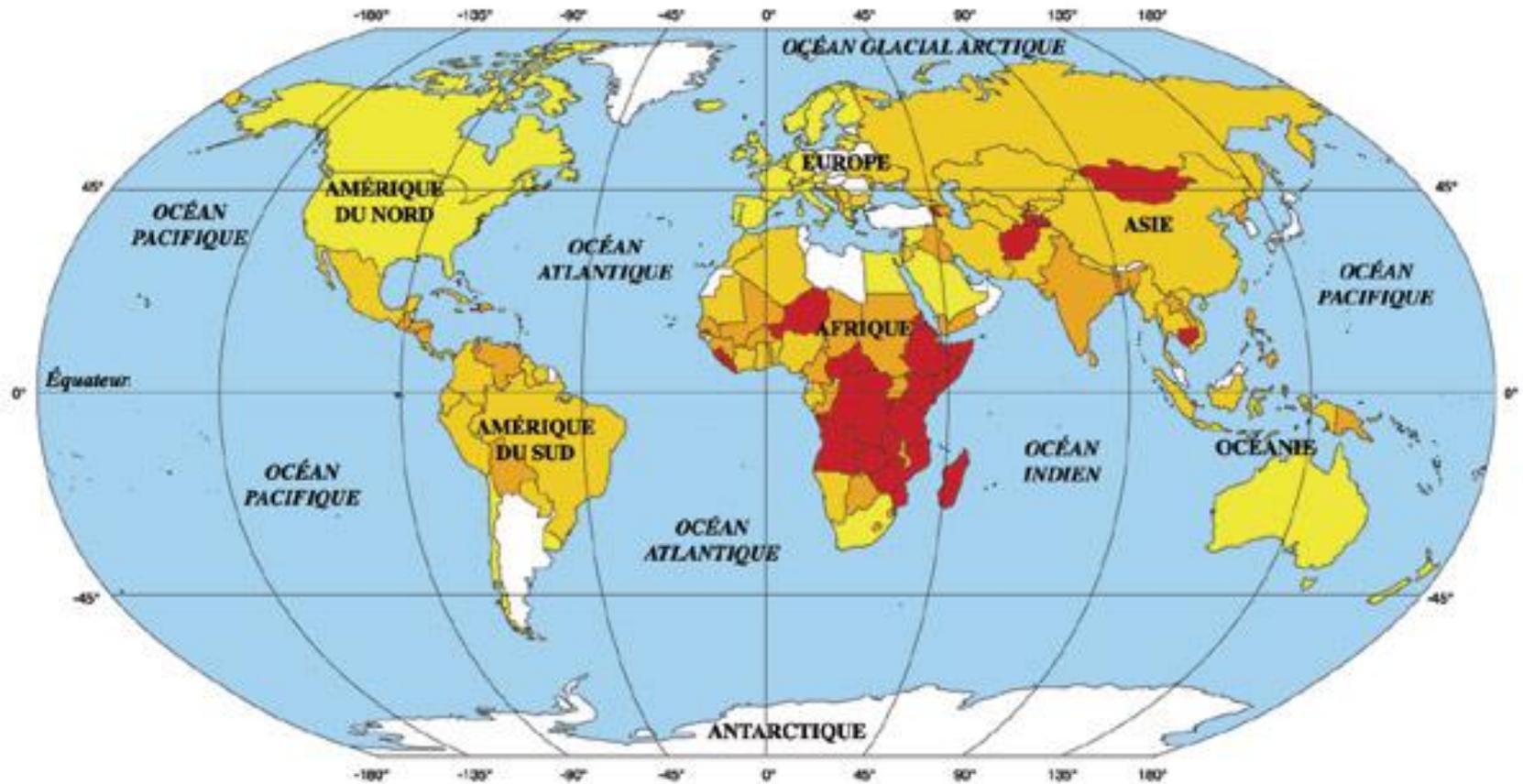


Source: D.T. Avery, US-Hudson Institute - FAO

Antagonisme entre biodiversité et agriculture, d'autant plus que le rendement est plus faible

Les données géopolitiques du problème

Répartition malnutrition dans le monde



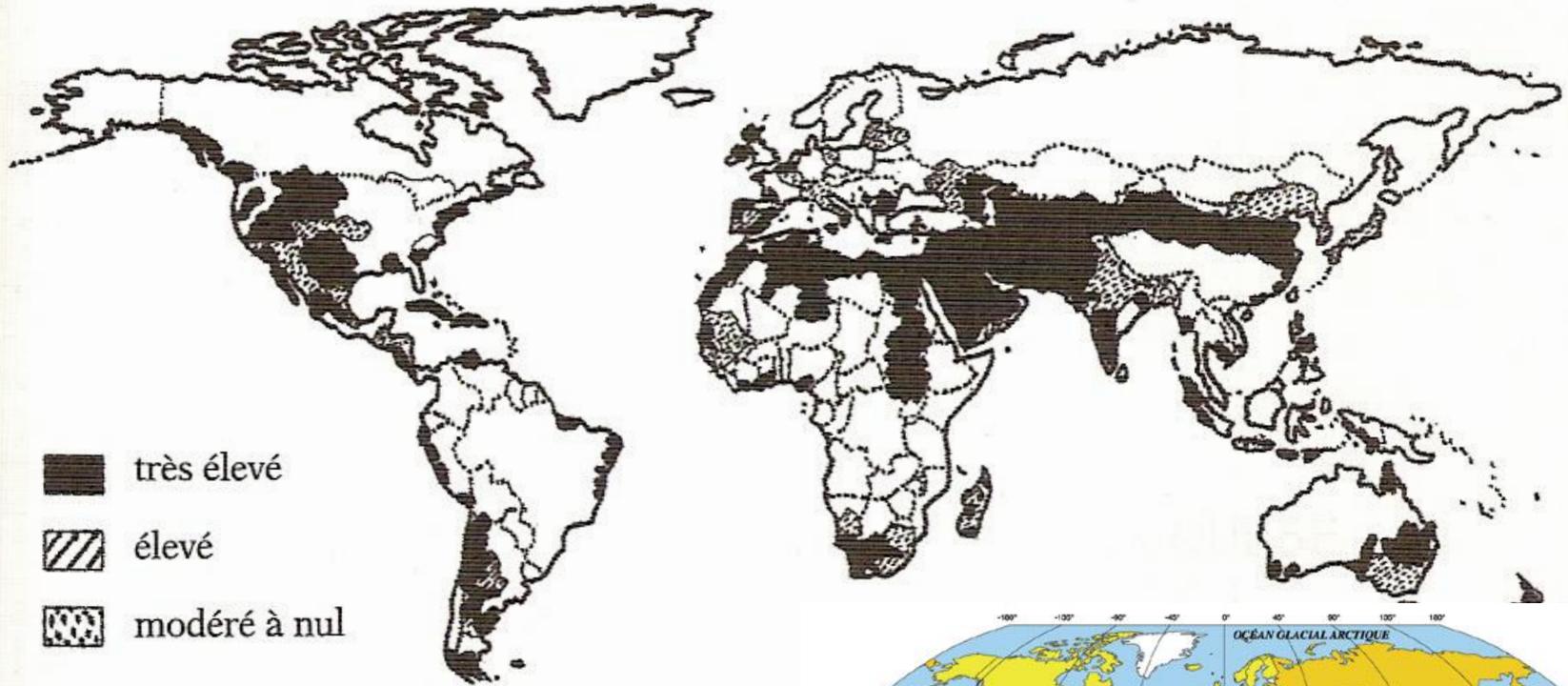
Pourcentage d'individus sous-alimentés:



