



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Réduire les intrants grâce à de nouveaux systèmes de culture

Bilan des connaissances Perspectives

Raphaël Charles et Sokrat Sinaj

1^{ère} Journée nationale Grandes Cultures, 6 février 2014



- Evolution des systèmes de culture
 - révolutions agricoles
 - 2^{ème} révolution des temps modernes

- 2^{ème} révolution des temps modernes: état des systèmes
 - motomécanisation
 - spécialisation
 - chimie agricole
 - sélection

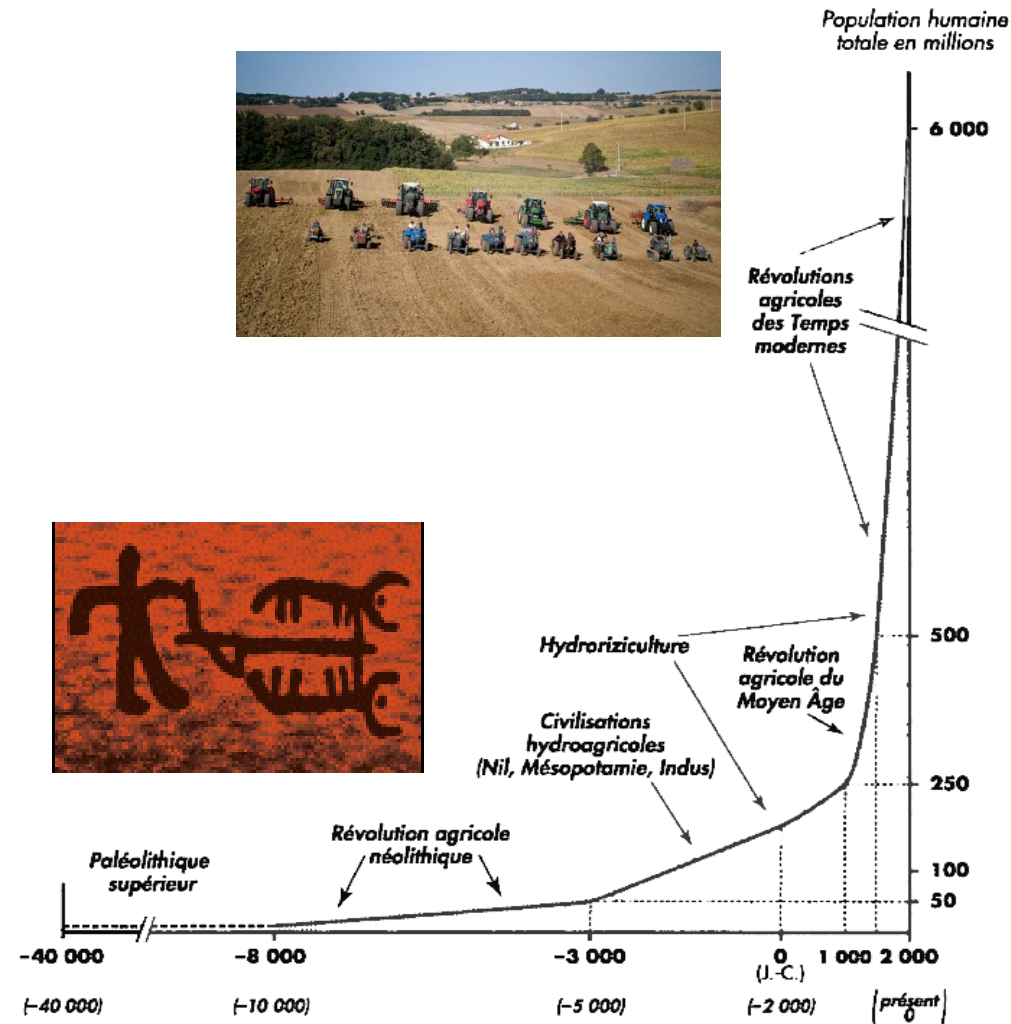
- Intensification écologique
 - Ressources naturelles et fonctionnalités
 - Agriculture de conservation
 - Couverture permanente du sol
 - Compétition entre espèces végétales
 - Fixation d'azote
 - Associations d'espèces
 - Cycle de l'azote et du phosphore

- Mobiliser les connaissances et les fonctionnalités écologiques



Révolutions agricoles

- Néolithique
- Antiquité: systèmes de culture attelée légère avec jachère et élevage associé
- Moyen Âge: systèmes de culture attelée lourde
- Temps modernes I: sans jachère
 - Mécanisation de la culture à traction animale et révolution des transports. Première crise mondiale de surproduction
- Temps modernes II: motorisation, mécanisation, spécialisation, chimie agricole, sélection. Crise agraire.



Progression de la population humaine en relation avec le développement des systèmes agricoles de par le monde (Mazoyer & Roudard, 2002)



Motomécanisation

Etapas de la motomécanisation

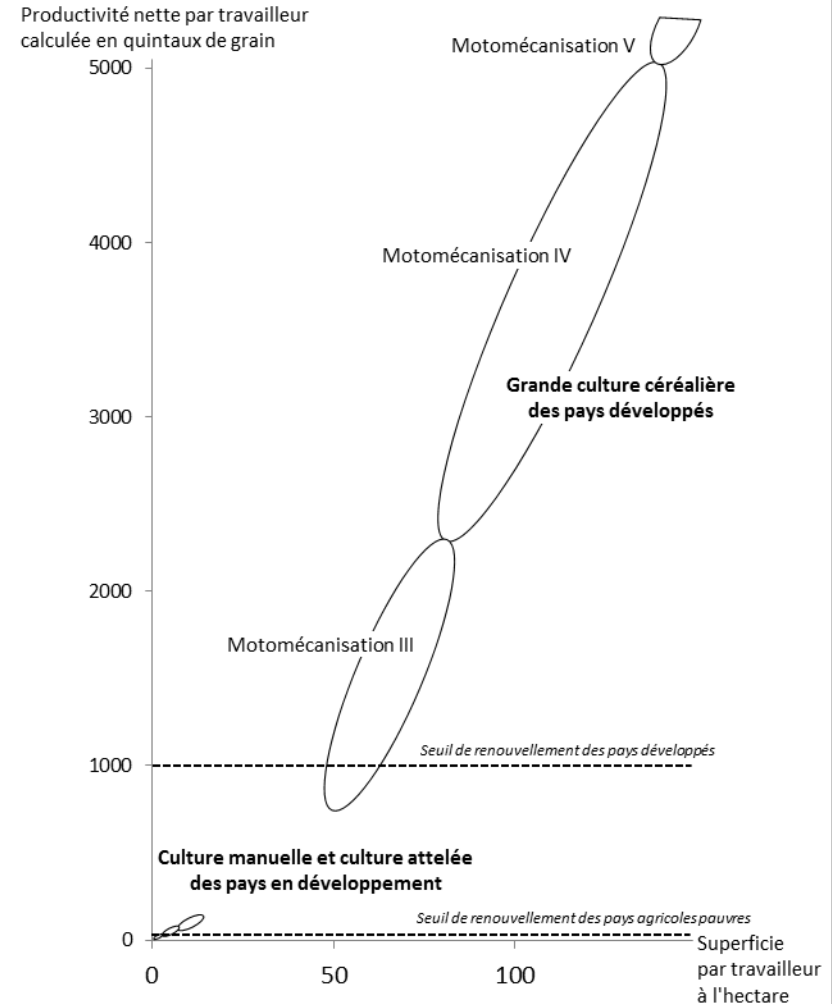
- I. 10-30CV Remplacement des animaux de trait
- II. 30-50CV Nouvelle mécanisation de travail
- III. 50-70CV Machines 6m large, automotrices
- IV. 80-120CV Charrue quadrisocs, batteuse 6m
- V. >120CV 4 roues motrices. Matériel combiné

