

Biodiversité Végétale



Bruno CHAUVEL – 22 Novembre 2012 - Agroécologie
Université de Bourgogne – M2B2IPME – UE1

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

2.1 Cultivée

2.2 Sauvage



3. Quels aménagements ?

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1.1 Définitions : agro-écosystème,

- biodiversité
 - * composantes
 - * Pourquoi faire ?
- conservation,
- ressources ...



④ **Agro-écosystème = agrosystème =** écosystème sous gestion agricole ; système dynamique ouvert avec d'autres écosystèmes pour le transfert d'énergie et de matériel (unité fonctionnelle avec plantes, animaux, microorganismes, ...)

Milieu terrestre : agriculture / Milieu marin : pêche



Agro-écosystème

- **Écosystème fortement artificialisé**, plus homogène,
- Caractérisé par une **forte production primaire**
- **Apport énergétique important** en complément du flux solaire
(réduction des facteurs limitants : azote, eau, phosphore, ...)
- **Utilisation optimale du milieu**
Sélection variétale (meilleur cultivar, association optimale), ...
Pratiques culturales : drainage, date et densité de semis, ...
- **Limitation des facteurs** impliquant une réduction de la biomasse
Prédation : insecticides, molluscides,
Parasitisme : fongicides, ...
Compétition : herbicides, ...
- **Aide aux facteurs** impliquant une augmentation de la biomasse
Ajouts de bactéries fixatrices d'azote

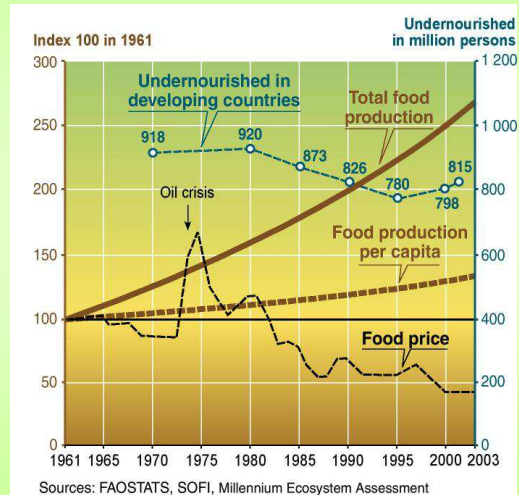
Différences entre agro-écosystèmes et écosystèmes naturels

Caractéristiques	Agro-écosystème	Ecosystème naturel
Productivité nette	Forte	Moyenne
Chaînes trophiques	Simples, linéaires	Complexes
Diversité des espèces	Faible	Importante
Diversité génétique	Faible	Importante
Cycles biogéochimiques	Ouverts	« Fermés »
Stabilité	Faible	Forte
Entropie	Forte	Faible
Contrôle humain	Obligatoire	Pas nécessaire
Permanence	Restreinte	Longue
Phénologie	Synchronisée	Saisonnière
Succession	Initial	<i>En évolution vers un climax</i>

D'après Odum, 1959

Intensification de l'agro-écosystème

- Food production has more than doubled since 1960
- Food production per capita has grown
- Food price has fallen
- mais inégalité des systèmes avec des zones géographiques "défavorisées" – (sub-sahara, ...)



Biodiversité

La diversité biologique ou **biodiversité**, est la variété de tous les organismes vivants.

Ceci inclut :

- * la variabilité génétique à l'intérieur des espèces et de leurs populations,
- * la variabilité des espèces et de leurs formes de vie,
- * la diversité des complexes d'espèces associées et de leurs interactions, et celle des processus écologiques qu'ils influencent ou dont ils sont les acteurs [dite diversité écosystémique].

(XVIII^e Assemblée Générale de l'UICN, "the World Conservation Union" . Costa Rica, 1988).



© Courrier de l'Environnement

« La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre les espèces ainsi que celle des écosystèmes »

Art. 2 Convention sur la Diversité Biologique (Rio, 1992)

Biodiversité et agrosystème

LA DIVERSITE GENETIQUE : concerne des populations distinctes de la même espèce. Evaluation longtemps restreinte aux espèces domestiquées et à certaines espèces étudiées en particulier.

Problème déjà en partie abordé mais en plus, prise en compte actuelle des populations sauvages



Variétés	Année d'inscription	Classe technologique Anvalls	% des surfaces nationales	Surfaces cumulées
Apache	1998	BPS	9,3	9,3
Altigo	2007	BP	7,5	16,8
Arezzo	2008	BPS	6,4	23,2
Bermude	2007	BPS	4,2	27,4
Expert	2008	BP	3,7	31,0
Premio	2007	BPS	3,2	34,3
Euclide	2007	BPS	3,2	37,5
Alixan	2005	BPS	2,9	40,4
Boregar	2008	BPS	2,6	42,9
Barok	2009	BAU	2,2	45,1
Autres variétés			54,9	100

Source : FranceAgriMer

BPS : blés panifiables supérieurs / BAF : blés améliorants ou de force
BP : blés panifiables / BAU : blés pour autres usages

Biodiversité et agrosystème

LA DIVERSITE GENETIQUE Elle concerne des populations distinctes de la même espèce. Longtemps, son évaluation s'est restreinte aux espèces domestiquées et à certaines espèces étudiées en particulier.

Problème déjà en partie abordé mais en plus, prise en compte actuelle des populations sauvages

➡ **LA DIVERSITE SPECIFIQUE** Elle se rapporte à la fois au nombre d'espèces dans une région : la " richesse " spécifique et aux relations mutuelles entre espèces : la diversité " taxinomique ".

Vrai problème : peuplement cultivé est généralement monospécifique, voire même mono-variétale.

- Problème de l'introduction des nouvelles espèces.
- Problème de pollution génétique lors d'introduction volontaires ou involontaires



Biodiversité et agrosystème

LA DIVERSITE GENETIQUE Elle concerne des populations distinctes de la même espèce. Longtemps, son évaluation s'est restreinte aux espèces domestiquées et à certaines espèces étudiées en particulier.

LA DIVERSITE SPECIFIQUE Elle se rapporte à la fois au nombre d'espèces dans une région : la " richesse " spécifique et aux relations mutuelles entre espèces : la diversité " taxinomique ".

➔ **LA DIVERSITE des POPULATIONS – BIOCENOSSES**

Populations stables – populations isolées

➔ **LA DIVERSITE ECOSYSTEMIQUE** Elle met en relation les diversités constitutives -génétiques et spécifiques- et la diversité structurelle et fonctionnelle des écosystèmes (abondance relative des espèces, structure des populations en classes d'âges, structuration spatiale, processus biologiques comme la prédation, le parasitisme, le mutualisme....).

Approche complètement nouvelle !!!

DIVERSITE FONCTIONNELLE : la variété des réponses que les espèces d'un écosystème apportent à un changement touchant leur environnement ou la variété des réponses que l'écosystème lui-même peut apporter à un tel changement.