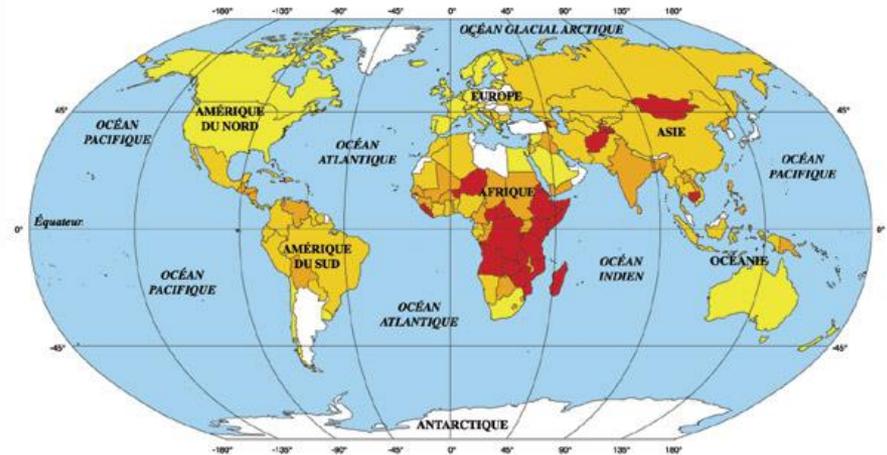
Sources: FAO/GIS (ESNP / SDRN), 2003

Les données géopolitiques du problème

Carte 5 : Bassins versants, risques de pénurie d'eau



Source : UICN.



Pourcentage d'individus sous-alimentés:

< 5% 5 - 20% 20 - 35% > 35% Données non disponibles

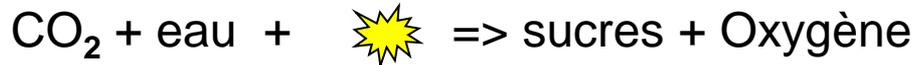
Sources: FAO/GIS ESNP / SORN, 2003

Et maintenant, un peu de Science!

Comment fonctionne une plante?

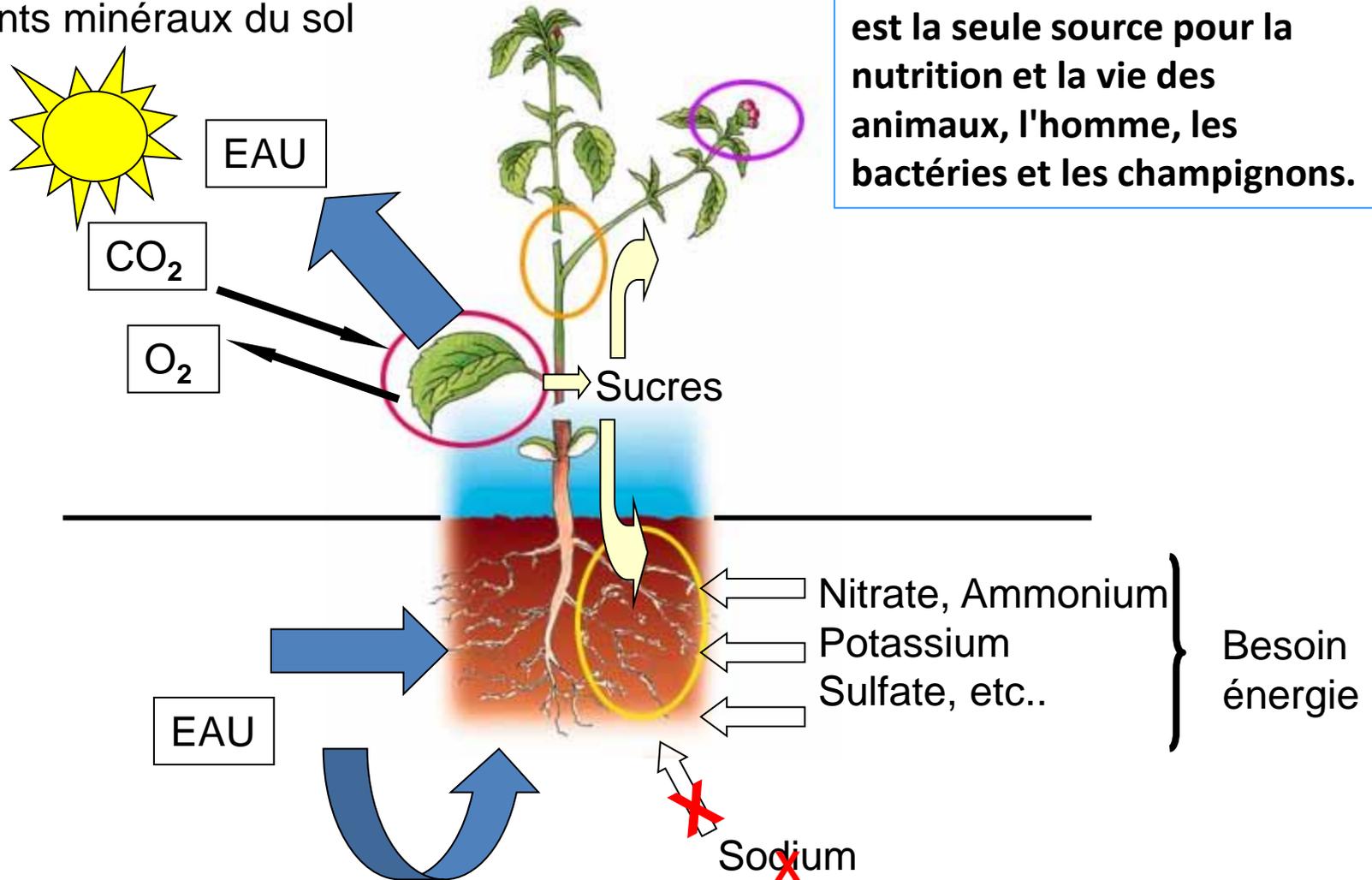
Quels sont ses besoins pour produire?

Qu'est-ce qui limite le rendement?



= Transformation énergie solaire en énergie dans les sucres qui servent à faire de matière organique à partir des éléments minéraux du sol

La matière organique synthétisée par les végétaux est la seule source pour la nutrition et la vie des animaux, l'homme, les bactéries et les champignons.



