Réunion de la section 1 de l'Académie d'Agriculture de France
15 janvier 2014– Académie d'Agriculture de France

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

Agroécologie et gestion des contaminants naturels de l'aliment: comment surmonter les paradoxes!

Marc DELOS
Correspondant National AAF section 1
Ingénieur Agronome (IPEF)
Expert Grandes cultures et biotechnologies végétales pour la DGAL

Agroécologie ?

1 - historique, celle des agronomes de terrain:
Définition de l'INRA ou du CIRAD -> modèles où son adoption permet un système durable -> 3 sens du terme: environnemental, social et économique et source de devises pour le pays:

"Combinaison de plusieurs pratiques agricoles telles que l'utilisation de mulch et l'absence de travail du sol, les associations culturales, la protection intégrée des cultures sont ainsi reconnues aujourd'hui par certains praticiens comme des « pratiques agroécologiques » (Agrisud, 2010) **"**

Définition correspondant aux travaux du Cirad au Brésil.
Lucien Séguy qui lui même s'inspirait des travaux américains sur la gestion de l'érosion USDA suite aux 3 « Dust bowl » des années 30 : abandon du labour et travail du sol limité – couverture par les résidus de culture -> herbicides foliaires -> compétition des adventices jusqu' à l'avènement des plantes HT glyphosate.

Agroécologie ?

2- Issue de l'extrapolation de la première définition aux "pays du sud", de Miguel Altieri fin des années 80 - début des années 90 -> Celle à laquelle fait référence Pierre Rabhi.

« **L'agroécologie est la science de la gestion des ressources naturelles au bénéfice des plus démunis confrontés à un <u>environnement défavorable</u>. Cette science, de nature biophysique au sens large, porte ainsi sur l'accumulation de connaissances sur les fonctionnements des écosystèmes (cultivés). Elle conduit à la conception, à la création et à l'adaptation sous la forme participative de systèmes de culture complexes productifs et par suite attractifs malgré un <u>milieu défavorable</u> et malgré un <u>recours très faible aux intrants</u>** ».

Définition surtout pour des pays où le revenu ne dépasse pas 2 € par jour et par travailleur.

D'après Stéphane Bellon et Guillaume Ollivier « l'agroécologie en France : l'institutionnalisation d'utopies » in « L'agroécologie en Argentine et en France: Regards croisés » paru aux éditions L'Harmattan en 2012

Tableau 1 : Récapitulatif des principales versions de l'agroécologie

	Altieri	Rabhi	CIRAD	INRA
Définition	Analyse des agroécosystèmes, pour concevoir des systèmes agricoles durables	Au-delà de la pratique agricole, une éthique de la vie	SCV ; protection intégrée des cultures	Une interdiscipline agronomie/écologie
Position sociale	Reconnaissance en cours	Marginale	Mainstream	Mainstream
Fondements conceptuel	Ecologie Protection des cultures	Biodynamie, Humanisme, Ecologie	Intensification Ecologique	Services écosystémiques
Inspiration pratique	Agricultures traditionnelles	Agricultures traditionnelles	Grande culture	Agriculture intensive
Modèle économiqu e soutenu	Petite agriculture	Petite agriculture	Tous	Tous
Ethique	Réduction des inégalités sociales	Affirmée, humaniste et écocentrée	Implicite et technocentrée	Technocentrée
Objet central	Agroécosystème	Terre	Sol et couvert, bioagression	Interactions biotiques
Pesticides	Possible, minoritaires	Non	Oui	Oui
OGM	Non (Altieri, 2000, 2003)	Non	Oui	Oui
Liens à l'AB	Complexe	Fort	Non	Faible

DIRECTIVE 2009/128/EC sur l'utilisation durable des pesticides

- rotation de cultures;
- utilisation de techniques de culture appropriées

  faux semis ,

  dates et densités des semis,

  semis sous couvert ,

  "pratique aratoire "conservative " / semis direct;
- cultivars résistants/tolérants et de semences certifiées
- Equilibre de la fertilisation, du chaulage - irrigation/ drainage;
- la prévention / organismes nuisibles par des mesures d'hygiène (nettoyage machines, équipement, silos);
- protection des organismes utiles (plantes support / trames vertes infrastructures écologiques intérieur et l'extérieur des parcelles

Agroécologie selon la définition du Ministre de l'Agriculture

- Conservation des sols
- Autonomie fourragère
- Diversification des assolements
- Combinaison des productions : agro-sylvo-pastoralisme
- Réduction de la quantité d'eau utilisée
- Réduction des intrants : produits phytosanitaires, engrais, médicaments vétérinaires et antibiotiques
- Économie d'énergie et notamment réduction de la consommation de carburant
- Production d'énergie en valorisant la biomasse