Number

Relative abundance

Composition

Range of functional traits

Spatial distribution

Vertical diversity (related to food web structure)

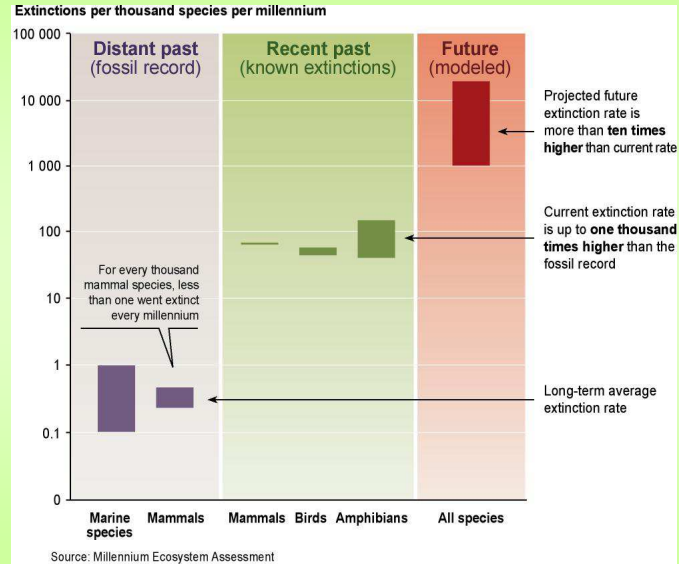
Composantes de la biodiversité

All of these components can be affected by human intervention (arrows), and in turn have repercussions for ecosystem properties and services. Symbols represent individuals or biomass units. Symbols of different shades represent different genotypes, phenotypes, or species.

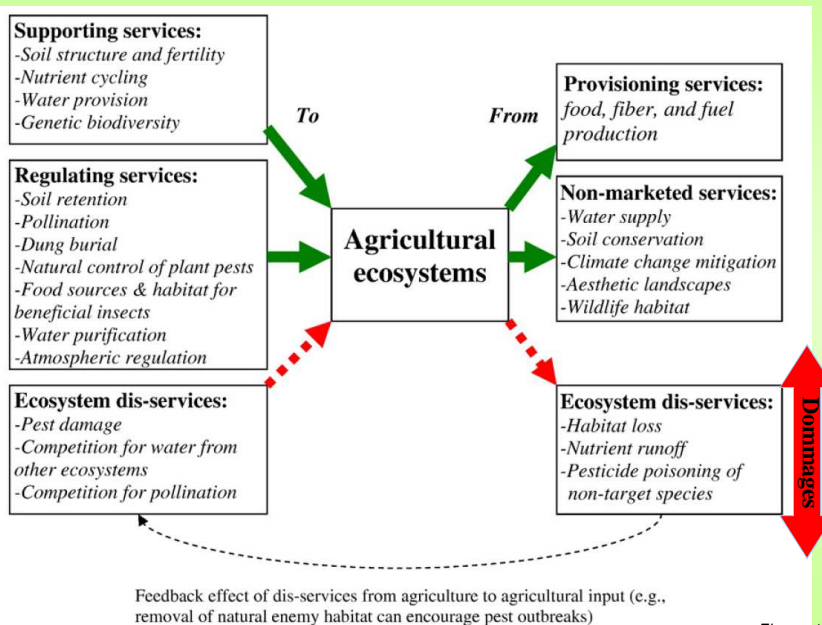
Diaz et al. 2006

Réduction de la biodiversité

- Humans have increased the species extinction rate by as much as 1,000 times over background rates typical over the planet's history (*medium certainty*)
- 10 à 30% of mammal, bird, and amphibian species are currently threatened with extinction (*medium to high certainty*)



Biodiversité - pour quels services ?



Biodiversité - pour quels services ?

Source de ressources naturelles

Indispensable à l'Homme

Au même titre que le pétrole, le gaz, le soleil
Renouvellement « rapide »



Source d'énergie

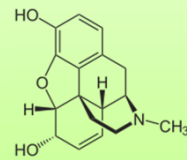
Fourniture de fibres

Fourniture de molécules pharmaceutiques

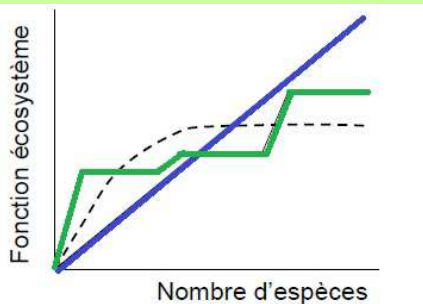
Fourniture de matières premières

Fourniture d'aliments

Fruits, légumes, céréales, féculents, viandes



morphine



Biodiversité fonctionnement

Principaux mécanismes expliquant les effets de la biodiversité sur le fonctionnement des écosystèmes : hypothèse d'échantillonnage (ligne brisée), hypothèse de complémentarité (ligne droite), hypothèse de redondance-résilience (ligne tiretée).

Hypothèse d'échantillonnage : les chances de recruter les "meilleures" espèces augmentent avec l'augmentation du nombre d'espèces ;

Hypothèse de complémentarité : les espèces utilisant leurs ressources de façons diverses et celles-ci variant d'une espèce à une autre, les ressources globales d'un écosystème sont mieux utilisées lorsque de nombreuses espèces sont présentes ;

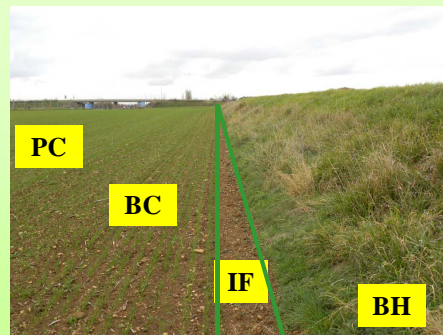
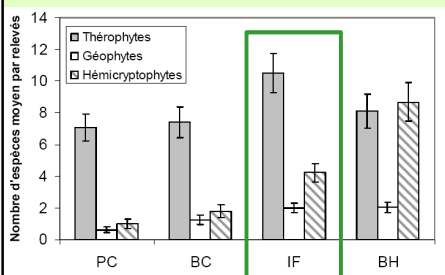
Hypothèse de redondance-résilience : la relation positive entre la diversité des espèces et le bon fonctionnement de l'écosystème tient à quelques espèces seulement et l'ajout d'autres espèces n'améliore pas le fonctionnement (Lawton & Brown, 1993) ; mais en cas de perturbations amenant à la perte d'espèces, les espèces auparavant redondantes et fonctionnellement proches des espèces auparavant efficaces, sont potentiellement aptes à remplacer ces dernières, permettant ainsi de maintenir le milieu stable

Conservation

In situ : conditions caractérisées par l'existence de ressources génétiques au sein d'écosystèmes et d'habitats naturels.

Dans le cas des espèces domestiquées ou cultivées (processus évolutif déterminé de façon à répondre aux besoins de l'humanité) dans le milieu où se sont développés leurs caractères distinctifs.

ex : mauvaise herbe rare-variétés ou races anciennes



Conservation

Ex situ : conservation d'éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors du milieu naturel ou d'origine ; se dit des collections de végétaux (semences), d'animaux ou de gènes dans des centres de conservation, jardins botaniques ou zoologiques.



ex : orme (*Ulmus minor* – prog européen - semences);
Ginkgo biloba (jardin botanique), programme messicole ...