L'énorme besoin d'eau des plantes

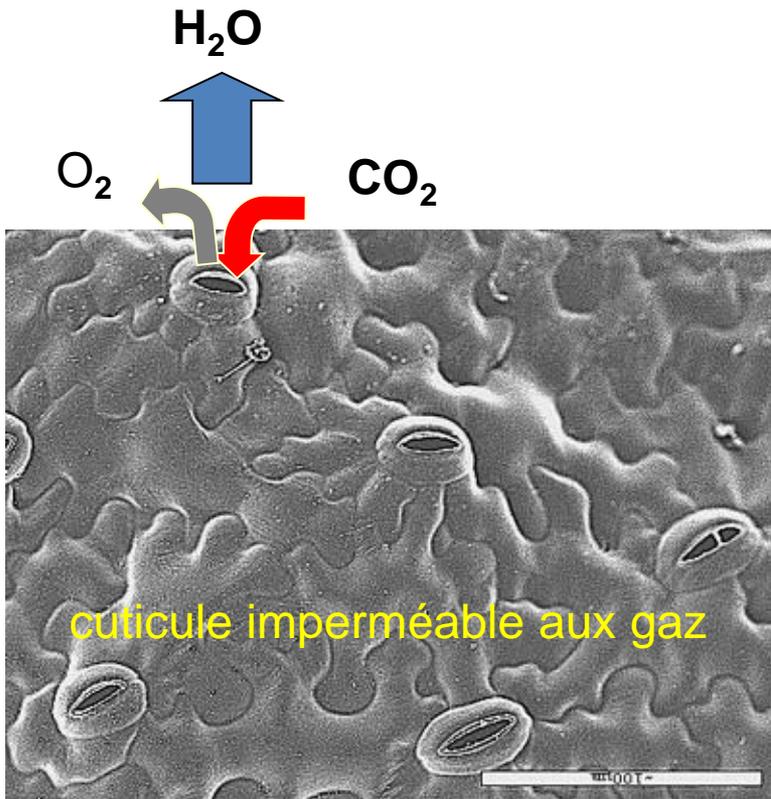
Le dilemme "Mourir de faim ou mourir de soif"

Le CO₂ ne peut entrer que par le même orifice que la vapeur d'eau qui sort

Problème: les flux de vapeur eau sont 500 fois plus grands que les flux de CO₂

Conséquences: il faut environ 500 litres d'eau pour produire 1 kg de matière sèche

Conclusion : l'eau est le facteur limitant essentiel de la production végétale



Epiderme avec stomates

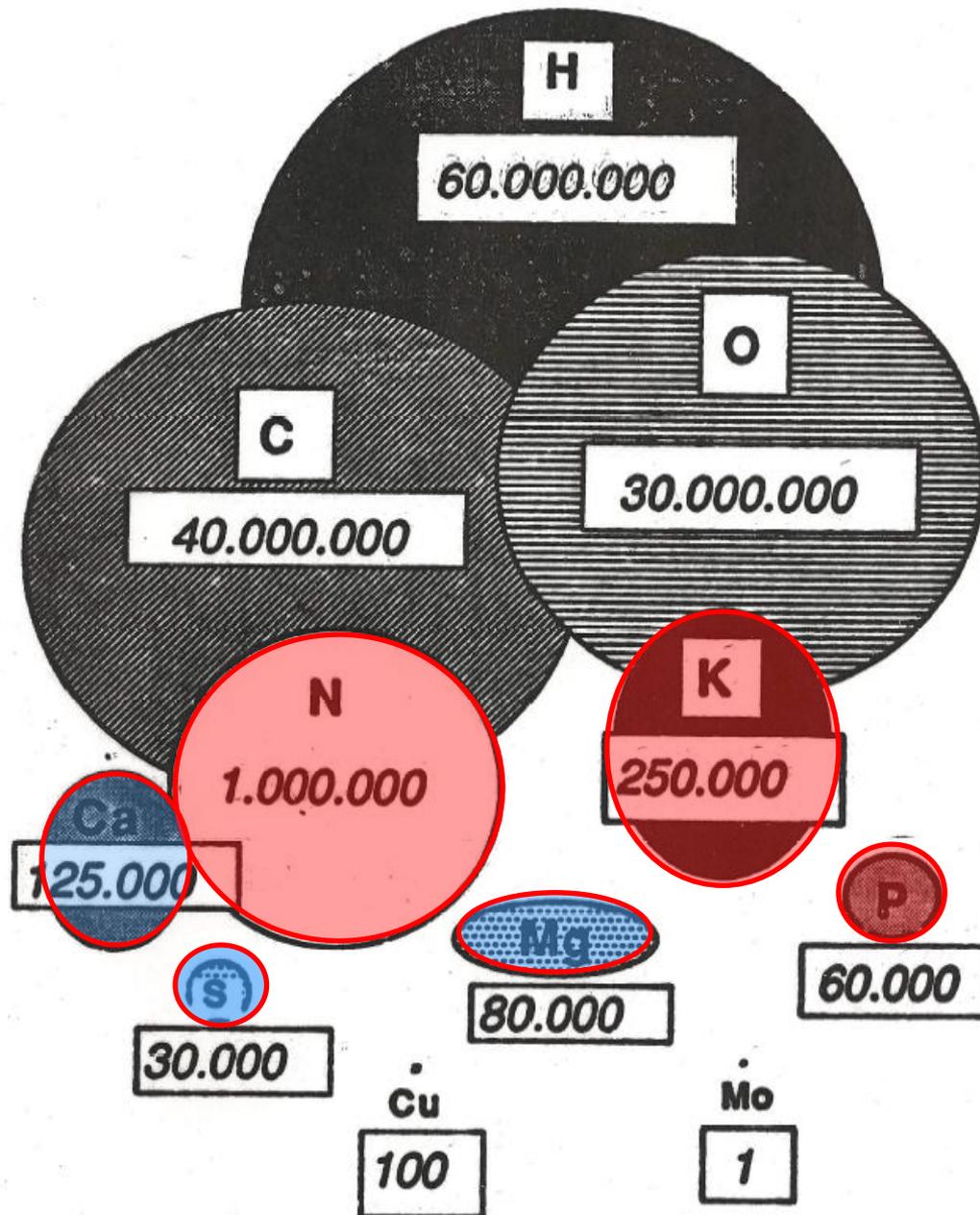
Quantité d'eau nécessaire à une récolte = efficacité d'utilisation de l'eau

	g eau/g matière sèche à la récolte
Maïs	342
Betterave à sucre	377
Blé	500
Riz	680
Luzerne	844

La pluviosité du bassin parisien est juste suffisante pour produire 10 t/ha de grains

Le maïs consomme 30% moins d'eau que le blé

Les éléments minéraux dans la plante



Besoin essentiels
en N, P, K,

Microéléments

Oligoéléments

*besoin sous forme de sels
solubles dans l'eau*

Nombre relatif d'atomes dans une plante

Deux principes essentiels pour la fertilisation d'une culture durable :