Agroécologie selon la définition du Ministre de l'Agriculture

Libre interprétation de l'expert

- Conservation des sols
- Autonomie fourragère (quantité dont maïs fourrage – Tourteaux au même titre que protéagineux et si protéagineux soja.
- Diversification des assolements
- Combinaison des productions : agro-sylvo-pastoralisme – dans le cadre de la diversité des productions – zones de piémont ou terres à potentiel limité.
- Réduction de la quantité d'eau utilisée – Le terme optimisation serait plus approprié -> Réduction doit renvoyer vers de l'eau pompée dans les rivières en période d'étiage ou les nappes mal rechargées.
- Réduction des intrants : produits phytosanitaires, engrais, médicaments vétérinaires et antibiotiques -> Evolutions concomitantes.
- Économie d'énergie et notamment réduction de la consommation de carburant -> qui de fait sont bien plus préoccupants que les pesticides sur le plan santé.
- Production d'énergie en valorisant la biomasse -> permet de réduire la pollution par les nitrates et phosphates mais aussi bactérienne des cours d'eau.

Quelques paradoxes

Rotation de cultures: méthode polyvalente sur de nombreux bioagresseurs mais
Conséquences économiques maïs= 350€ /ha en production de grain si cours =150 €/t
Conséquences sanitaires : la rotation Maïs / Blé principale cause de contamination par les mycotoxines fusarienes sur blé.

Cultivars résistants/tolérants : Risque de perte d'autres caractères de résistance à des stress abiotiques ou qualité technologique / Tolérance – la variété multirésistante durable est un mythe.

Faux semis : Le 4ème plan d'action nitrates avec CIPAN à destruction tardive dans toutes les zones vulnérables, dès 2009 + temps de travail – bilan carbone
Dates de semis plus tardives : temps des chantiers / périodes plus pluvieuses en nov-déc, impact sur les fusarioses de l'épi (semis tardifs plus favorables/ maturité périthèces)

Densités des semis: fortes densité / concurrencer les adventices

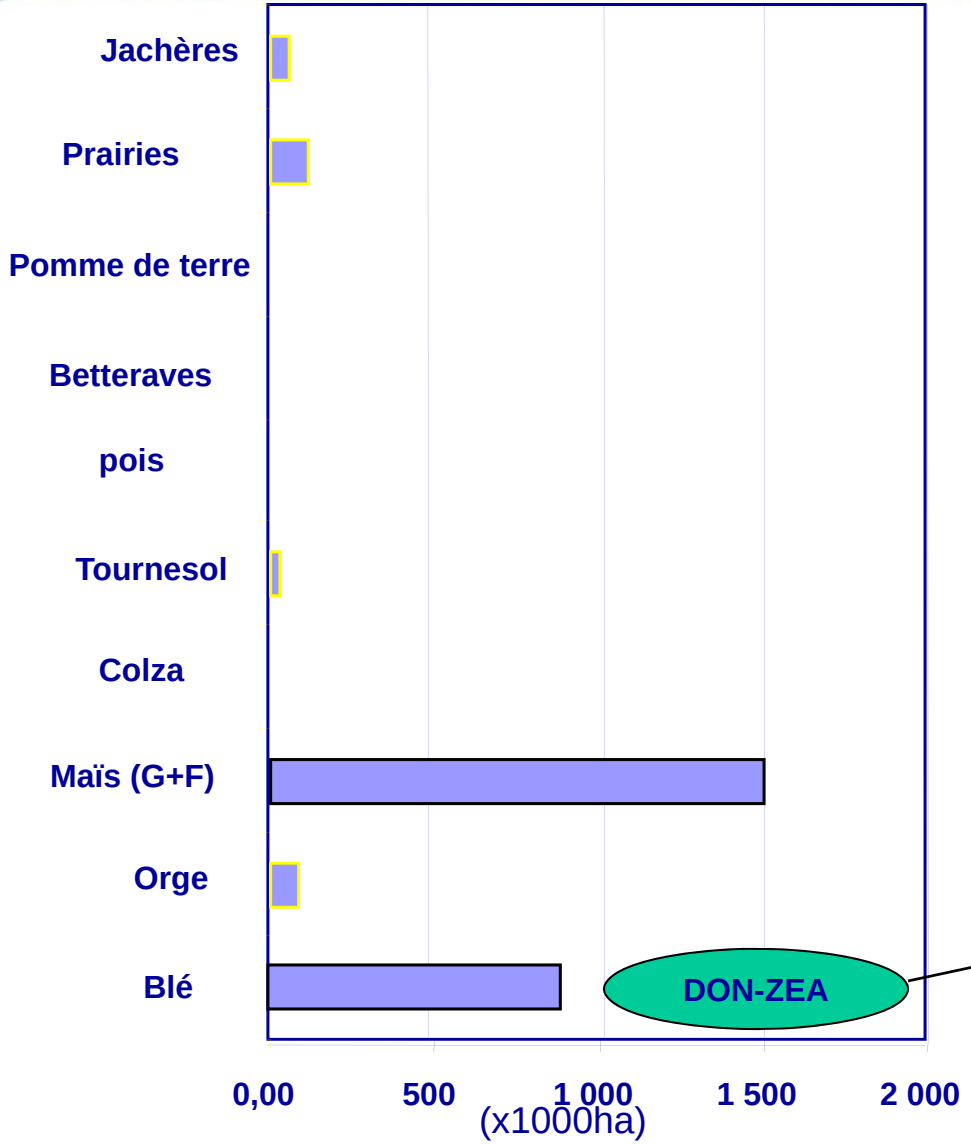
antagonisme des densité réduites pour le contrôle des maladies