INRA et Conservatoire Botanique National de Porquerolles importantes collections pour plusieurs espèces:

- * amandiers: 22 variétés;
- * abricotiers: plus de 60 variétés;
- * pêchers: 200 variétés;
- * figuiers: 154 variétés;
- * mûriers: plus de 50 variétés;
- * oliviers: plus de 100 variétés.



<http://www.see.it/cbn/>

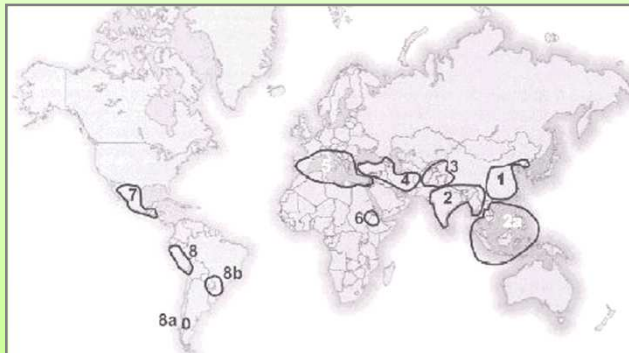
Ressources

Ressources biologiques : organismes ou éléments de ceux-ci, populations ou tout autre élément biotique des écosystèmes ayant une utilisation ou une valeur effective ou potentielle pour l'humanité

Ressources génétiques : matériel génétique ayant une valeur effective ou potentielle

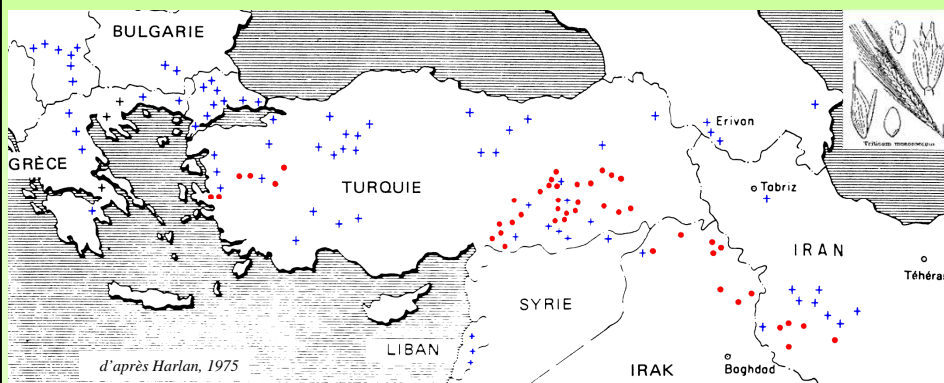
Zone d'origine des ressources génétiques (in situ)

Zone fournisseur de ressources génétiques (in situ et ex situ)



Centre des origines de l'agriculture- Harlan, 1975

Ressources – ex : engrain



d'après Harlan, 1975

Localisation des sites connus de l'engrain spontané
 ● : habitats primaires + : habitats secondaires

Zone d'origine des ressources génétiques (in situ)

Zone fournisseur de ressources génétiques (in situ et ex situ)



Populations 'd'origine'
 (mauvaises herbes, plantes cultivées)
Lutte biologique – recherche de prédateurs.
Recherche de gènes anciens

Ressources – recherche de gènes



Study Finds Turkish Wheat Varieties Resistant to Fungus

According to the research conducted by Turkish and British researchers, Turkish winter wheat varieties have a gene that are resistant to stripe rust fungus. The proposal aims to screen Turkish wheat varieties along side European varieties to characterise the phenotype of each source of stripe rust resistance. In this way potentially non-race specific, durable sources of disease resistance will be identified.



A Turkish wheat landrace collected in 1948 was found to carry genes for resistance and tolerance to various disease causing fungi

Plant breeders in the United States have used these genes to breed wheat varieties that are resistant to a range of diseases ...

Akfirat et al. , 2010 ; <http://www.tubitak.gov.tr/sid/1001/pid/2400/cid/7084/index.htm;jsessionid=F4678AF3AC9337B6C8A8A4D09EC5B557>

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

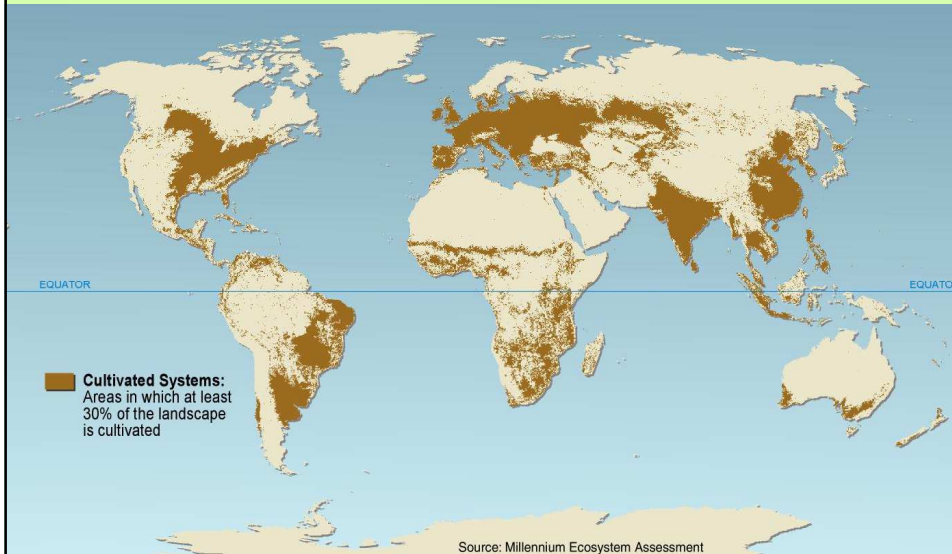
agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème



Surface occupée par l'agroécosystème

Au niveau mondial, de 10 à 15% des terres sont utilisées par l'agriculture et 6 à 8 % sont converties en pâturage



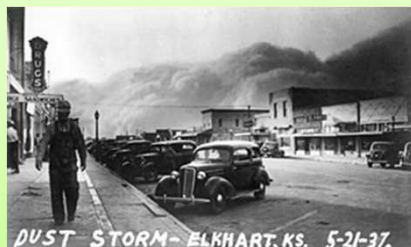
Surface occupée par l'agroécosystème

mais de 40 à 50 % transformés ou dégradés

- * érosion
- * salinisation
- * tassement
- * accumulation de métaux lourds
- * réduction de l'activité biologique



Sénégal – 2004 IRD Hartman



Lévêque & Mounolou, 2001

La répartition du territoire agricole en France

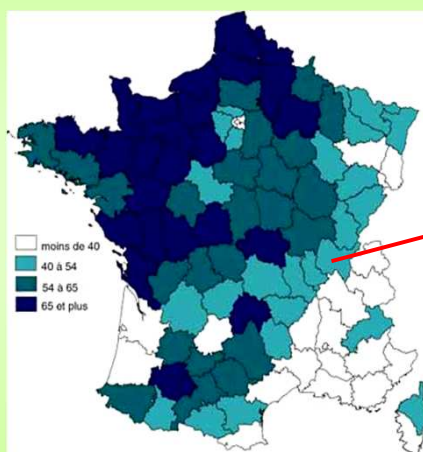
	1950	1980	1990	1999
Superficie agricole utilisée	34 407	31 744	30 615	29 920
o Terres arables	19 137	17 472	18 040	18 405
o Superficies toujours en herbe	13 221	12 850	11 363	10 360
o Vignes, vergers, autres	2 050	1 422	1 212	1 155
Territoire agricole non cultivé	4 780	2 757	2 931	2 940
Peupleraies, bois et forêts	11 301	14 615	14 828	15 120
Territoire non agricole	4 431	5 804	6 545	6 940
Territoire métropolitain	54 919	54 919	54 919	54 919