Evolution des étapes I à V

Capital fixe / travailleur: de 50.- à 500'000.- frs

Superficie / travailleur: de 1 à > 200 ha

Rendement céréales: de 10 à > 50 q/ha

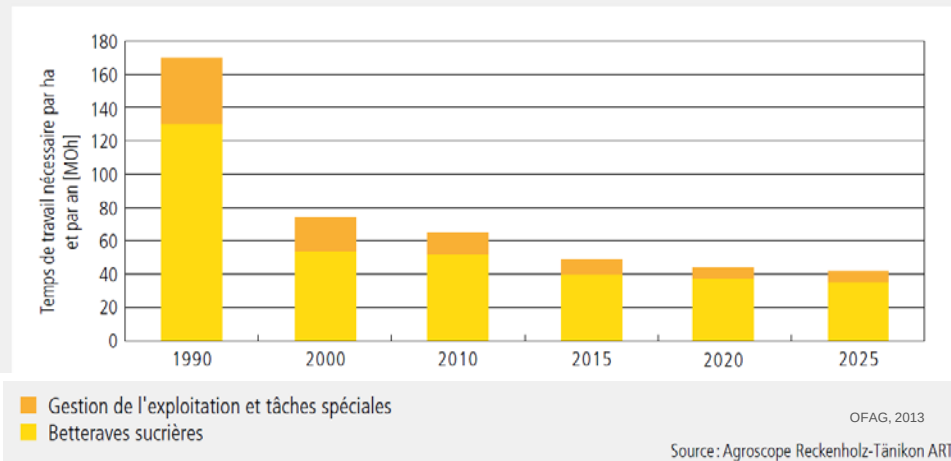


Progression de la population humaine en relation avec le développement des systèmes agricoles de par le monde (Mazoyer & Roudard, 2002)



Motomécanisation

Temps de travail nécessaire pour la culture de betteraves sucrières en Suisse (1990–2025)

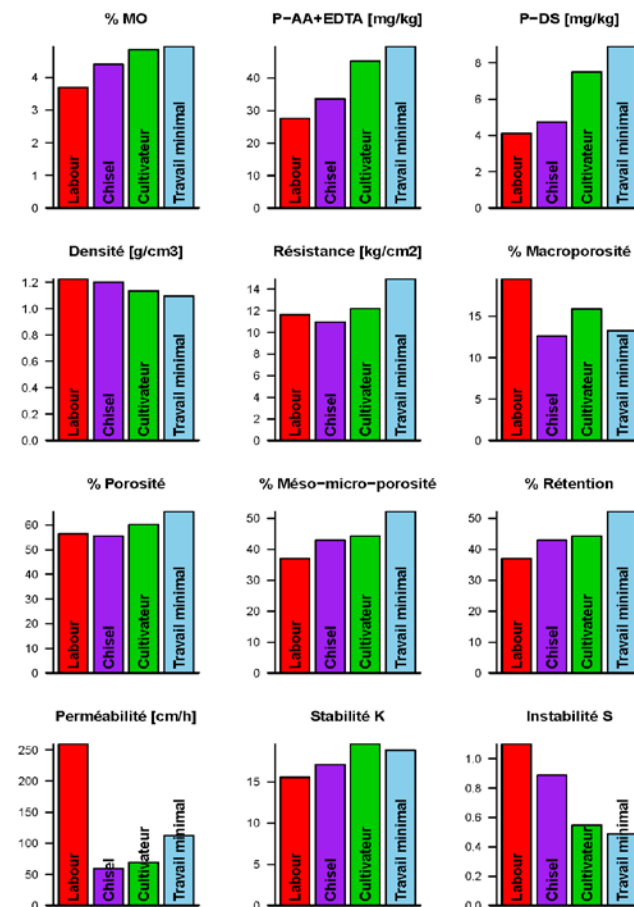


Effet du travail sur les propriétés du sol

Essai longue durée, travail du sol 1969

Sol argileux, 0-10cm

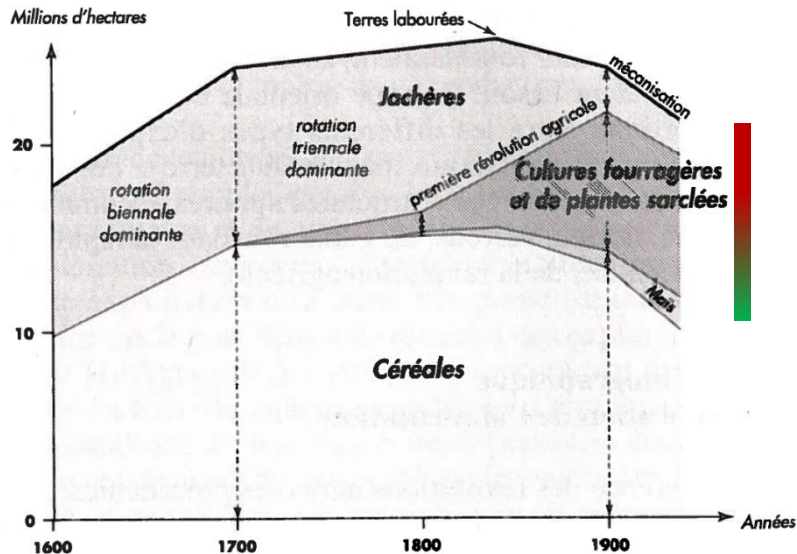
Vullioud et al., 2003





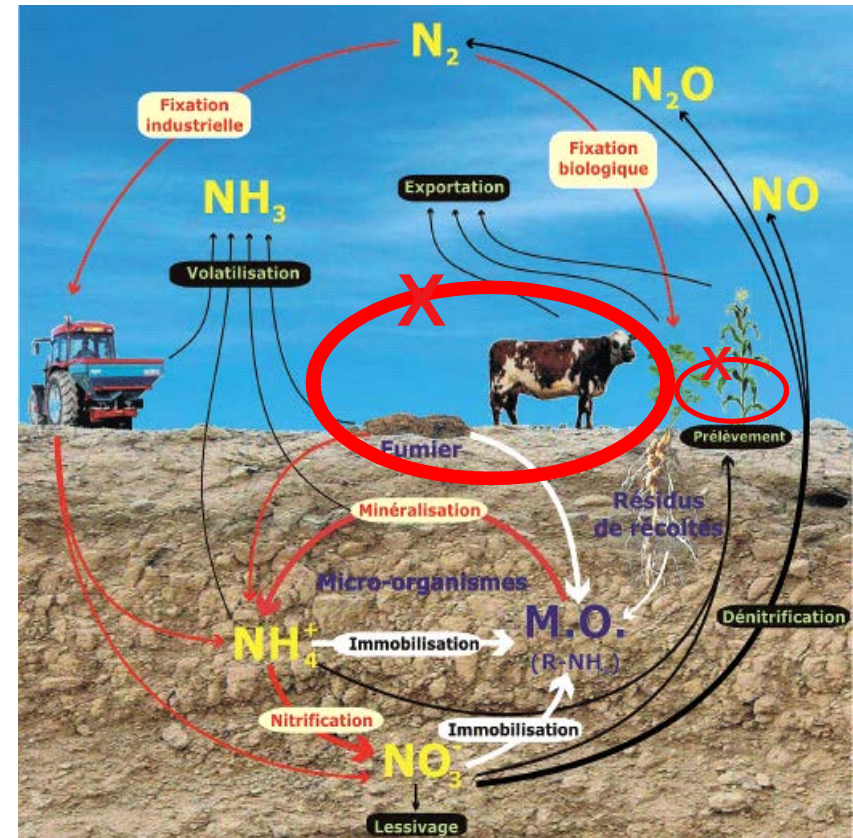
Spécialisation

Héritage de la 1^{ère} révolution des temps modernes: systèmes de culture sans jachère, élevage associé; exploitations mixtes