antagoniste pour la gestion du stress hydrique sous contrainte d'irrigation limitée -> sur maïs impact fumonisines et aflatoxines.

Pratique aratoire : effet sur l'érosion et sur la biodiversité des sols -> Axe majeur durabilité des sols

Biodiversité notamment les vers de terre avec un taux de réduction d'un facteur 5 à 10

Agroécologie et rotation des cultures



Culture succédant au maïs en France:

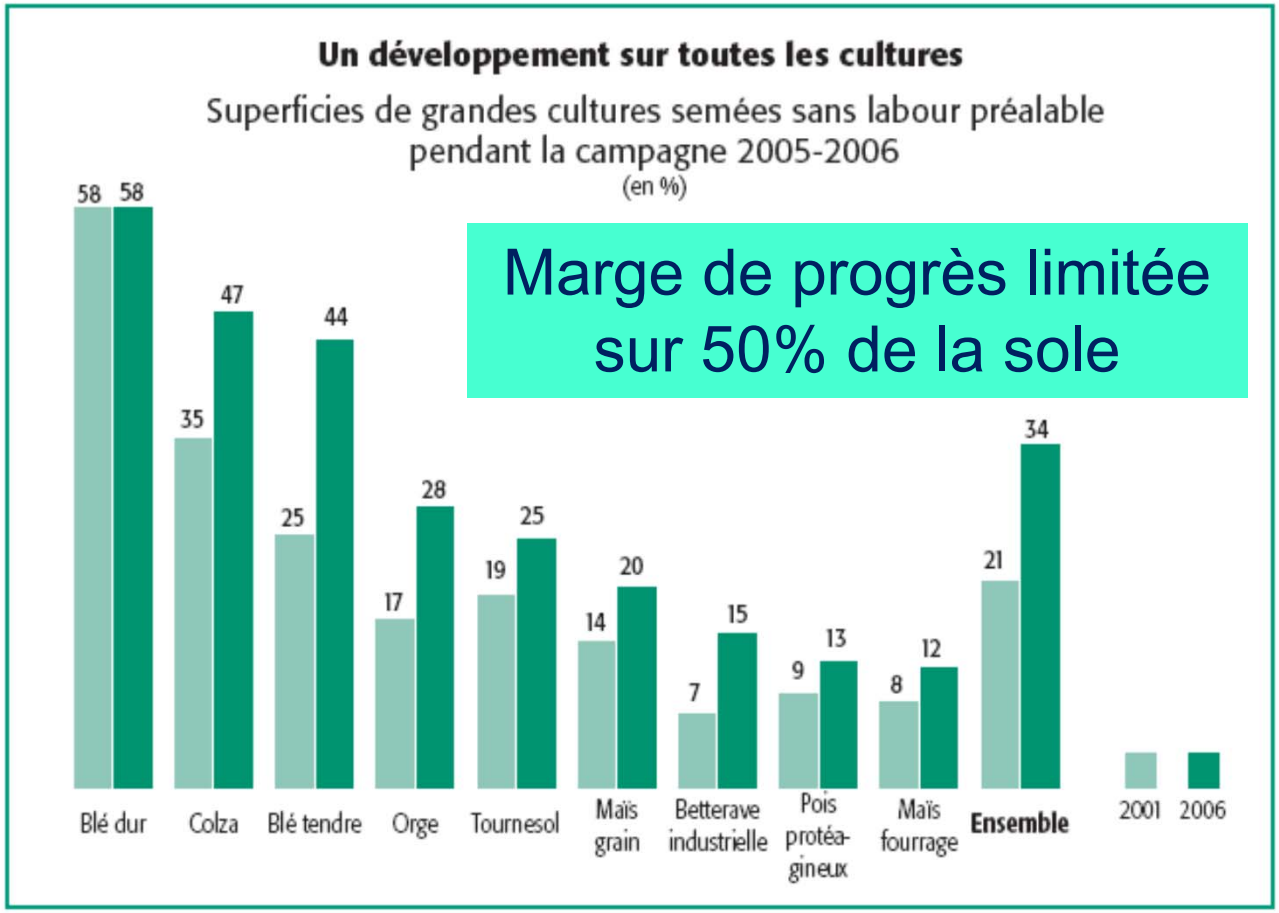
Risque de contamination DON

ANSES EAT2 2011

DON La contamination est plus problématique que celle des residus de pesticides dans l'alimentation des français