59,8 %

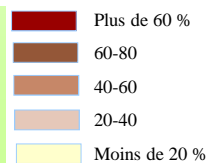
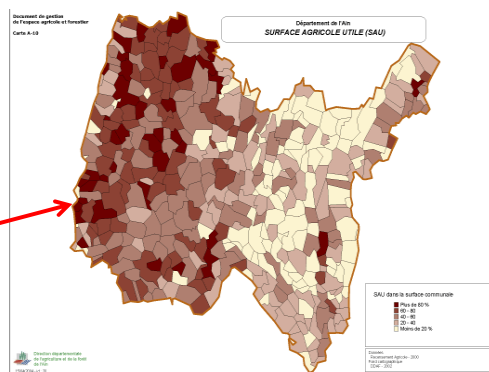
Superficie en ha : x * 10³ ha

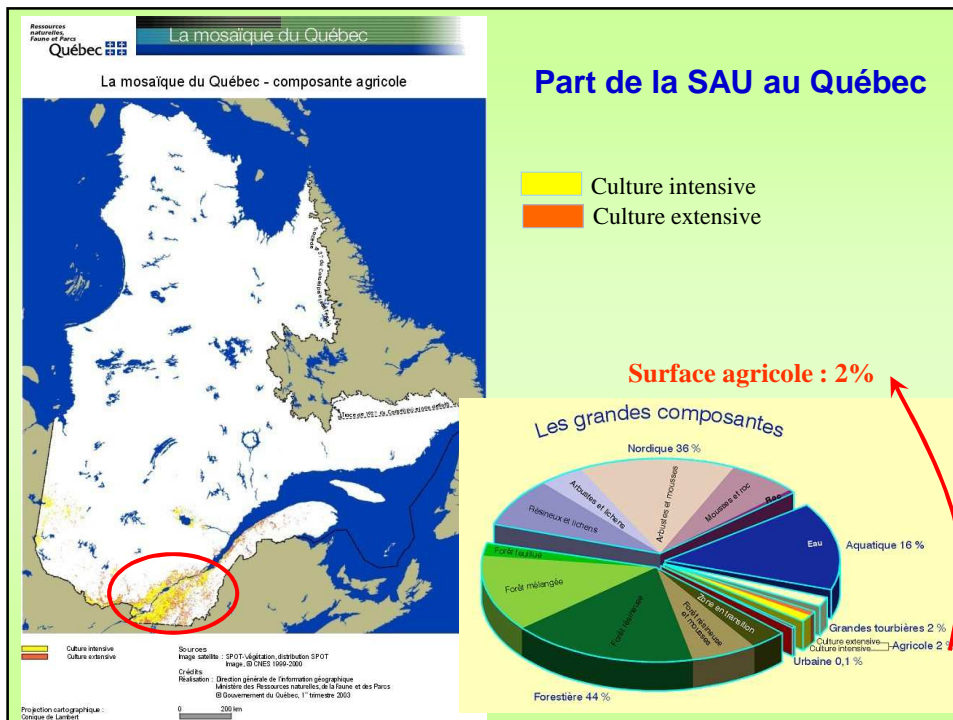
Estimation - Source : AGRESTE

Part de la SAU dans la surface totale (en %, 2000)



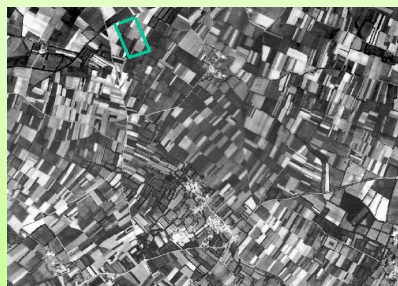
Part de la SAU sur un département



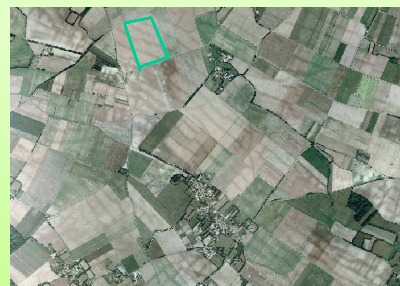


Réduction – homogénéisation des terres agricoles

- La superficie agricole utile (SAU) diminue régulièrement depuis un demi-siècle.
 - Augmentation des superficies boisées (+ 80000 ha/an ➔) et au territoire non agricole (+ 50000 ha/an ↗)
 - Simplification des paysages



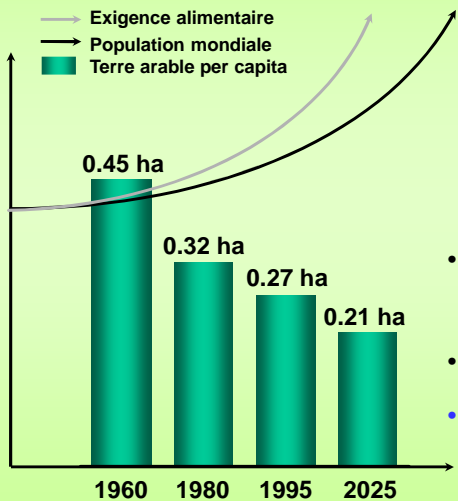
1950



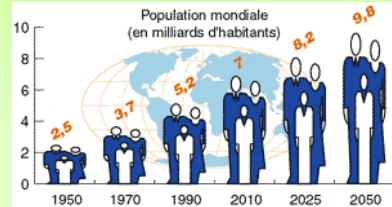
2002

Démographie et sécurité alimentaire

hypothèse : la demande globale en calories va doubler en 2025



Source: FAO statistics, World Bank



- La surface en terre arable disponible n'augmentera pas (diminuera ?)
- La « durabilité » est un impératif
- Faut-il encore d'améliorer le rendement ???