Mazoyer & Roudard, 2002

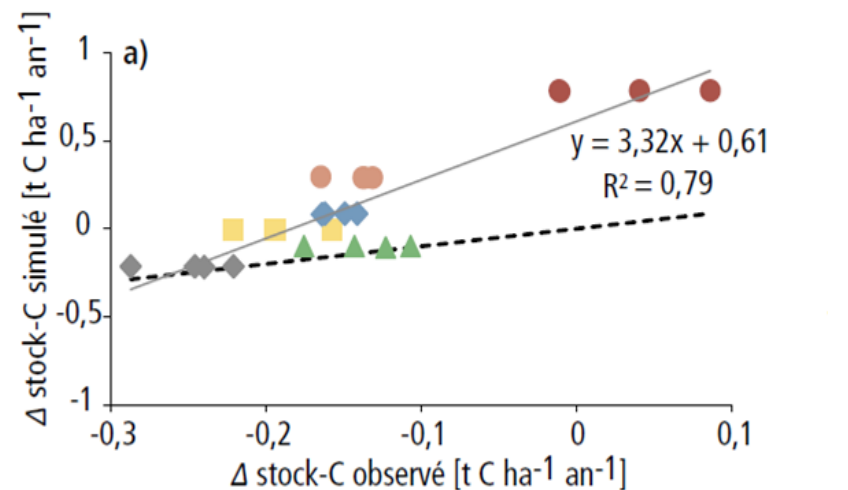
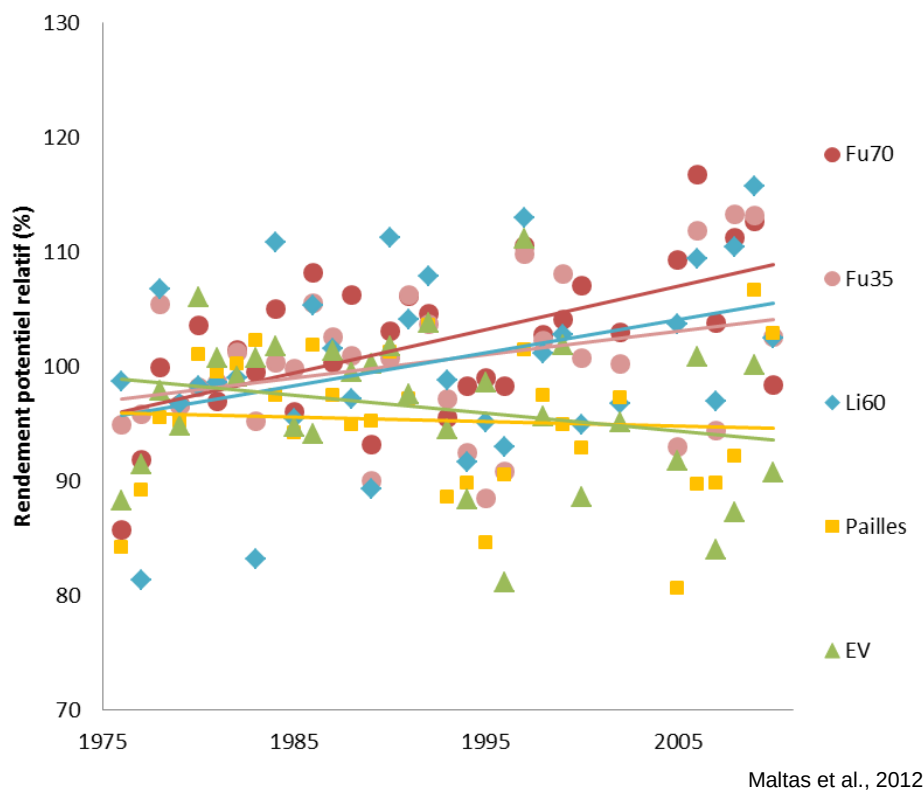
Exploitations de grande culture Sans bétail





Spécialisation

Exploitations de grande culture
sans bétail



EMIN EV Pailles Fu35 Fu70 Li60

Maltas et al., 2012

Variations annuelles du stock de C entre 1975 et
2009 observées (axe x) et simulées (axe y)

Essais longue durée 1976
Engrais organiques
Changins

Evolution des rendements potentiels selon
les amendements organiques (fumure
minérale = 100%)



Spécialisation

Rotation céréalière

Rendement blé	Composantes de la variance		
	2006	2008	2010
Rotation	24	39	66
Travail du sol	28	0	9
Variété	24	45	13
Fongicide	17	9	2
Interactions	7	6	10
total	100	100	100

Essai de longue durée, 1967
Rotation céréalière
Changins

Charles et al., 2011

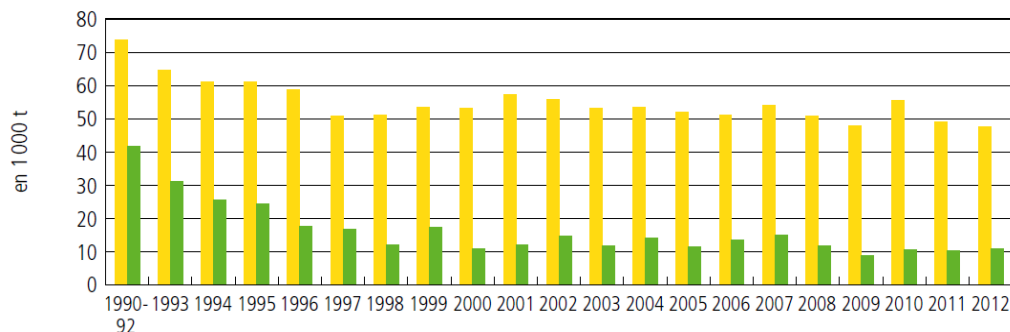




Chimie agricole

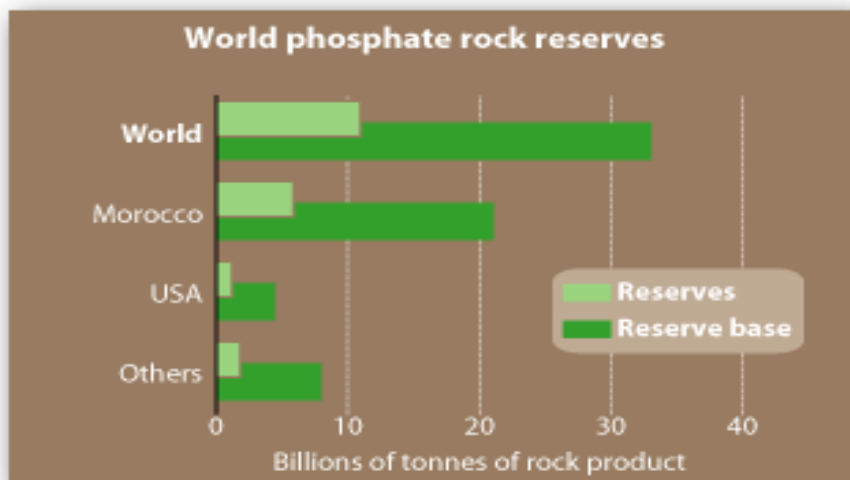
Evolution récentes de l'utilisation des engrais minéraux

Evolution de l'utilisation d'engrais minéraux



■ Azote (N) (y compris para-agriculture)
■ Phosphore (indiqué comme P₂O₅)