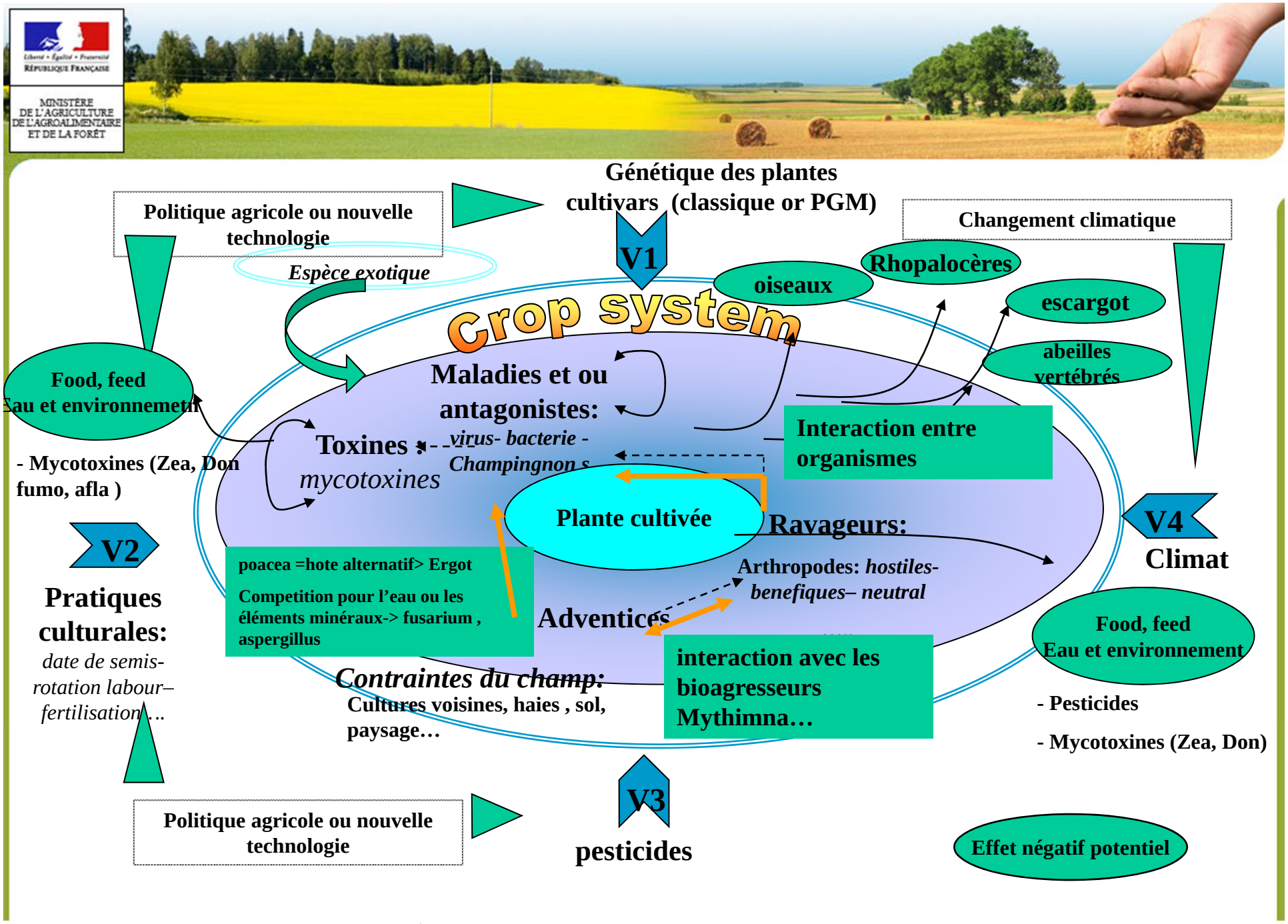
http://www.anses.fr/index.htm

Agroécologie et conservation du sol



Marge de progrès limitée sur 50% de la sole

Source : Agreste - Enquêtes sur les pratiques culturales 2001 et 2006


Génétique des plantes
cultivars (classique or PGM)
Politique agricole ou nouvelle technologie
Espèce exotique
V1
Changement climatique
Rhopalocères
oiseaux
escargot
abeilles
vertébrés
Crop system
Food, feed
Eau et environnement
Maladies et ou antagonistes:
virus- bacterie - Champingnon s
Toxines :
mycotoxines
- Mycotoxines (Zea, Don fumo, afla)
Interaction entre organismes
Plante cultivée
Ravageurs:
Arthropodes: hostiles- benefiques– neutral
V4
Climat
V2
Pratiques culturales:
date de semis- rotation labour– fertilisation…
poacea =hote alternatif> Ergot
Competition pour l'eau ou les éléments minéraux-> fusarium , aspergillus
Adventices
Contraintes du champ:
Cultures voisines, haies , sol, paysage…
interaction avec les bioagresseurs Mythimna…
Food, feed
Eau et environnement
- Pesticides
- Mycotoxines (Zea, Don)
Politique agricole ou nouvelle technologie
V3
pesticides
Effet négatif potentiel

Agroécologie et Traitements aériens sur maïs

Hélicoptère : 30 à 50 litres/h d'essence type sans plomb à très fort taux d'octane avgas (plomb tetraéthyle à hauteur de 0,1 à 1/1 000) pour un petit hélicoptère à piston et plus de 100 litre/h de kérosène à 20% d'aromatiques en volume proche du diesel (Jet-1A) pour les hélicoptères à turbine . 30 à 50 ha / h -> 1 litre de carburant cancérigène brulé /ha

Enjambeur : Compter 10 ha/h vitesse de traitement instantanée pour un engin dédié au traitement , mais vitesse qui sera modifiée en fonction de la distance entre parcelles. Consommation de diesel agricole supérieure à celle de l'hélicoptère.

A rapporter au 0.125 litre de coragen /ha insecticide épandus (25 g sa /ha) dans une formulation huileuses en UBV.

Le ratio dangerosité de la combustion du carburant / dangerosité de l'insecticide épandu dans l'analyse des conséquences de l'opération d'épandage aérien est susceptible de rendre compte d'un risque lié au carburant bien plus qu'au produit épandu - classement cancérigène certain des microparticules issues de la combustion du diesel ou aux risques liés au plomb interdit depuis plus de 10 ans pour l'automobile.

Agroécologie et Traitements des semences du maïs