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

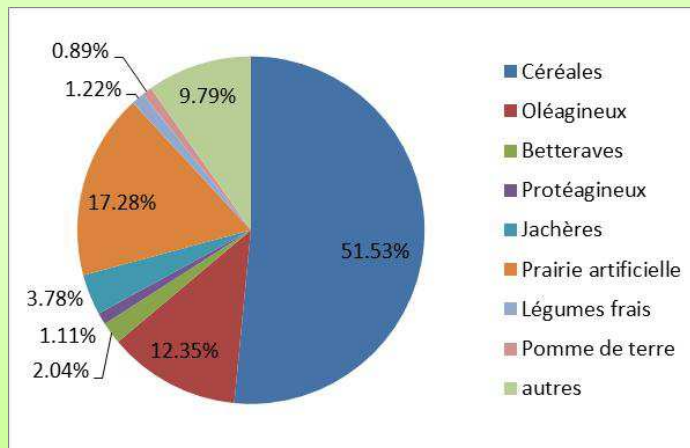
2.1 Cultivée

* sélection



Diversité végétale cultivée Groupes botaniques

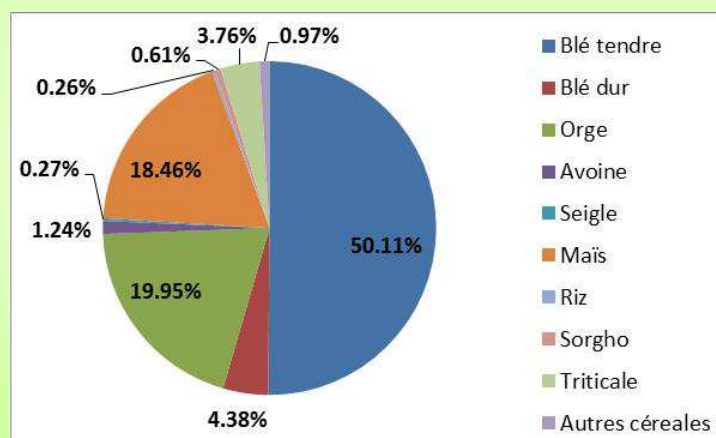
* **En 2004, pour la France** 135 espèces dont 58 espèces de grandes cultures, 47 espèces potagères et 30 espèces fruitières.



*Cadot et al. 2006
Données 2009*

Diversité végétale cultivée Espèces graminées

* **En 2004, pour la France** 135 espèces dont 58 espèces de grandes cultures, 47 espèces potagères et 30 espèces fruitières.



Diversité végétale cultivée

* **En 2004, pour la France** 135 espèces dont 58 espèces de grandes cultures, 47 espèces potagères et 30 espèces fruitières.

Dans le monde :

* Plus de 7 000 espèces végétales ont été cultivées ou cueillies pour être consommées

* 30 espèces seulement couvrent 95% des besoins énergétiques humains

* 4 espèces - *riz, blé, maïs, pomme de terre* : plus de 60%.

• Riz - *Oryza sativa* compte plus de 100 000 variétés différentes.

• Communautés d'agriculteurs des Andes exploitent plus de 175 variétés de pommes de terre locales

* **Utilisations non alimentaires** : chauffage / pharmacopée / construction

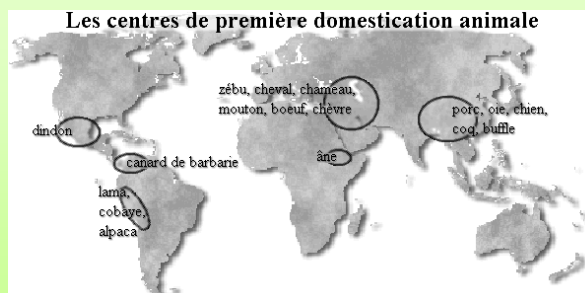
*Cadot et al. 2006
Données FAO*

Processus liés à l'agriculture

1 - Domestication :

ensemble des processus liés au cycle semis – récolte lors de la culture de populations sauvages,

conduisant à l'apparition de caractères recherchés (et favorables) par l'homme



Syndrome d'adaptation résultant de la sélection

Augmentation du % de graines récupérées

- Pas d'égrenage spontané à maturité + croissance définie

Augmentation de la production de graines

- augmentation de la fertilité de la talle ou du nombre d'inflorescences

Accroissement de la vigueur des jeunes plants

- semences plus grosses, plus de protéines, moins de glucides

Germination plus rapide

- pertes des inhibiteurs de la germination, réduction des pièces florales annexes

2 – sélection

cas du maïs *Zea mays* L.

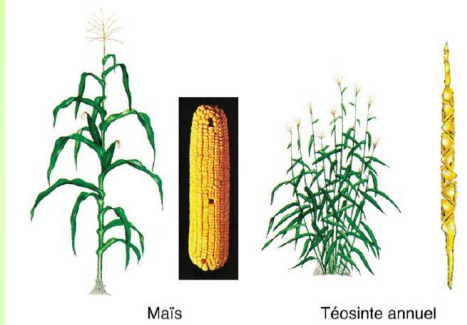
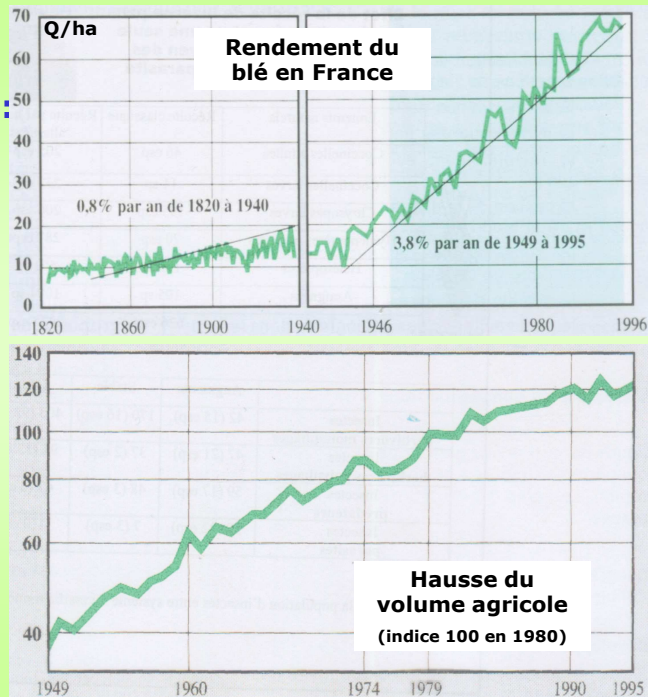


Figure 3.- Comparaison des plantes et des épis femelle du maïs et du téosinte annuel.

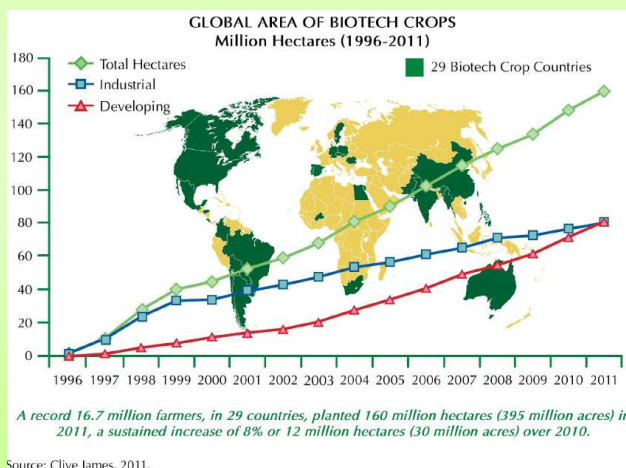
http://www.bio.umontreal.ca/cours/Plantes_Utiles/Plantes.htm

Conséquences évolution des rendements



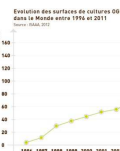
Sélection ultime : les plantes génétiquement modifiées

- ➔ Un organisme vivant dont on a modifié l'ADN afin de lui conférer des propriétés particulières
- ➔ 160 Mio d'ha cultivés (2011) dans 29 pays