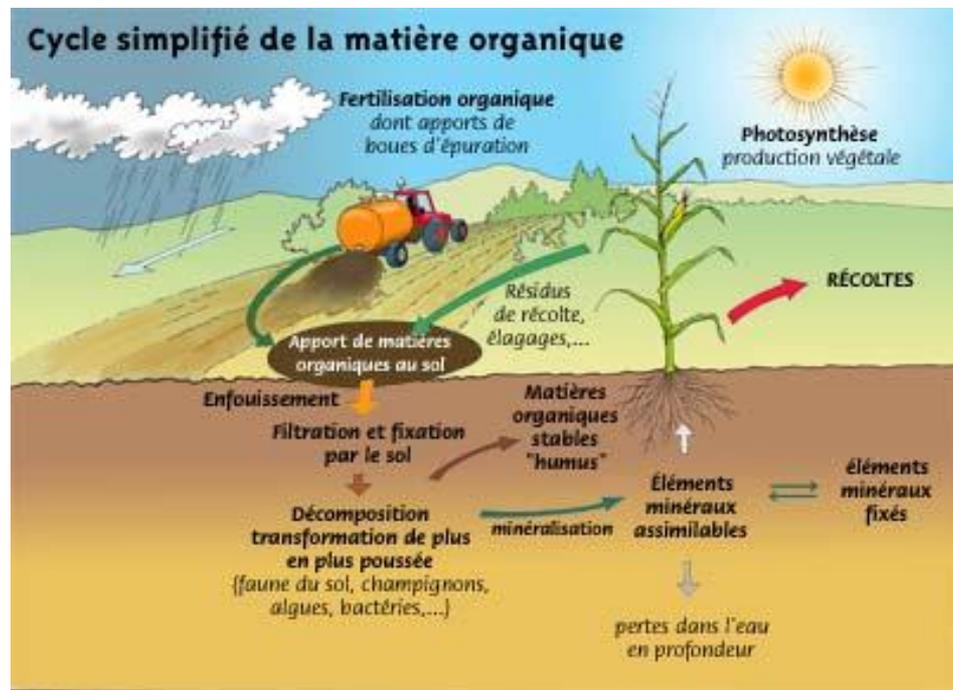
1) **Restituer** au sol, pour la saison suivante, ce qui a été prélevé par la plante récoltée (exportation).

Faire un calcul de bilan besoin/apport

2) Faire des **apports fractionnés** en fonction des besoins au cours de la croissance (surtout pour l'azote)

Le sol est la source des éléments minéraux, doit avoir une bonne structure pour permettre

- l'entrée d'oxygène
- un bon recyclage de la matière organique
- donc une bonne minéralisation
- une bonne rétention de l'eau et des minéraux



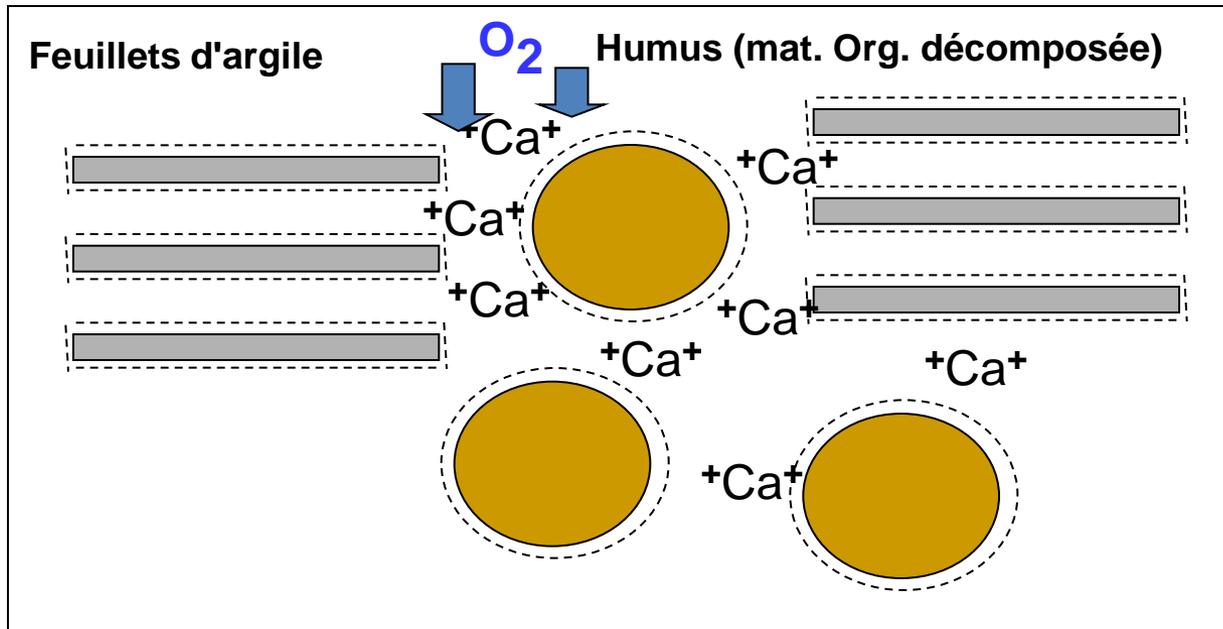
Le sol est un milieu vivant, c'est un écosystème recyclant la matière organique en matière minérale (N,P,K) grâce à

- faune et microfaune (insectes, lombrics etc)
- microflore (champignons filamenteux, bactéries)
- exsudats racinaires rhizosphère (20% de la photosynthèse)
- nombreuses symbioses

=> Le sol respire : consommation d'oxygène et libération de CO_2

La matière organique est un élément essentiel de la structure et de la fertilité d'un sol

Les ions **calcium** maintiennent une structure granuleuse permettent l'entrée O_2 pour la respiration des bactéries et de la microfaune



- Les complexes argilo-humiques chargés négativement retiennent NH_4^+ , K^+ . PO_4 est fortement adsorbé
- au contraire les nitrates non retenu => lessivage des nitrates

NB : nitrates non toxiques pour l'homme mais pb d'eutrophisation

Les mécanismes naturels de production d'azote **ne sont pas suffisants** pour assurer des rendements corrects pour nourrir la planète

Rapide calcul :

il faut 3 kg N par quintal/ha de blé

or minéralisation (réaliste) dans le sol 30-40 kg N => 10 qx/ha

alors qu'il faudrait donc 210 kg N pour 70 qx/ha

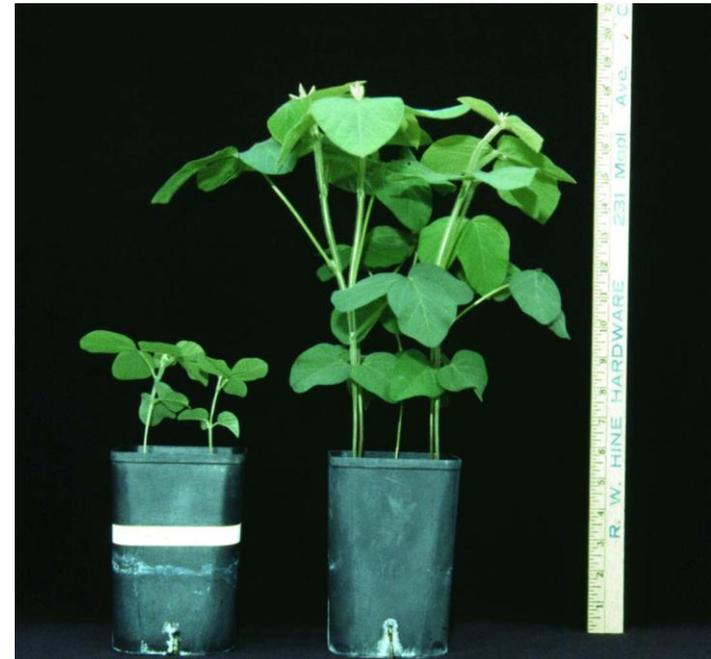
Conclusion:

Besoin d'engrais pour toutes les régions sauf très sèches (ex Australie du Sud)

Engrais organiques ou minéraux?