Très faible toxicité pour les vertébrés et la plupart des organismes de l'environnement.

Très efficaces coléoptères taupin du maïs, partiellement Diabrotica, diverses mouches, les insectes piqueurs des feuilles

Les propriétés systémiques (passent dans la sève de la plante) en font des outils de traitement de semences très efficaces.

Remplacement des organochlorés: lindane, de nombreux carbamates et des organophosphorés + dangereux pour l'utilisateur et l'environnement.

Les doses d'insecticides appliquées réduites d'un facteur compris entre 10 et 20 .

Le Cruiser 350 sur maïs, c'est 64 grammes d'insecticide appliqués sur un ha soit 110 000 graines pour une protection de longue durée.

Interdiction remet en question les semis de mars – avril -> augmente l'irrigation et les risques foreurs de l'épi donc la nécessité des traitements des foreurs de l'épi en août, traitements impossibles sur maïs grain voire ensilage du fait des très fortes restrictions sur les traitements aériens du maïs.

Gestion de réalités sociétales versus gestion de réalités techniques mais aussi sanitaires

Réglementation labour

Règlementation OGM Bt

Cultivars résistants aux foreurs (Bt –dimboa…)

V1

Système cultural

Fumonisines, DON, ZEA, T2-HT2, aflatoxines Dans la récolte

Fusarium verticiloides

Fusarium T2-HT2 producers

Fusarium graminearum

Aspergillus

Toxines : *mycotoxines*

Fin d'été humide

V2

Helicoverpa armigera

V4

Resistance au sec et au vent

Stress hydrique

maïs

Dommage économique

Ostrinia nubilalis ECB

Sesamia nonagroides

Été sec et chaud

Pratiques culturales

dates de semis

Date de récolte DON et ZEA

Rotation

Labour pour la gestion des résidus de culture

Adventices

Contraintes au champ:

Cultures voisines , altitude , paysage…

Réduit le rendement

V3

Ai autorisés : insecticides au semis -> date de semis

En végétation : produits, doses, dates, moyens d'application (traitements aériens)

Insecticides pulvérisés

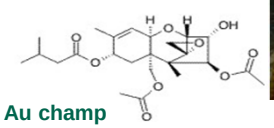
Trichrograma maïdis

abeilles

Contamination de l'eau

Mycotoxines et alcaloïdes : des dangers et des risques sanitaires encore très sous estimés

Deoxynivalenol
(Fusarium spp)



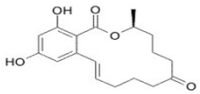
Au champ
Blé et céréales à pailles .
Maïs , sorgho, riz. Le grain et **l'ensilage** sont concernés.