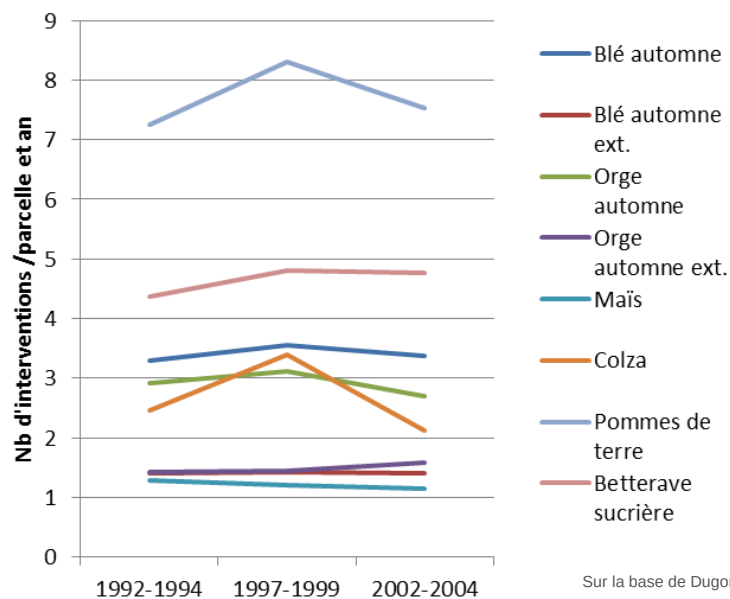
OFAG, 2013
Source: USP/Agricura





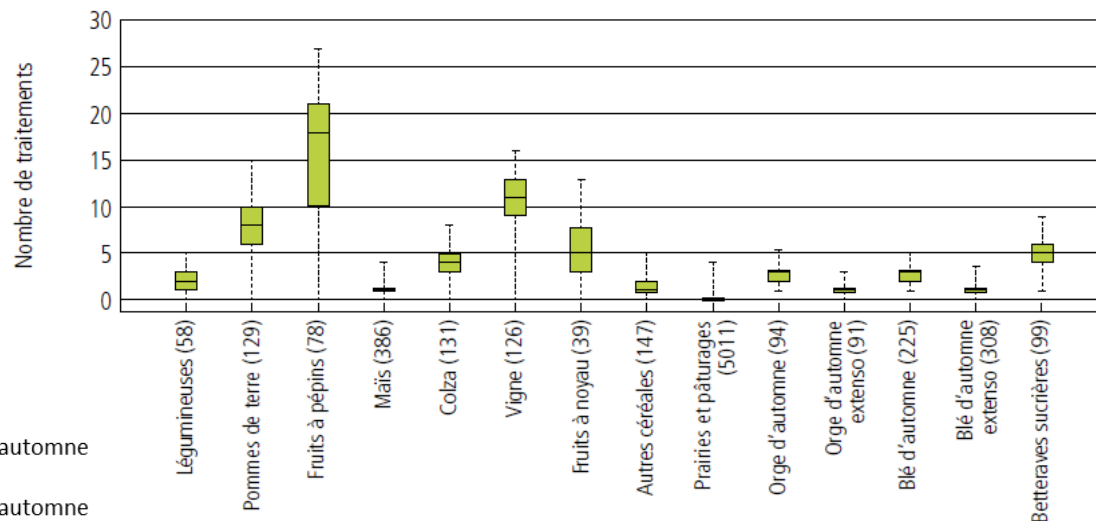
Chimie agricole

Evolution récentes de l'utilisation des produits de traitement



Sur la base de Dugon et al., 2010

Fréquences de traitement des différents groupes de cultures, 2009



OFAG, 2012
Source ACW

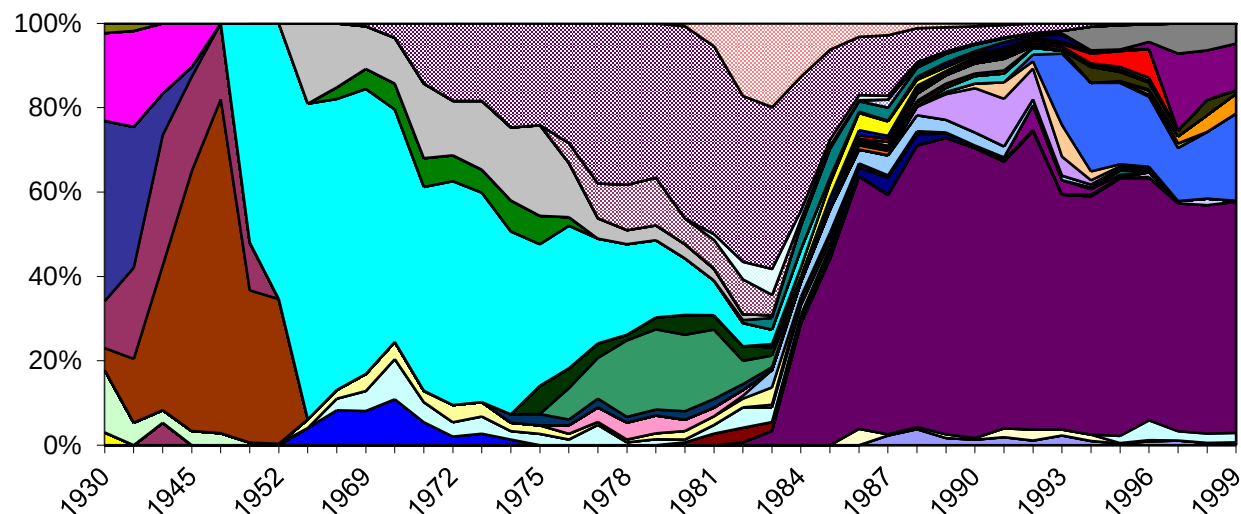


Sélection

Rendement, qualité

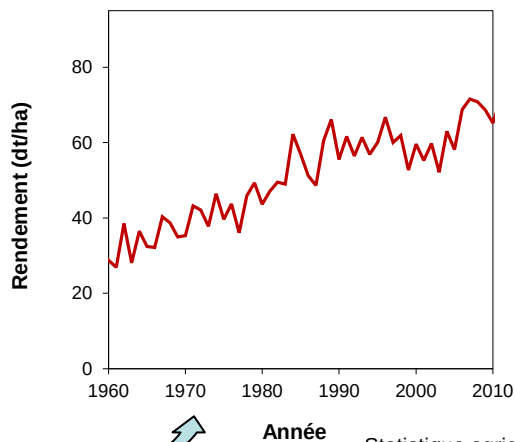
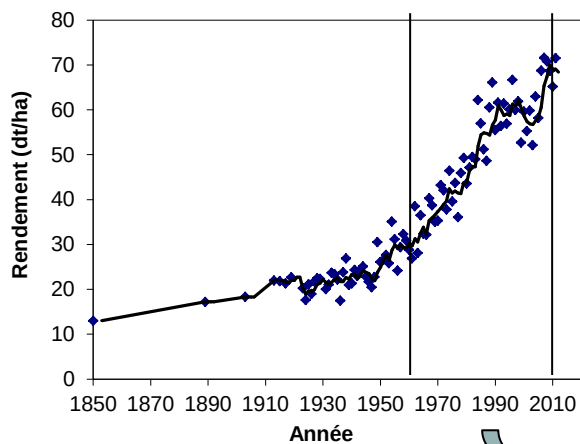
Ressources

Blé d'automne: part cultivée par variété



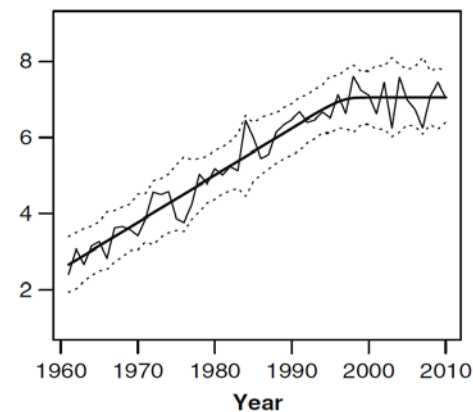
Fossati, 2014

Blé automne, rendement en Suisse (dt ha⁻¹)



Statistique agricole
Fossati, 2014

Yield in France (t ha⁻¹)