<http://www.ogm.org/> ; <http://www.isaaa.org/default.asp>

Les PGM commercialisées ou en cours d'étude



Agrostide (gazon) :	Tolérance à un herbicide
Arachide :	Modification de la composition en acides gras , résistance à une maladie fongique
Aubergine :	Résistance aux insectes
Banane :	Résistance aux maladies , meilleure conservation, production de molécules spécifiques
Betterave :	Résistance maladies , tolérance à un herbicide , production de molécules spécifiques
Blé :	Tolérance à un herbicide , résistance aux maladies , modification de la teneur en amidon , modification de la teneur en protéines , tolérance à la sécheresse et meilleure absorption de l'azote

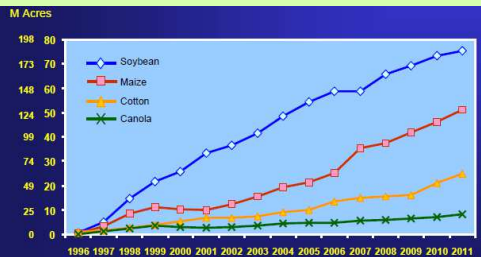
Cacao :
 Café :
 Chicorée :
 Chou :
 Colza :
 Concombre
 Coton :
 Courge :
 Eucalyptus
 Laitue :
 Luzerne :
 Maïs :
 Manioc :

Melon :
 Œillet :
 Peuplier :
 Papaye :
 Pomme de terre
 Pommier :
 Riz :
 Soja :
 Tabac :
 Tomate :
 Tournesol :
 Vigne :

<http://www.ogm.org>

Sélection ultime : Les PGM

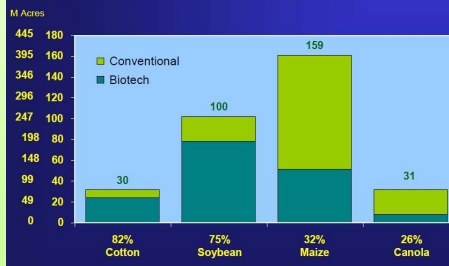
Exemples d'OGM : soja, coton, colza maïs, ..., blé ,riz



Evolution des quatre principales cultures

<http://www.ogm.org/> ; <http://www.isaaa.org/default.asp>

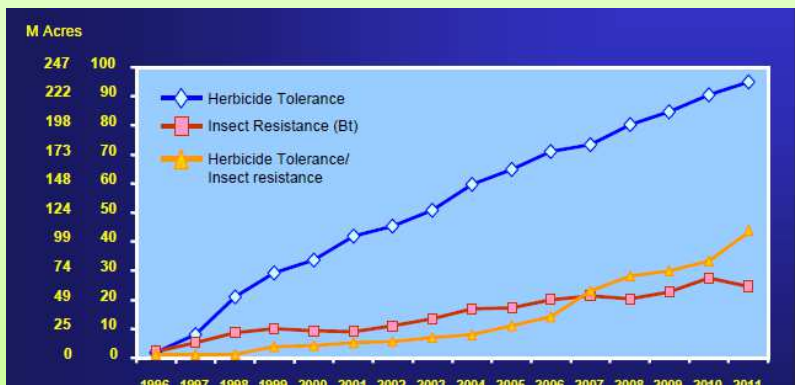
Global Adoption Rates (%) for Principal Biotech Crops (Million Hectares, Million Acres), 2011



Source: Clive James, 2012

Sélection ultime : Les PGM

- Tabac résistant au froid
- Fraises résistantes à la moisissure
- **Résistance aux herbicides**
- Tomates à mûrissement retardé
- **Résistance (Bt)**



<http://www.ogm.org/> ; <http://www.isaaa.org/default.asp>

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

2.1 Cultivée

* sélection

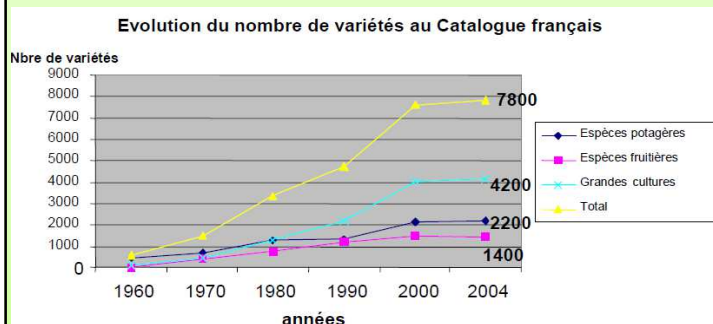
* diversité végétale

• Sauvage



Diversité végétale cultivée

De 1960 à 2004, nombre de variétés au Catalogue français multiplié par 13 : près de 4200 variétés pour les grandes cultures (*38), plus de 2200 variétés pour les espèces potagères et plus de 1450 variétés (*4) pour les espèces fruitières et la vigne.

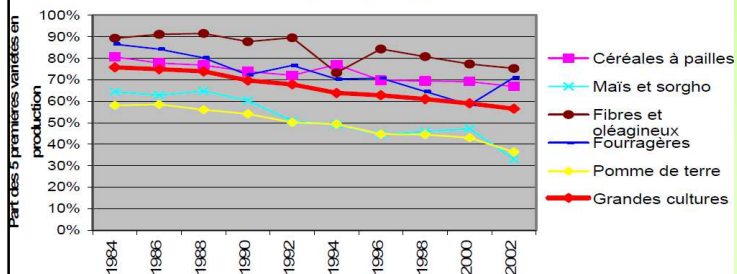


Maïs : 1323 var.
Tomate : 289 var.
Laitue : 269 var.
Haricot : 221 var.
Pêcher : 332 var.
Pommier : 289 var.
...

Cadot et al. 2006

Diversité végétale cultivée

a : Grandes cultures

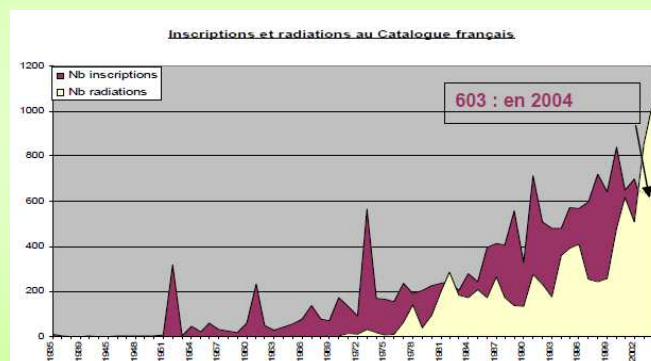


Durée de vie en années	1985	1990	1995	2000	2005
Arbres fruitiers	15.2	15.2	17.0	20.4	22.9
Betteraves et Chicorée Industrielle	7.9	9.3	10.1	11.2	11.5
Céréales à paille	8.8	8.6	9.2	9.2	9.0
Colza et autres Crucifères	9.3	10.8	10.3	10.9	12.0
Lin et Chanvre	9.7	12.8	15.7	12.2	14.1
Maïs et Sorgho	6.6	7.2	7.7	8.2	8.2
Plantes fourragères et à gazon	9.9	10.2	9.6	10.5	11.8
Plantes Potagères et Maraichères	14.4	14.8	13.3	13.4	14.0
Plantes protéagineuses	8.7	4.9	7.7	9.3	7.7
Pommes de Terre	15.9	15.1	16.2	16.4	16.7
Tournesol, Soja et Ricin	4.2	4.5	5.5	6.4	7.0
Vigne	6.3	9.4	12.5	17.3	22.2
Moyenne pondérée	12.0	12.3	12.3	13.3	14.5