		Avantages	Inconvénients
Engrais Organique (fumier, compost)	Coût	Faible si matière organique abondante	
	Disponibilité pour la plante		Dépend de la minéralisation du sol
	Pollution nitrate		Non contrôlable
	Rétention	Eau minéraux	
Engrais Minéraux	Coût		Élevé (prix du pétrole)
	Disponibilité pour la plante	Apport fractionné	
	Pollution nitrate	Mieux contrôlable	possible
	Rétention		Aucun effet

Certaines plantes ont une autre solution pour assimiler l'azote, les légumineuses (pois, haricot, soja, trèfle, luzerne, acacia.....)



Sans bactérie Avec bactérie

Les bactéries qui vivent en symbiose dans les nodosités des racines fixent l'azote de l'air et le transforme en NH_4 qui est incorporé en acide aminés = "engrais vert"

Conclusion générale :

Pour la production végétale il faut :

- 1) D'abord de l'eau**
- 2) Des engrais azotés (organiques ou chimiques)**
- 3) Des engrais phosphatés, potassiques et soufrés**

Un bon sol est un élément favorable car il favorise la rétention et le recyclage mais ce n'est pas indispensable.

ET Maintenant quelles solutions

1) Une super révolution verte:

augmenter le potentiel génétique

agriculture de précision: "*just in time, just in place*"

*mais agriculture de pays riche et éduqué (subventionnée?)
au détriment des paysans pauvres?*

2) Une révolution doublement verte ou Agroécologique

L'intensification écologique

- utiliser au maximum les ressources de l'écosystème (équilibre géochimiques intrants-extrants, diversification des productions, gestion optimale des patho-systèmes, lutte biologique)
- approche participative impliquant les populations locales
- effort de recherche important

Qu'est-ce que de la Révolution verte

- des techniques de production:
 - variétés de blé et de riz à paille courte et haut rendement,
 - engrais et produits de protection phytosanitaire.
 - irrigation, si pluviosité limitante (donc ressources en eau)
- des mesures de politiques agricoles de soutien:
 - des garanties d'achat de la récolte à prix fixé à l'avance,
 - des subventions aux engrais, aux produits de traitement, aux équipements, protection tarifaire
 - l'accès au crédit,
 - la présence d'un système de vulgarisation (éducation).

Réussites: Asie (Inde, Chine, Indonésie); Vietnam après 1986

Moins réussie ou échec partiel : Amérique latine (sauf Brésil, Argentine), Afrique (sauf Zimbabwe avant Muagabé)

Qu'est devenue la révolution verte?

À cause des politiques d'ajustement structurel des années 1980-1990 (moins d'état, moins de subventions) diminution des parts de budget nationaux pour l'agriculture : abandon du soutien à la révolution verte.
=> progrès plus lents (approche des limites?)

Perception des conséquences néfastes sur l'environnement:
préservation des sols, pollutions chimiques et biologiques,
Biodiversité??

Mais pour couvrir les besoins alimentaires en 2050
L'Afrique devra quintupler sa production
L'Asie devra la doubler
L'Amérique latine presque la doubler

De la théorie à la pratique

Le mil au Niger

Le maraichage de la pomme de terre

Les problèmes concrets de développement agricole au Sahel

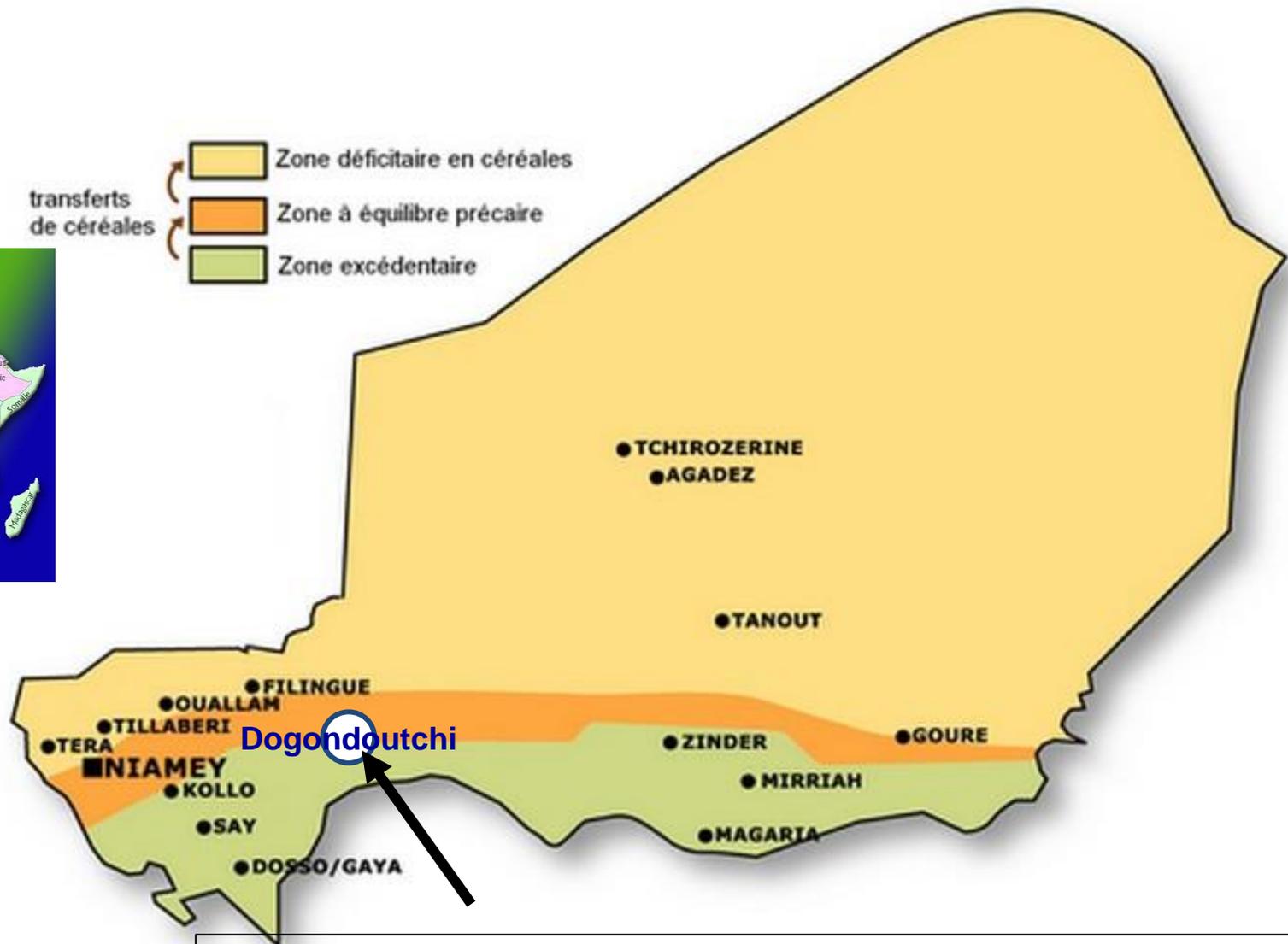
Bilan de l'action de la coopération Orsay-Dogondoutchi (Niger)