Makowski et al., 2013

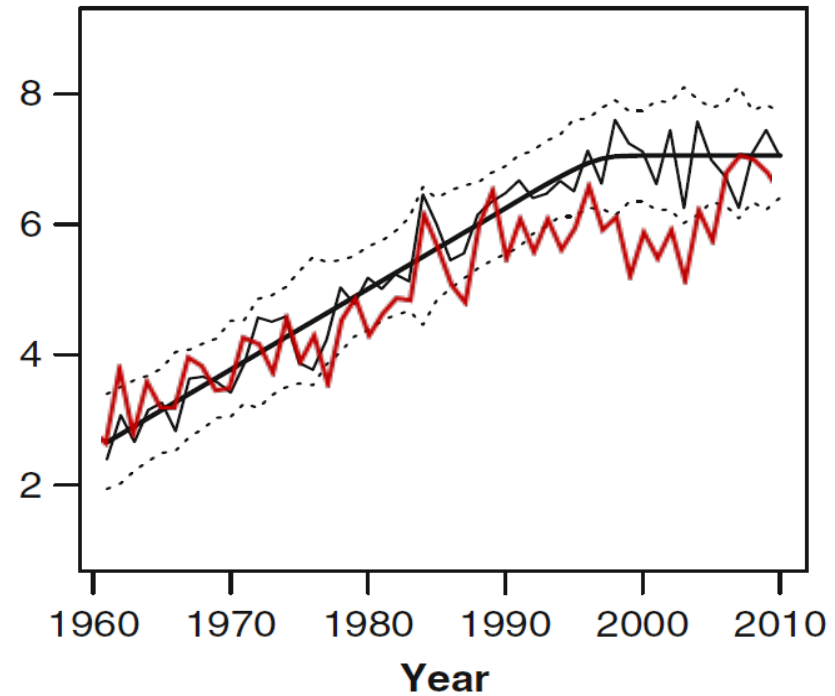


Sélection

Rendement, qualité

Ressources

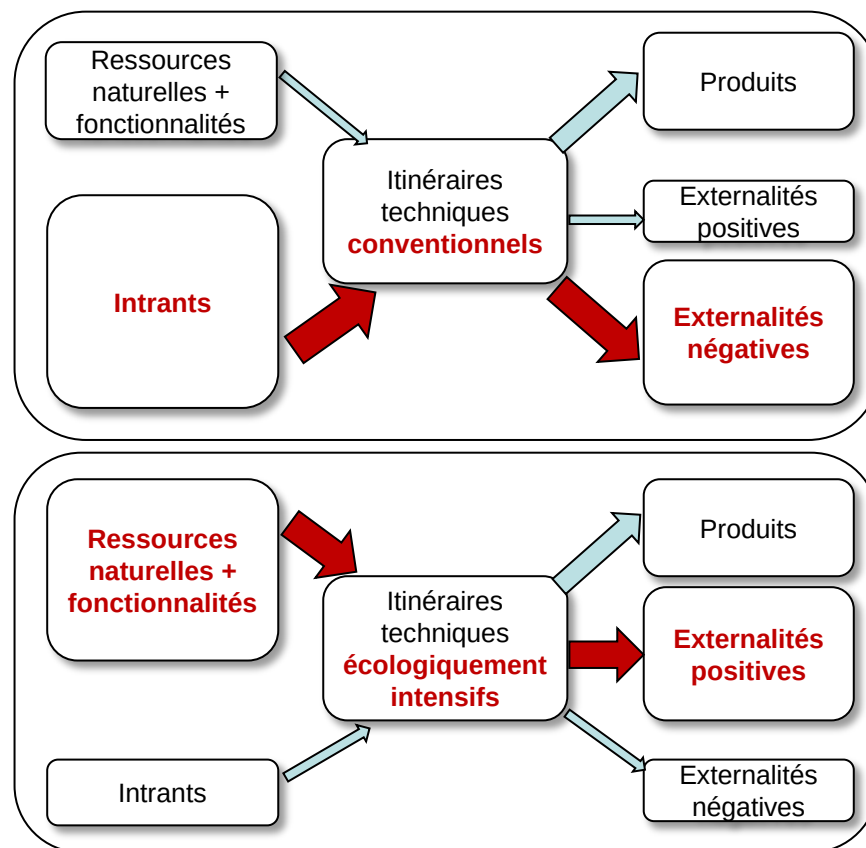
Yield in France (t ha⁻¹) et en Suisse





Ressources naturelles et fonctionnalités écologiques

fertilité du sol, structuration du sol, stabilité du sol, circulation et retenue de l'eau, humification, minéralisation, capacité des racines à sélectionner les nutriments minéraux, énergie, **cycle naturel de l'azote y compris symbiose**, cycle du carbone renouvelable, **cycle du phosphore**, photosynthèse, circulation des ions **compétition entre espèces végétales**, diversité génétique au sein des espèces, **diversité et associations d'espèces**, complexité du réseau trophique, effets des successions culturales, résistance génétique des plantes, réaction de défense des plantes