Cadot et al. 2006

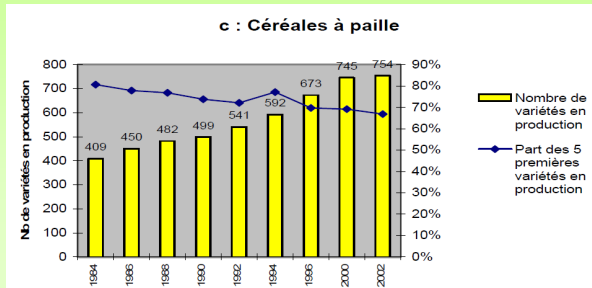
Diversité végétale cultivée

- * Augmentation du nombre de variétés, importante jusqu'en 2000
- * Inflexion pour toutes les espèces entre 2000 et 2004, sauf en maïs.
- * Depuis 2002, flux sortant (variétés radiées) > flux entrant (variétés inscrites).



Cadot et al. 2006

Diversité végétale cultivée



Augmentation du nombre de variétés cultivées = essor de la création variétale''.

Mais homogénéisation génétique très importante au niveau du territoire et au niveau spatial avec des départements cultivant de plus en plus les mêmes variétés



Risque de fragilité des cultures de blé vis-à-vis des changements de l'environnement en cours et à venir (pathogènes, sécheresse, pratiques agricoles durables ou contraintes

Cadot et al. 2006

Diversité végétale cultivée

Diversité des espèces dans le temps :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la succession des cultures

- monocultures ; cultures annuelles (maïs, blé ...)
- cultures pérennes (vigne, verger ...)
- rotations
 - * cultures d'hiver
 - * cultures de printemps
 - * cultures graminées / dicotylédones

Diversité des espèces dans l'espace :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la parcelle

Diversité végétale cultivée

Diversité des espèces dans le temps :

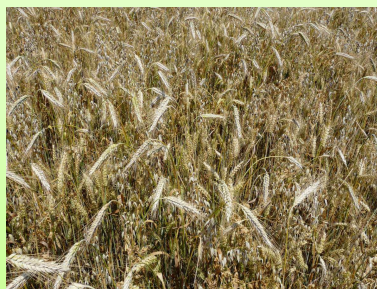
= Augmentation du nombre d'espèces dans la succession des cultures

Diversité des espèces dans l'espace :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la parcelle

* Méteil

- alimentation humaine, mélange de blé et seigle
- alimentation des animaux, plusieurs céréales avec d'autres espèces (pois fourrager, vesce)



Diversité végétale cultivée

Diversité des espèces dans le temps :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la succession des cultures

Diversité des espèces dans l'espace :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la parcelle

* Méteil

* Semis sous couvert



Céréales + pois ;
Maïs + haricot

Diversité végétale cultivée

Diversité des espèces dans le temps :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la succession des cultures

Diversité des espèces dans l'espace :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la parcelle

- * Méteil
- * Semis sous couvert



Céréales + pois ;
Maïs + haricot

Diversité végétale cultivée

Diversité des espèces dans le temps :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la succession des cultures

Diversité des espèces dans l'espace :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la parcelle

- * Méteil
- * Semis sous couvert
- * **Agroforesterie** : mode d'exploitation des terres agricoles associant des plantations d'arbres dans des cultures ou des pâturages



https://www.inra.fr/toute_l_actu/vient_de_paraitre/2008/agroforesterie_des_arbres_et_des_cultures

Diversité végétale cultivée

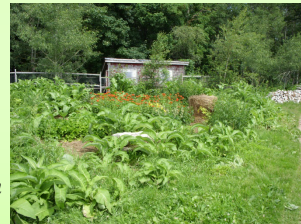
Diversité des espèces dans le temps :

= Augmentation du nombre d'espèces dans la succession des cultures

Diversité des espèces dans l'espace :

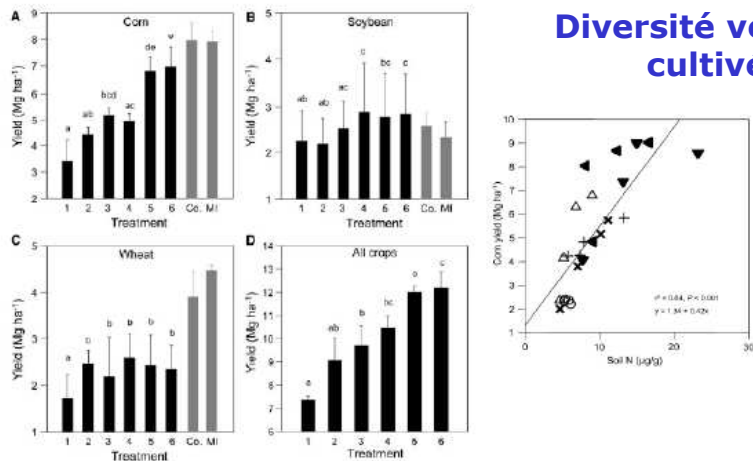
= Augmentation du nombre d'espèces dans la parcelle

- * Méteuil
- * Semis sous couvert
- * Agroforesterie
- * Permaculture



« La permaculture est une science de conception de cultures, de lieux de vie, et de systèmes agricoles humains utilisant des principes d'écologie et le savoir des sociétés traditionnelles pour reproduire la diversité, la stabilité et la résilience des écosystèmes naturels »

<http://www.permaculture.fr/>



Figures 2.2-19. et 2.2-20. (à droite). La diversité des cultures utilisées en rotation peut augmenter le rendement pour des cultures (histogrammes de gauche) non fertilisées et sans pesticides, notamment en améliorant la disponibilité en azote du sol. D'après les auteurs de cette étude (Smith, Gross et al., 2008), la réponse particulièrement marquée du rendement du maïs à la diversité de cultures dans la rotation et à la présence de cultures intermédiaires s'explique principalement par une meilleure offre en azote du sol. La présence de légumineuses dans le système est donc déterminante.

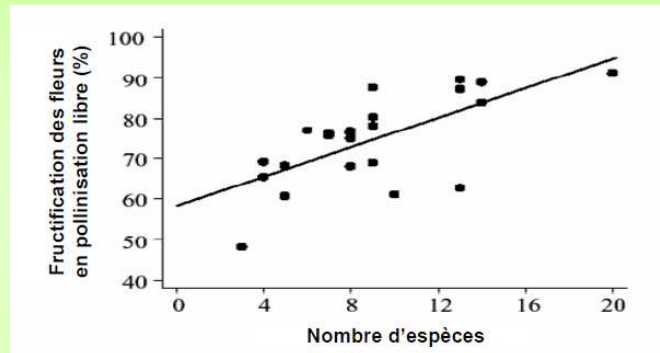
En noir, variations du rendement moyen sur 3 ans d'un système expérimental de grandes cultures dans le Michigan (USA) en fonction du nombre d'espèces utilisées dans la rotation sur trois ans, incluant trois cultures maïs, blé, et soja, ainsi que trois espèces de plantes en interculture (*Trifolium pratense*, *T. incarnatum* et *Sesale cereale*). En gris sont présentés les rendements moyens obtenus dans les exploitations agricoles du district où l'expérience a eu lieu (graphique de droite).