Aggravation lorsque mal entreposé

Immunomodulateur
-> réduit l'immunité des animaux notamment vaches laitières performantes

En 2012 plus forte occurrence dans les blés récoltés. Effet du climat malgré les choix variétaux et les fongicides .

Zearalenone
(Fusarium spp)



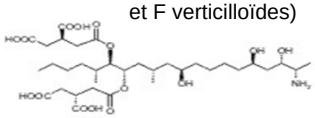
Au champ
Blé et céréales à pailles .
Maïs , sorgho, riz. Le grain et **l'ensilage** sont concernés.

Aggravation lorsque mal entreposé

Perturbe la fertilité et perturbateur endocrinien majeur -> réduit et perturbe la fécondité des animaux.

En 2012 plus forte occurrence dans les blés récoltés. Effet du climat malgré les choix variétaux et les fongicides.

Fumonisine B1
(Fusarium proliferatum et F verticilloïdes)



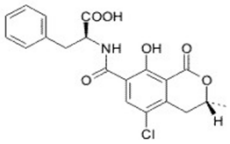
Au champ
Maïs , sorgho, riz. Le grain et **l'ensilage** sont concernés.

Aggravation lorsque mal entreposé

Classé cancérigène 2 B + différents effets sur la physiologie suivant les espèces animales.

En 2012, bien maitrisé avec des dégâts de pyrale limités par le climat et par les interventions insecticides précoces ou l'utilisation de trichogrammes (1/4 des surfaces).
L'irrigation au stade floraison et les semis précoces réduisent le risque.

Ochratoxine A
(Penicilium spp et Aspergillus spp)



Essentiellement au silo

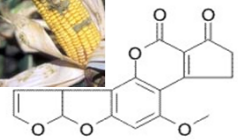
Blé et céréales à pailles
Maïs , sorgho, riz.

Grains oléagineux entreposés.

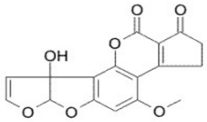
Classé cancérigène 2 B + différents effets sur la physiologie suivant les espèces animales.

Bien maitrisé comme les aflatoxines par les conditions de stockage au silo en France dont l'usage raisonné des insecticides sur les denrées stockées

Aflatoxine B1
(Aspergillus flavus et A parasiticus)



Aflatoxine M1 dans le lait si Aflatoxine B1 dans les « feeds »



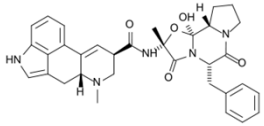
Au champ : Maïs , sorgho, riz. L'ensilage est concerné via le grain.

Au stockage: Céréales , Grains et produits oléagineux ou tourteaux

Classé cancérigène 1+ différents effets sur la physiologie suivant les espèces animales , réduction de l'immunité ….
Pas de présence notable en France grâce à une bonne alimentation hydrique du maïs au stade floraison et des semis précoces.

En 2012, Pb **majeur** sur le maïs en Italie , USA, ensemble des pays d'Europe de l'est et de Russie suite à une sécheresse sévère et des cultures en sec .
Contamination significative du lait en Allemagne, Espagne, Italie …
sauf en France

Alcaloïdes de l'ergot du seigle
: ergométrine, **l'ergotamine,** l'ergosine, l'ergocristine, l'ergocryptine et l'ergocornine et leurs dérivés -inines,



Sur blé - Sur vulpin

Au champ avec l e grain: Seigle, triticale, Blé, orge et toutes graminées fourragères et adventices.

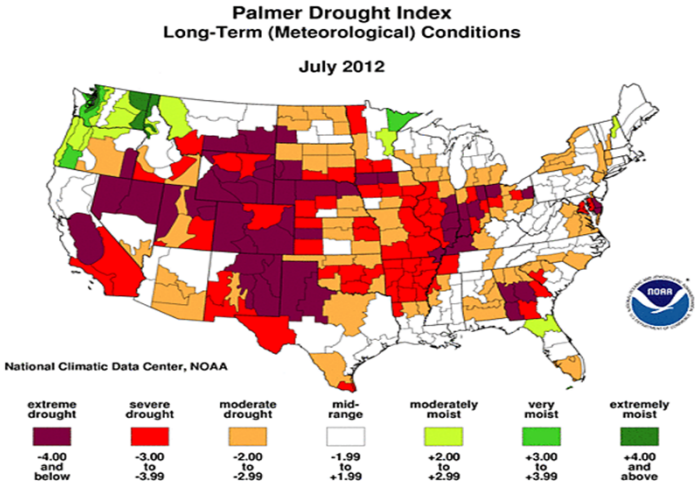
Circulation sanguine et symptômes nerveux., gangrène et mort des animaux exposés