Principe : ce sont les Nigériens qui développent le Niger



transferts
de céréales

- Zone déficitaire en céréales
- Zone à équilibre précaire
- Zone excédentaire



- Saison humide très courte : juin-septembre 450-550mm
- Pluies peu fréquentes mais très fortes => érosion
- Fréquence de sécheresse 1/5 ans
- Saison sèche sans aucune précipitation
- Mares temporaires (jusqu'à février-mars) => maraichage

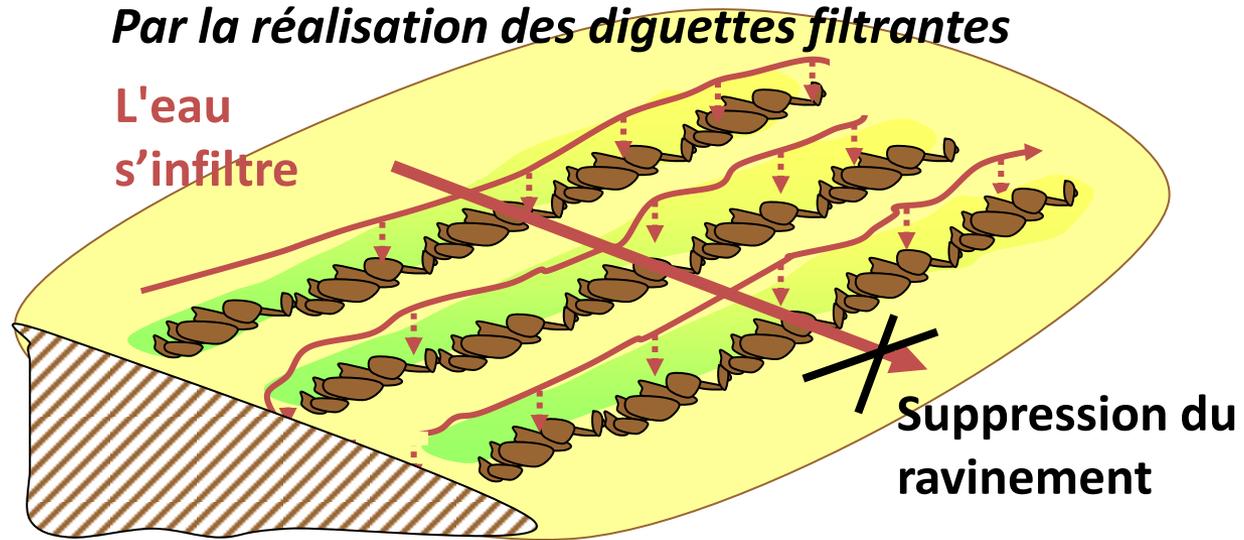
La situation initiale 2000-2005 et les contraintes

- Forte érosion des terres par ruissellement
- Fréquence des sécheresses dont celle de 2005
- Pas d'organisation des paysans ni d'éducation aux méthodes modernes
- Très faibles rendement en mil 0,2 à 0,3 t/ha
- Des petites parcelles de 2 ha / famille



MAITRISE LES EAUX DE RUISSELLEMENT

Par la réalisation des diguettes filtrantes



Construction de barrages filtrants



Cordons pierreux dans les champs

Les produits traditionnels de l'agriculture locale

- Aliments de base : le mil (farine)



- Aliments complémentaires :



le niébé (petit haricot)



Arachide (huile)

*Que faire pour
améliorer la production
et les revenus des
paysans?*

?



Trois piliers indispensables

-**Agronomique** : améliorations techniques (sol, semence, fertilisants)

-**Éducatif et organisationnel** : faire comprendre les innovations et les susciter par la base. Constituer des organisations paysannes par village pour la prise en charge de leurs problèmes.

-**Financier et économique**: Mutuelle de crédit et lutte contre spéculation (locaux de stockage)

La démarche champs-écoles 2008-2009

- Production locale de semences améliorées + protocole apport d'engrais (fractionné) et en *poquet* (localisé) par la société Alheri
- prêts individuels pour l'achat semences + engrais aux agriculteurs choisis pour leurs travaux sur diguettes (opérateur local ONG RAIL)
- Expérience sur 1 ha /participant (3 en 2008, 22 en 2009)
- Remboursement à la récolte



Le rendement 2009 (22 exploitants)

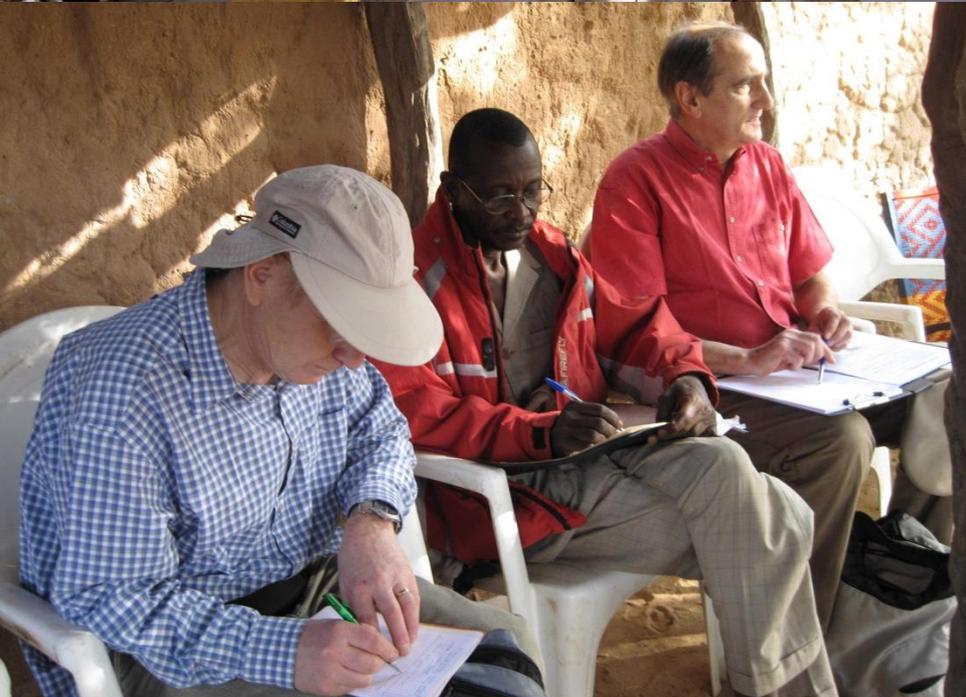
-> multiplié d'un facteur 2 à 4 par rapport aux années antérieures

La marge d'exploitation varie de 43 200 à 239 800 F CFA/ha pour un prêt de 30 000 F (45 €) pour les semences + engrais