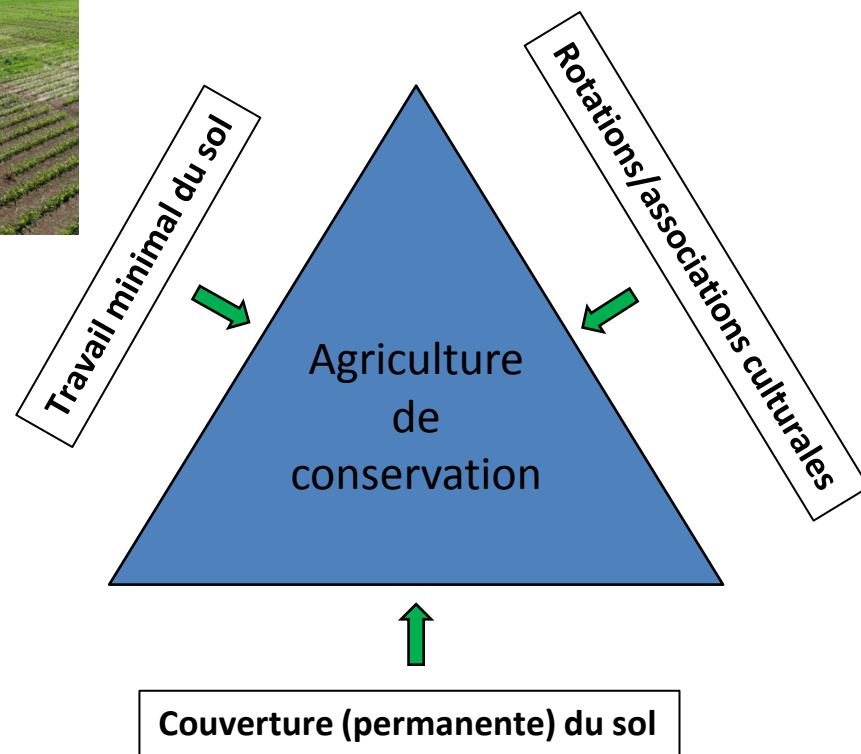
Griffon, 2013



Agriculture de conservation



Intensification écologique

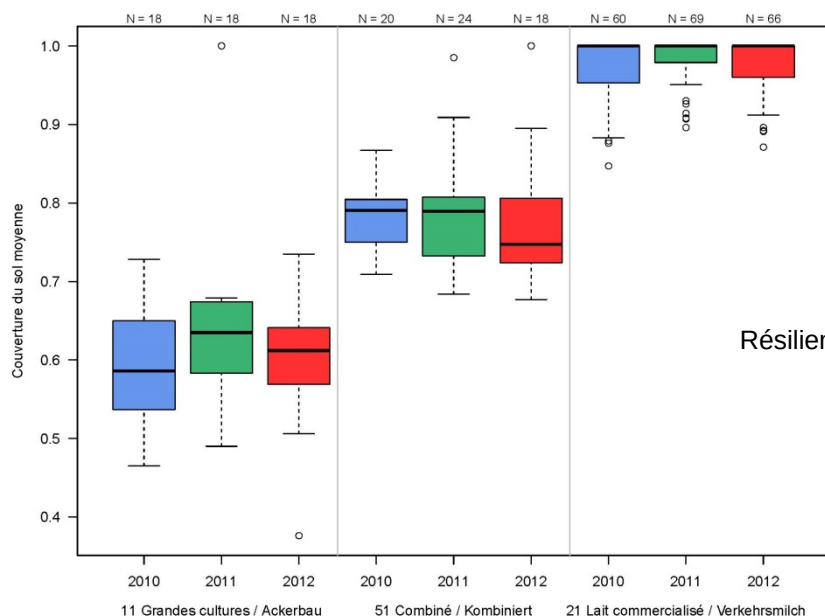




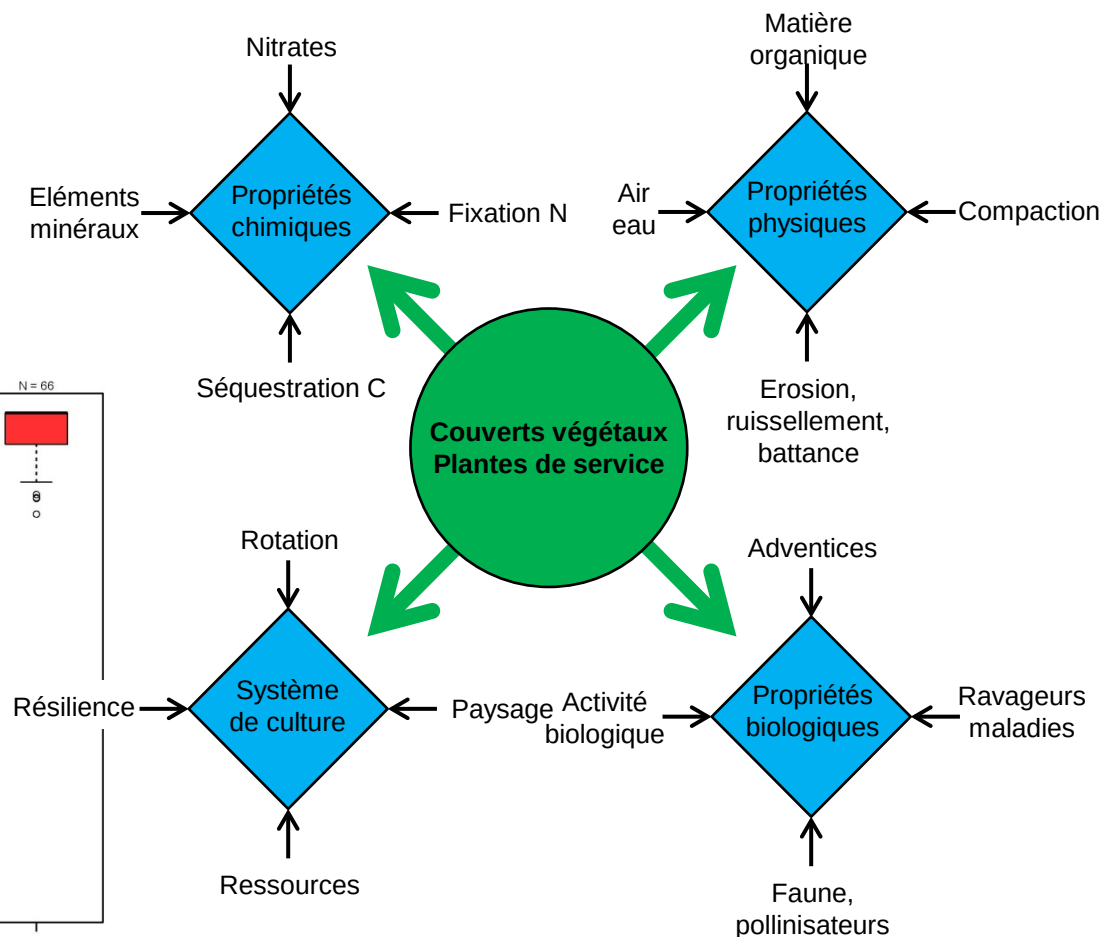
Couverture permanente du sol

Services agrosystémiques

Couverture du sol



Büchi & Charles, 2014

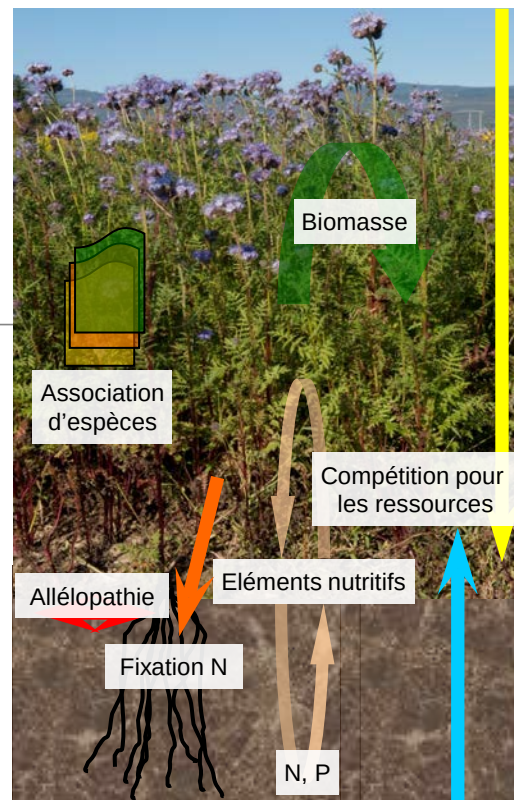
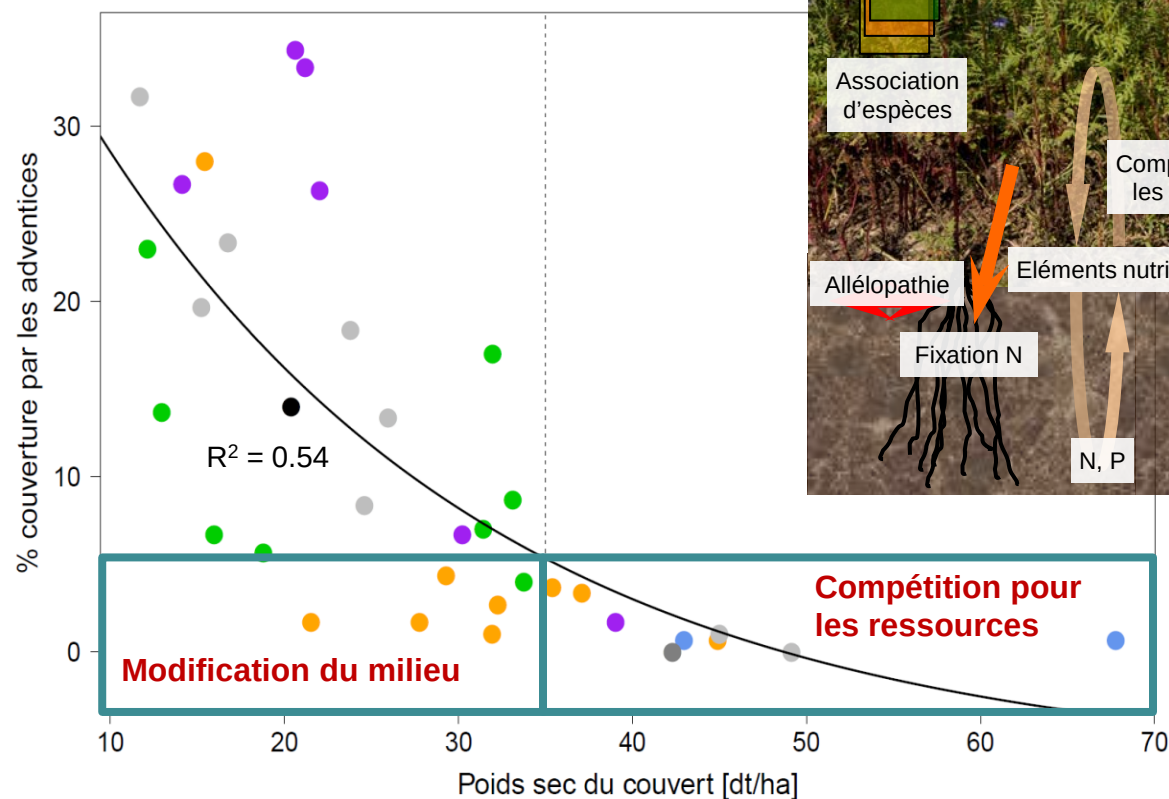