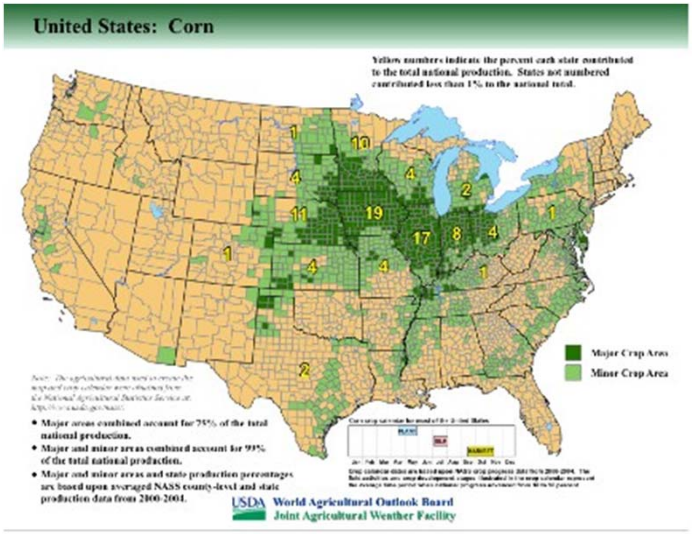
En 2012 plus forte occurrence dans les seigle, triticales, orges et blés récoltés suite au printemps pluvieux +les prairies fauchées après floraison - moindre occurrence dans les céréales bien désherbées.

Grâce aux outils dont ils disposent , agriculteurs et OS maintiennent cet ensemble (non limitatif) de substances naturelles sous les normes en vigueur (principe ALARA donc tolérances élevées)

Crédit photos: Emeric Courbet (ergot et blé) , anonyme (Aspergillus) , M Délos (**fusarium sur maïs) – Synthèse :** Marc Délos **.**

Situation de la contamination par les aflatoxines aux USA en 2012





The summer of 2012 was one for the books! Record-breaking high temperatures in much of the Corn Belt and the Western Plains coupled with intense drought had a detrimental impact on the corn crop harvested late in the summer and into the fall. The extended dry heat spell — especially the lack of night-time temperature drops — created the perfect breeding ground for mold, leading to the most widespread outbreak of aflatoxin in recent history.

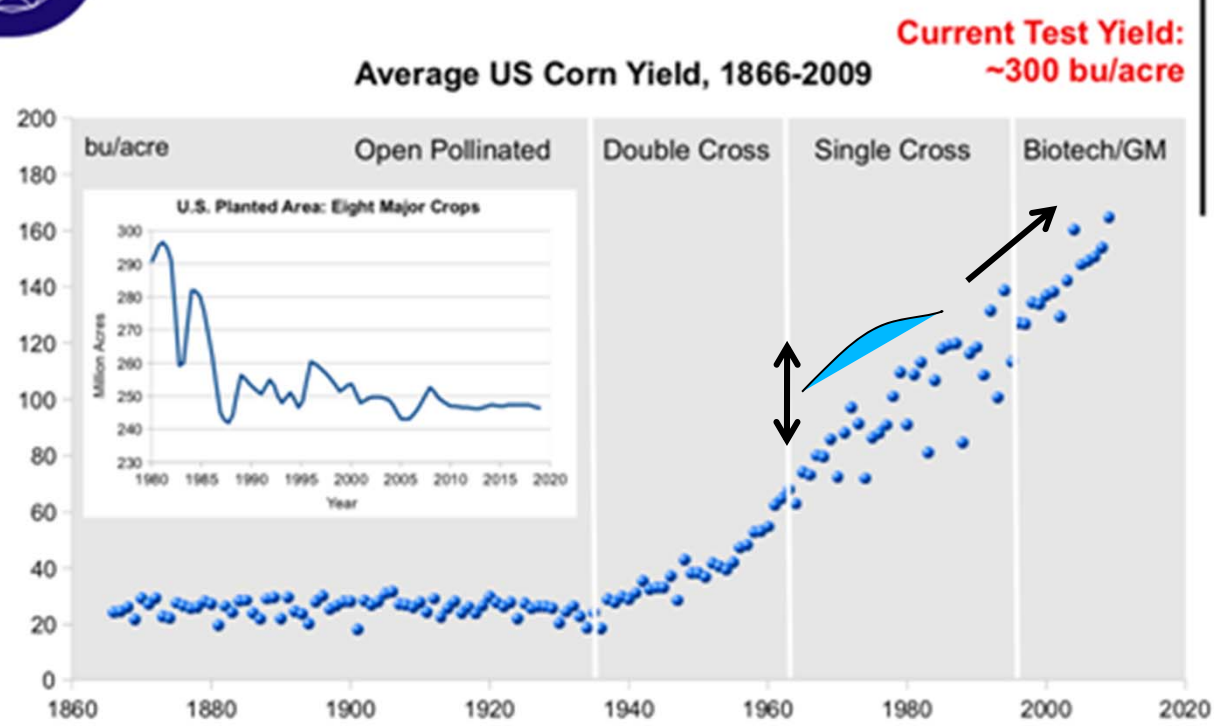
USGC research found that 14.1% of corn samples from the 2012 crop contained aflatoxin levels above those permitted by US food safety regulations, compared with 2.1% the year before.