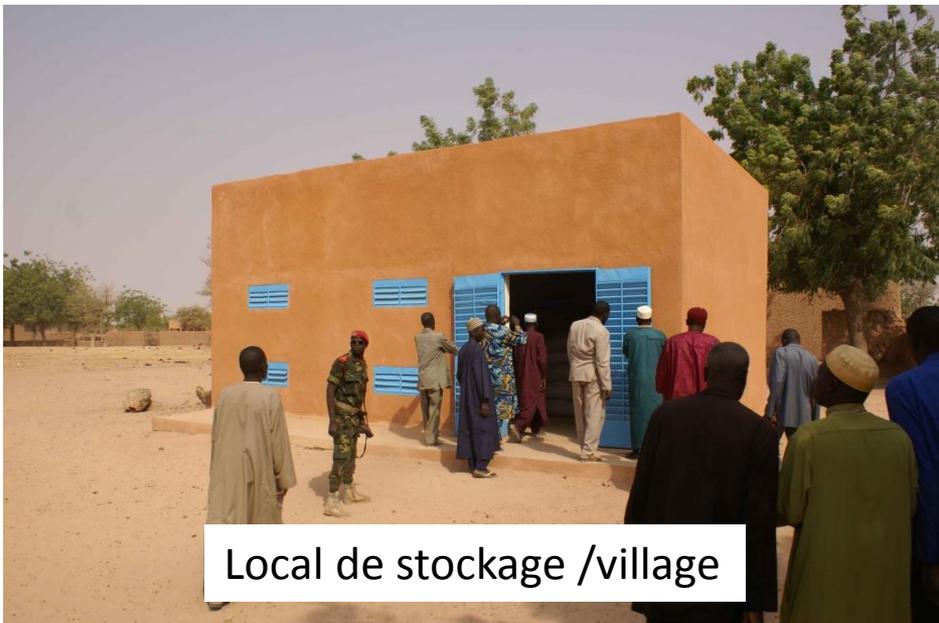
Résultats des concertations:

- Besoin de locaux de stockage gérés par l'organisation paysanne pour ne pas vendre à récolte (cours trop bas)
- Besoin de prolonger les prêts



Obtention subvention MAEE (60 000 € sur 3 ans) + CG91

- Pour construction de locaux de stockage dans 5 villages
- cautionnement de prêt pour 170 agriculteurs sur 200 h
- mise place de bacs compostage dans 5 villages



Gain moyen de rendement + 70% sur 3 ans et 200 ha. En cas de sécheresse (2011) le gain reste de +32%

Après stockage de 3-4 mois (cours de 200 CFA/kg au lieu de 100) grâce à un prêt de la mutuelle qui avance liquidités, le revenu passe **de 45 000 CFA par ha traditionnel vendu à la récolte :**
85 000-130 000 CFA/ha

Résumé



Sélectionner des semences adaptées
Sté Alheri, semencier local

Travailler la terre avec les bons outils
Enfouir engrais & déchets organiques
Et prêts cautionnés Crédit Mutuel du Niger
Locaux de stockage

Organisations producteurs responsables



© JL Prioul, 2014



**Après la sécheresse de 2005 introduction de la pomme de terre dans zone irriguée par la mare temporaire (contre-saison).
*Un exemple de développement autonome***



"Décollage" de la pomme de terre!

- Initié *par* le don de semences par "Agriculteurs sans frontières" en 2006
- Mise en œuvre par le groupement des maraichers qui dès 2006 achètent les semences en France et distribuent à 5000 agriculteurs du Niger
- Production et vente indépendante et efficace jusqu'à Niamey.

Projet en cours d'extension à 80 ha (12 mois/12) grâce des forages profonds

Conclusion (les trois piliers)

- Possibilités d'amélioration considérables de **l'agriculture familiale**, à condition d'acquérir de semences sélectionnées et des engrais fournis en poquets; d'organiser le travail du sol (travail attelé ou tracteurs)
- Mise en place **d'organisations paysannes** décisionnelles avec conseils agronomiques (Institution et Éducation permanente)
- Besoin d'un **système de crédit et gestion des stock** (microcrédit bancaire cautionné, subvention d'investissement)

Peut-on généraliser cette expérience ailleurs ?

En Afrique trois exemples

Le riz au Sénégal : compétition entre importation et production locale

Le coton au Burkina-Faso : une culture de rente au bénéfice des autres

La protection du marché intérieur au Malawi : faut-il subventionner en interne?

Le riz au Sénégal

Depuis l'indépendance en 1960, consommation de riz multipliée par 10

- production locale x 2 mais population x 4
- 1^{er} importateur de riz en Afrique, très grande dépendance (80%)

Pourquoi cette dépendance?

- période coloniale : export massif d'arachide, import de riz à bas prix (brisures) d'Indochine
- Préférence des consommateurs en remplacement du mil : goût, cuisson plus facile
- Prix plus faible du riz importé, favorable à la main d'œuvre industrielle urbaine mais pas aux paysans qui ne peuvent se rémunérer correctement

Politique agricole

- 1960-1995 soutien très centralisé et bureaucratique peu efficace
- 1995 libéralisation des importations donc forte augmentation, stagnation des productions locales
- Crise de 2008 (émeute) aide massive de l'état et retour une politique taxe à l'importation et d'incitation à la production locale (offre 125 Mt) reste faible vis-à-vis de la demande (1 000 Mt)

Le coton au Burkina-Faso

Le coton : 60% des recettes d'exportation, 350 000 producteurs de coton. Le coton fait vivre 3 000 000 de personnes.

Une culture de rente au profit des cultures en alternance (maïs, mil ou sorgho) : x 2 rendements

Une culture polyvalente : exportation des fibre, consommation de l'huile et des tourteaux, bois combustible pour le marché local

Dès 1990 mis en place d'une cogestion entre organisations de producteurs et l'état

Introduction d' OGM-Bt : Réduction du nombre de traitement insecticides (2 au lieu 5). Adoption massive : 50% des semences

Néanmoins forte sensibilité fluctuation du marché (crise 2006-2009). Pb des subventions à l'agriculture américaine-action à l'OMC

Le Malawi

petit pays pauvre d'Afrique de l'Est, avec crises alimentaires récurrentes

-2004 le Président élu sur programme de subventions aux intrants agricoles sous forme de bons « aux petits exploitants pour l'achat d'une petite quantité d'engrais et de semences » au lieu de subventionner les importations.

-en 2006 : doublement de la production-autosuffisance alimentaire et même exportation. Effet positif jusqu'en 2011.

-Grand retentissement en Afrique mais plus ou moins de succès (Kenya, Tanzanie, Ghana)

-Malawi rattrapé par la crise alimentaire en 2012-2013 : à cause de la sécheresse, usure du pouvoir (autocratie) puis mort du président.

Pas de recette magique mais ensemble de mesures techniques et une volonté politique forte soutenue par la population.

D'une façon générale les expériences réussies

- Soutiennent **l'agriculture familiale** plutôt que les structures étatiques collectivistes
 - Partent de la mobilisation des individus qui se groupent en **organisations paysannes décisionnaires et responsables** de leur développement
- Une **éducation** et un suivi par des conseillers agricoles. Des structures décentralisées pour fournir les semences et les intrants.
- Des **structures financières et économiques** pour les prêts
- Une **politique agricole forte des états** : 10% du budget pour organisation des marchés, des formations agricoles, protections douanières, système d'assurance

Position de l'Europe et l'Amérique du Nord

Des agricultures subventionnées :

USA : initié en 1932 par Ezekiel conseiller Roosevelt, justifie "l'exception agricole = politique de subvention et de prix garantis sur plusieurs années"

soutien continu même sous une forme différente sous GW Bush en plein libéralisme!