Compétition entre espèces végétales

Couverts végétaux

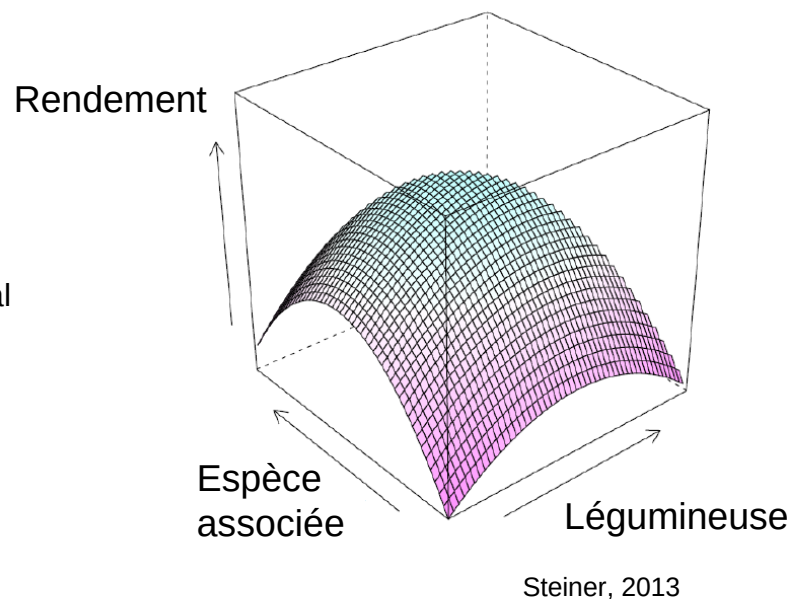
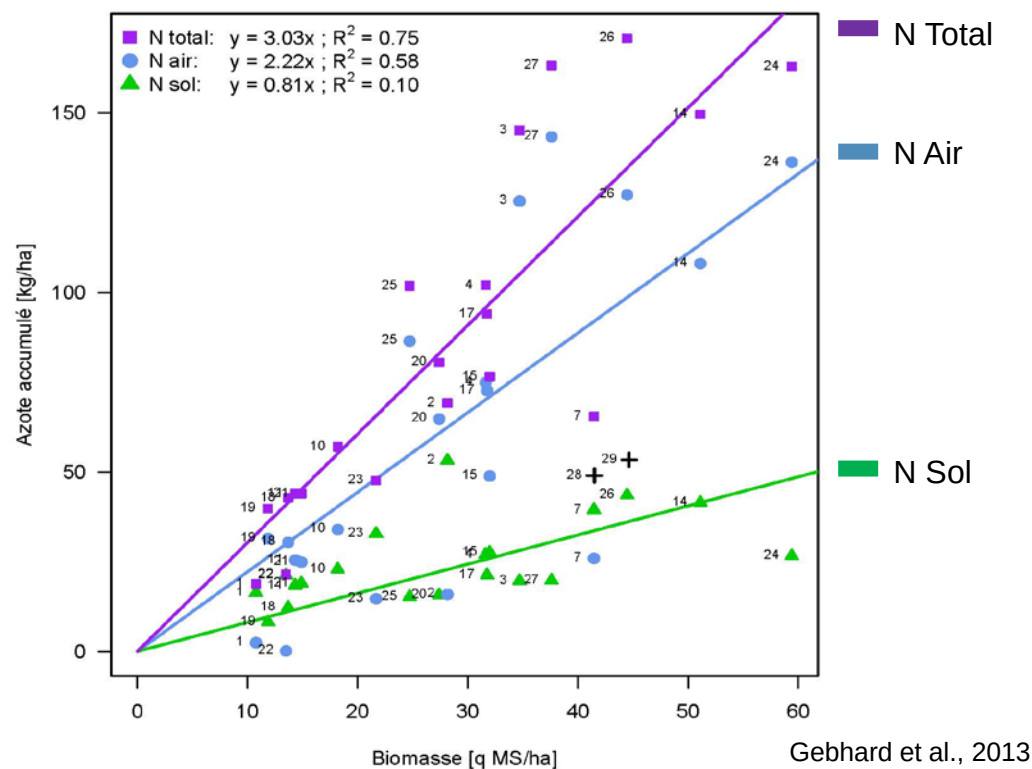
Lutte contre les adventices





Fixation de l'azote

Efficienc e et réduction d'intrants





Associations d'espèces

Efficiency et réduction d'intrants

Couverts associés

Acquis

- Réduction herbicides
- Fixation d'N par les légumineuses associées et réduction de la fumure
- Démontré dans la pratique

Recherche en cours

- Effet sur les ravageurs
- Choix des mélanges d'espèces selon services attendus
- Effets sur la culture suivante