Gestion des aflatoxines aux USA

- **L'apport d'eau** pour éviter le stress hydrique, pluie ou irrigation.
- **Des génétiques à sensibilité réduite au développement des Aspergillus sur l'épi / morphologie de l'épi et épaisseur de la cuticule .**
- **Des pratiques culturales simplifiées** qui évitent de travailler le sol avant et pendant la culture, exclut le labour ou des façons superficielles dans les mois qui précèdent les semis. **Exclut les techniques de désherbage mécanique**.

- La lutte contre tous les facteurs qui privent la plante de sa capacité à puiser les éléments minéraux et l'eau dans le sol :
  - Réduction autant que possible de la **concurrence des adventices** pour l'eau et les éléments minéraux, Culture tolérantes herbicides.
  - Densités de plantes de maïs non excessives - concurrence intraspécifique.
  - S**emis précoces** : échapper autant que possible au stress hydrique et aux fortes températures. semis précoces = bonne maitrise *Diabrotica virgifera*.
  - **Lutte contre les insectes lépidoptères foreurs** de l'épi qui sont des vecteurs de spores d'Aspergillus, altèrent les grains / tige ->augmentent le stress hydrique de la plante.
  - **Promotion de l'utilisation d'une spécialité de lutte biologique s'appuyant sur des souches non toxinogènes d'A flavus** pour concurrencer les souches toxinogènes. Cette stratégie n'a pas fonctionné en 2012

Average US Corn Yields: No End in Sight



Sources: USDA-NASS; Troyer, *Crop Science* 46.2 (2006): 528; Pioneer (Rupert and Butzen, Crop Sci, 19(2))

© 2010 Biodesic

Gérer la durabilité du système (phénomènes de résistance – paradoxes)

« Surprendre » les organismes nuisibles

- complexifier les systèmes de culture

Les systèmes de culture sont raisonnés – intégrés ou biologiques

Tout système actuel est partiellement intégré (variétés à minima, rotation et travail du sol dans la plupart des cas, faux semis de plus en plus) – système plus ou moins intégré

Complexifier = Diversifier tous azimuts

Diversifier : Agronomique, Génétique(soupçon d'OGM) <u>et</u> Chimique

Réunion de la section 1 de l'Académie d'Agriculture de France
06 février 2013– Académie d'Agriculture de France

2012

The end of THE wold:
Certainly not

The end of A wold:
Perhaps

A world of limited ressources :
certainly

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

Agroécologie

The end of sustainable <u>and</u> profitable crops in EU:
Certainly not

The end of A way to grow crops:
Perhaps

A world of limited options :
certainly

But crops contributes to solve A world with limited ressources.
Sustainability for crop culture is the key.
We have to share it

Dialogue Profession agricole <-> Recherche dans un contexte durable **nouveau**
-Enjeu agricole ou biomasse durable
-Enjeu énergétique durable
-Enjeu numérique pour que les deux premiers enjeux soient durables

Merci pour votre attention

« La nature est toujours en évolution,
donc toujours en déséquilibre.
**Sauver un équilibre est un concept politique,
ce n'est pas un concept savant** »

Michel Serre (2006)

**« L'opinion publique préfère toujours un
mensonge simple à une vérité complexe »**

A de Tocqueville

Merci pour votre attention

Example of possible interactions weeds pests fungusClaviceps then Alcaloids

Regulation for plowing

Regulation for hedges, fallows, surrounding of fields management

V1

Hybrids/ wheat, rye, Triticale more sensitive

Crop system

Claviceps purpurea

Fusarium producers

Toxins :
Alcaloïds

Ergot

Alcaloids content of the harvest

Resistance to meiose stress

Direct damage

Contarinia tritici
Sitodiplosis mosellana

ted plant: wheat

interactions with fungus : claviceps purpurea…
=>poacea =alternative hosts

Weeds (poacea)

Alternative hosts

Field Constraints:
Weeds and grass around field

Yield reduced

V2

Crop Practices :

Rotation for rye and wheat as previous crops

Ploughing for sclerotia management

V4

Wet and cold spring

V3

Herbicide sprayed / poacea resistance to herbicides

Ai authorized : herbicide /insecticide on vegetation

Conditions of use of herbicide+ insecticide (rate, at flowering stage)