Europe : Jean Monet après le guerre

Pourquoi? L'alimentation est une question stratégique, encore vrai aux USA

Agriculture familiale organisée en coopérative, réseau recherche et technique efficace, coopérative de distribution, réseau bancaire puissant

l'Europe n'est pas autosuffisante en produite alimentaires : ne couvre que 87% des besoins à cause d'importation pour l'alimentation animale

Les 3 scénarios de Bruno Dorin (CIRAD) pour faire face à la demande de 2007 si les rendements n'avaient pas augmenté de 1970 à 2007 :

1) + 63% des surfaces cultivées = perte de biodiversité

ou 2) - 42% de consommation animale = beaucoup moins de viande

ou 3) + 139% des importations = moins d'autonomie alimentaire et report sur les

autres nations des problèmes environnementaux

Agriculture raisonnée ou agriculture biologique

Bilan comparé de deux types à la ferme d'E. Vandanne, Villiers le Bâcle

240 ha dont 80 ha culture de blé biologique :

-rendement divisé par 2, main d'œuvre et matériel plus couteux

-mais circuit court prix du blé biologique 400€/t au lieu de 100 à 300€/t pour le traditionnel

-conversion directe des produits : fabrication de farine et de pain à la ferme

C'est rémunérateur pour l'agriculteur car il prend les marges de distribution. Mais c'est un marché de niche difficilement généralisable.

L'Europe et l'Amérique du Nord doivent elles nourrir la planète?

-Pas en vendant des aliments aux pays en développement à des prix subventionnés qui empêchent le développement de leur propre agriculture. Et encore pire, en donnant les produits sauf urgence

-Mais pourquoi, s'agissant de l'Europe, refuser d'exporter à des pays structurellement déficitaires : ex. le Sud de la Méditerranée qui ne bénéficient plus de nos conditions climatiques favorables et mais sont historiquement et culturellement demandeurs de blé?

-Pourquoi : reporter sur d'autres pays, à cause d'une agriculture à faible rendement de type biologique, les éventuels dommages écologiques? Ne vaut-il pas mieux prendre en charge nos problèmes et optimiser notre agriculture afin de réduire son empreinte écologique.

C'est possible comme l'exemple de la betterave

Exemple de la betterave à sucre

Concentration en sucre

1812 : 7%

2007 : 18%

Rendement

1812 : 700 kg de sucre par Ha

1946 : 3500 kg

2005 : 13000 kg

Semences

1946 : 20 kg par Ha

2005 : 1kg (monogermie et qualité)

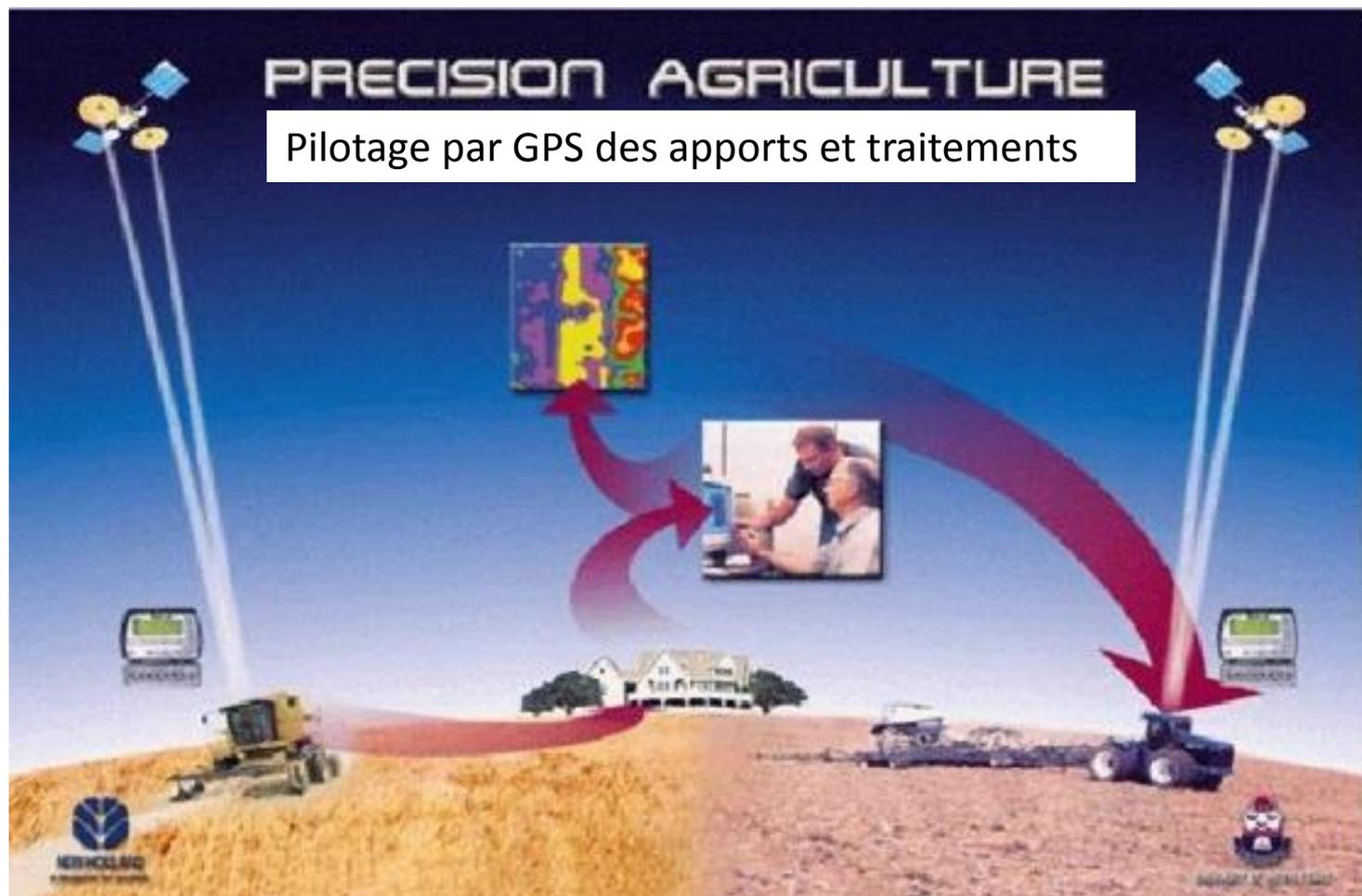
Azote

1953 : 240 kg par Ha

2005 : 80 kg

Le futur dans les progrès agronomiques : l'agriculture de précision
(1% surface aux USA mais aussi en France).

"Fournir ce qui est nécessaire au bon moment et au bon endroit en utilisant la variété la mieux adaptée au contexte pédoclimatique"



Mais aussi des méthodes agroécologiques
Ex. Les techniques sans labour de semis direct



Semis sous litière



Semis direct

Conclusion :

Oui on pourra nourrir la planète en 2050

- En portant l'effort maximum sur les agricultures à faible productivité pour assurer une rémunération correcte de agriculteurs :

de préférence sur les agricultures familiales en se reposant sur les 3 piliers : agronomiques, organisationnel (Org. Paysannes, éducation), financier

-Ne pas relâcher l'effort dans les régions favorables à une haute productivité

-En mettant en œuvre, autant que possible, des techniques qui minimisent l'empreinte écologique