Baux & Mugny, 2014

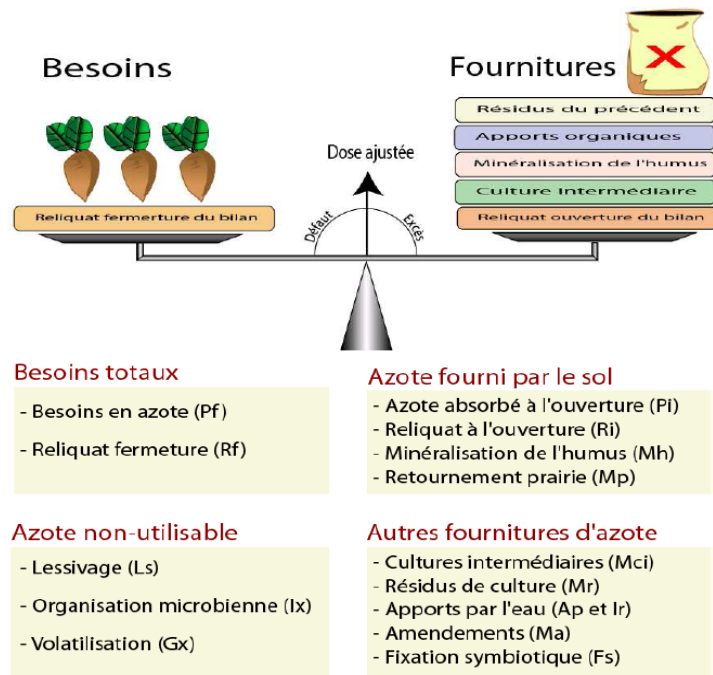




Cycle naturel de l'azote

Effizienz et réduction des intrants

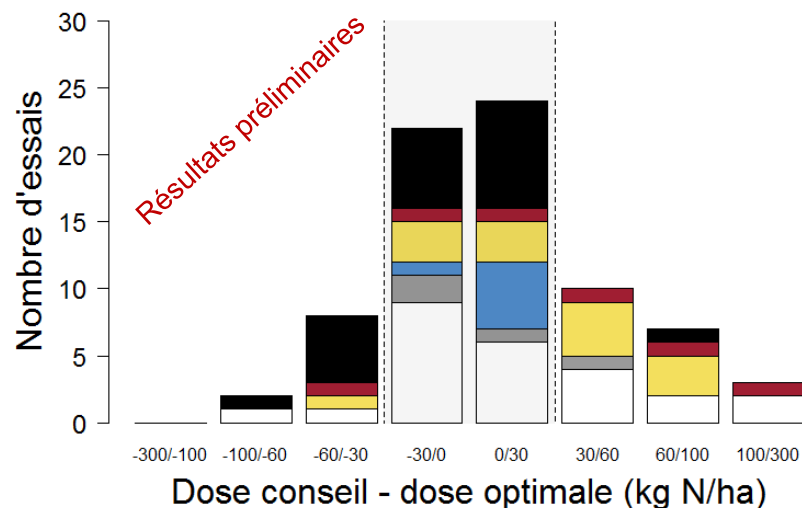
Solutions innovantes : Azofert



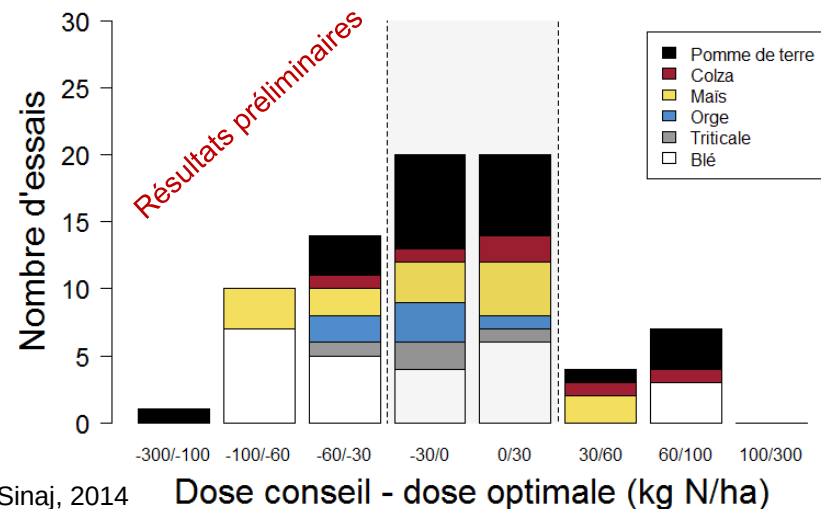
Source: Machet et al., 2008

Intensification écologique

Norme corrigée



Azofert



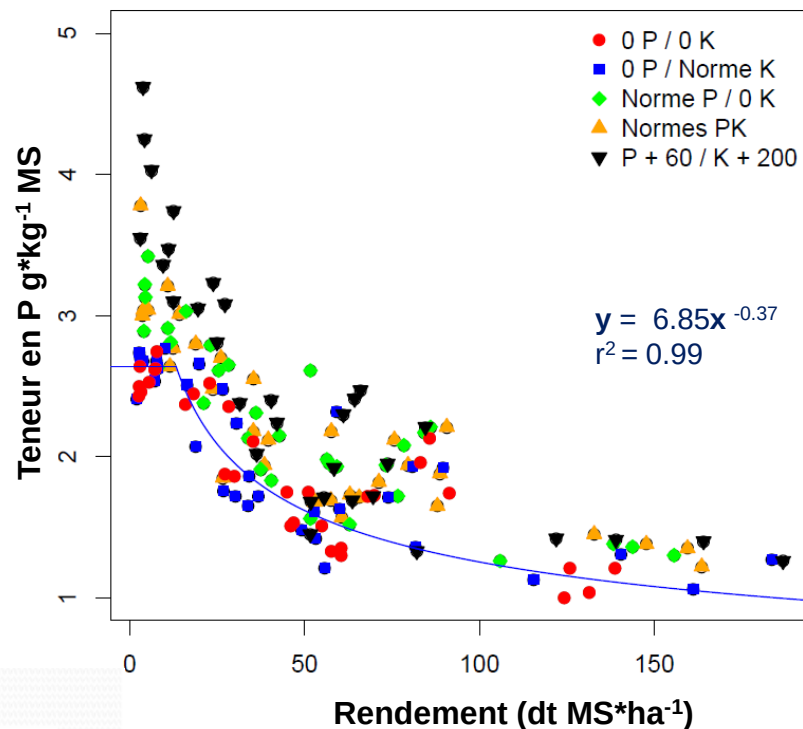
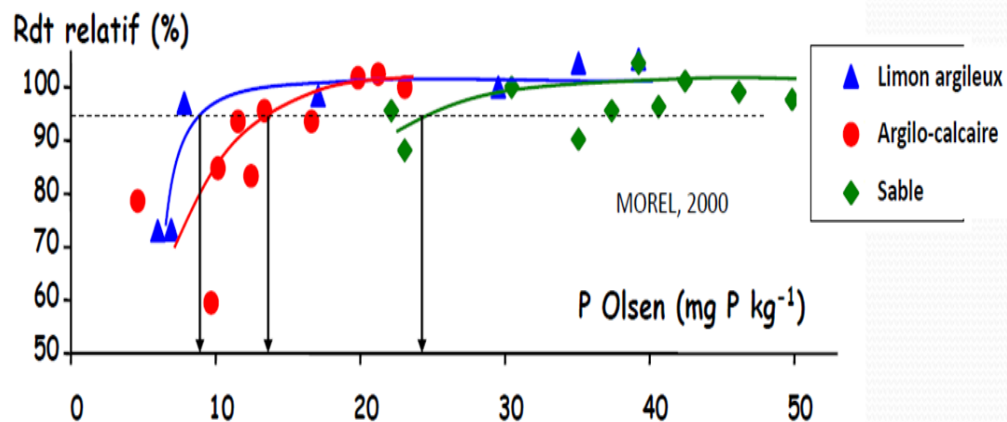
Maltas & Sinaj, 2014



Cycle du phosphore

Efficienc e et réduction des intrants

Etablir une courbe réponse par **type de sol** et par **groupe de cultures** pour définir un seuil de P critique, pour différents indicateurs de sa biodisponibilité



Cadot & Sinaj, 2014



Mobiliser les connaissances et les fonctionnalités écologiques

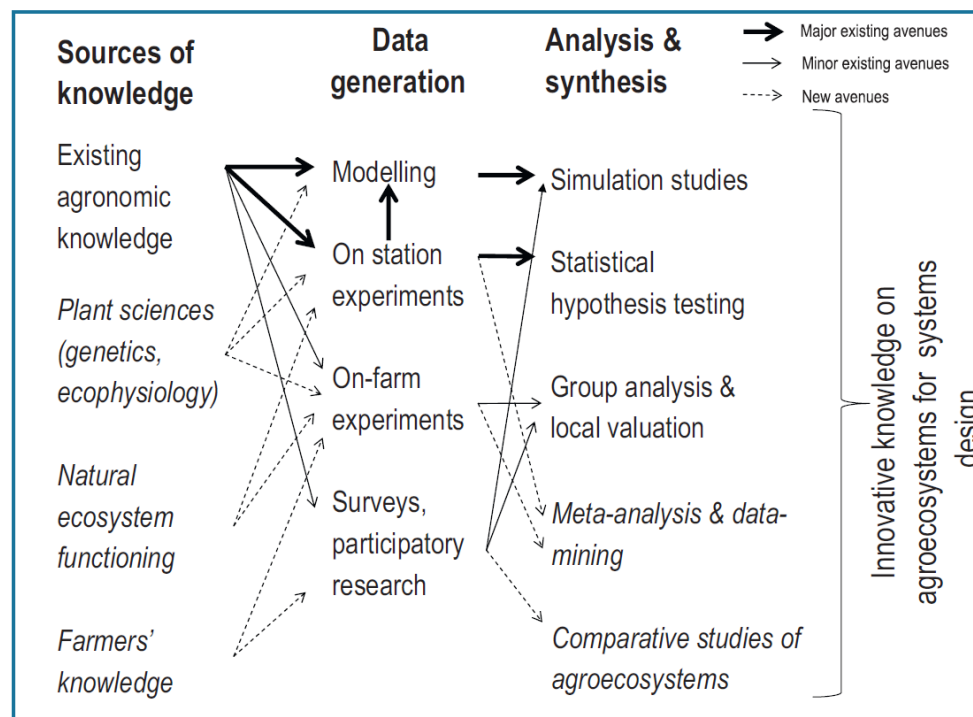


Fig. 1. Summary of new avenues of agronomic research for ecological intensification.

Sources de connaissances :

- Connaissances en sciences des plantes
- Fonctionnement des écosystèmes naturels
- Savoir des agriculteurs

Doré et al., 2011



...vers des systèmes de culture innovants

Filière du progrès technique depuis la recherche jusqu'à l'agriculteur

Amplification, intégration et optimisation des processus écologiques

Excellence par les intrants

Rentabilité proportionnelle à la connaissance par hectare

La recherche définit les innovations

Innovation partant de l'agriculteur, au centre de l'initiative

Vulgarisation comme canal de diffusion du progrès technique

Vulgarisation comme relais d'information et spécialistes de stratégie

Mise en concurrence des héritages agraires des différentes régions du monde

Tirer parti des savoirs et des savoir-faire de la paysannerie

Appréhender les systèmes locaux dans leur complexité et leur diversité

Mazoyer & Roudart, 2002

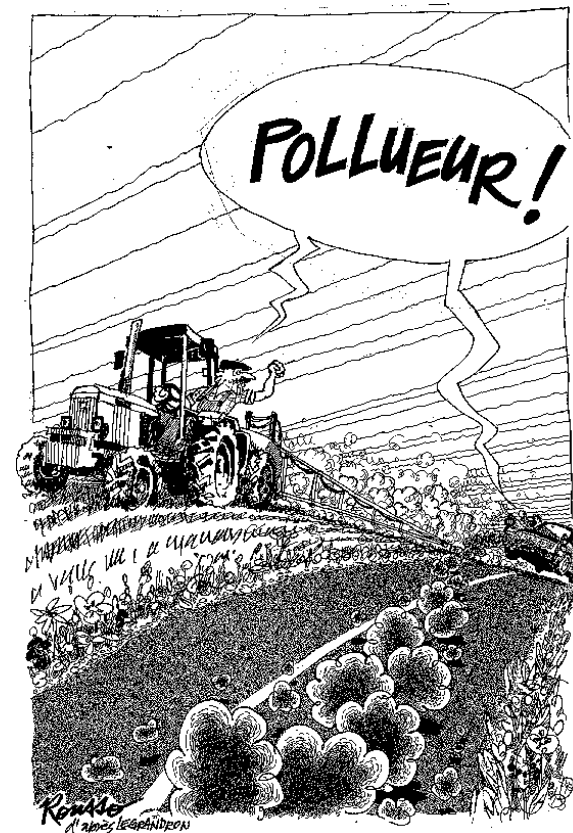
Griffon, 2013

Anonymes, 2014

«On fait plus labour mais on sème toujours»



Merci de votre attention



Agroscope une bonne alimentation, un environnement sain