Augmentation des rendements liés à la diversité des cultures

En fonction du nombre d'espèces

Smith & Gross, 2008

Effet de la diversité de l'agrosystème sur les espèces cultivées



Vergers de caféiers *Coffea arabica* en Indonésie
taux de fructification significativement corrélé à la diversité spécifique
des abeilles et non avec leur abondance totale sur la culture

Klein et al., 2003

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

2.1 Cultivée

2.2 Sauvage

* sélection



Mauvaises herbes : deux facettes

- **Mauvaises herbes = une nuisibilité réelle**
 - ✓ Présence qui peut affecter la quantité et la qualité des récoltes
 - 1er obstacle à l'adoption de nouveaux systèmes de production par les agriculteurs (non travail du sol, agriculture biologique, ...)
 - bio agresseurs
- **Mauvaises herbes = une des composantes des agro-écosystèmes**
 - ✓ La flore 'naturelle' des agroécosystèmes
 - Chaîne trophique ?
 - / Réservoir auxiliaires ?

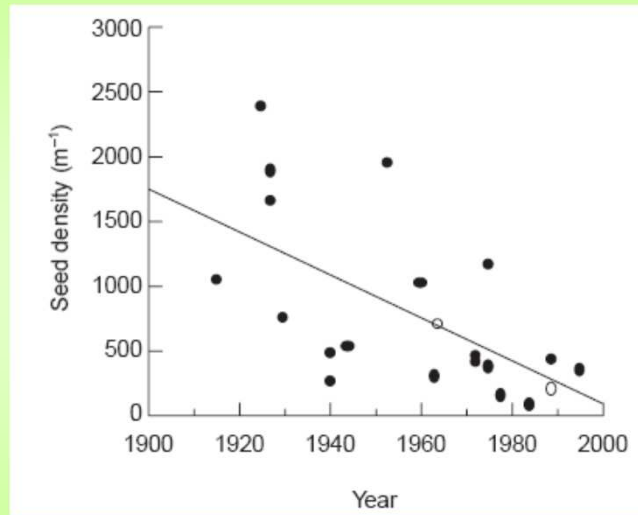


Adventice, arvicole, ..., commensale, flore spontanée (des champs), flore sauvage (des champs), plantes compagnes ...

Conséquences de l'intensification

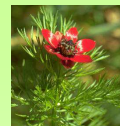
- ☒ **augmentation des situations de monoculture intensive:**
 - problèmes épidémiologiques (maladies, ravageurs)
 - sélection d'organismes agressifs, résistance aux pesticides
- ☒ **pratiques culturales intensives sur le sol :**
 - dégradation importante de la structure physique (compaction, érosion...), et de la composition biologique
- ☒ **aménagement du territoire sur la structure du paysage :**
 - élargissement et "spécialisation" des parcelles, suppression des haies, bocage... } *remembrement*

Évolution globale des flores adventices



Slope of regression through British data: -17 seeds m^{-2} year $^{-1}$, $R^2 = 0.35$.

Modification de l'abondance de quelques mauvaises herbes dans le Sud du Bassin Parisien



	<i>Avant 1940</i>		<i>1950-1960</i>		<i>1960-1970</i>	
	<i>Fréq.</i>	<i>Abond.</i>	<i>Fréq.</i>	<i>Abond.</i>	<i>Fréq.</i>	<i>Abond.</i>
<i>Agrostemma githago</i>	Fréq.	Isolé	Très rare	Très peu abond.	Très très rare	Très peu abond.
<i>Turgenia latifolia</i>	Assez fréq.	Peu abond.	Rare	Peu abond.	Très rare	Très peu abond.
<i>Gagea arvensis</i>	Assez rare	Assez abond.	Une fois		?	Eteinte
<i>Nigella arvensis</i>	Peu fréq.	Très Abond.	Loc.	Assez abond.	Très rare	Très peu abond.
<i>Bromus arvensis</i>	Fréq.	Très abond.	Assez fréq.	Abond.	Rare	Assez abond.

Aymonin, 1976

Les problèmes de diversité écologique

- ✦ - modifications des milieux naturels, de leur structure et simplification des cycles biologiques
= **réduction biodiversité**
- des assolements et des rotations + dérégulation
= **disparition d'espèces**
- = **sélection d'espèces agressives / ubiquistes**

* Danemark : - 40 % (Andreasen et al., 1996)

* Allemagne de l'Est : - 30 % (Baessler & Klotz, 2006)

- France, Côte d'Or (Fried, 2007)

Richesse spécifique (-44%)

1970s : 16.6 espèces

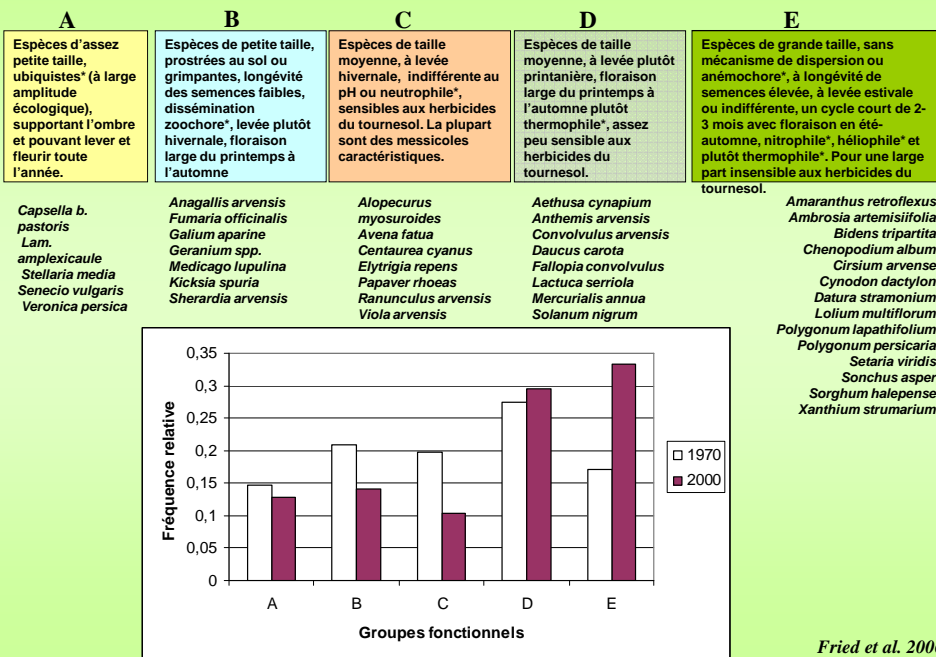
2000s : 9.3 espèces

Densité moyenne d'adventices/m² (-67%)

1970s : 61.5 ind.m²

2000s : 20.2 ind.m²

Évolution globale des flores adventices du tournesol



Mais aussi sélection d'espèces agressives

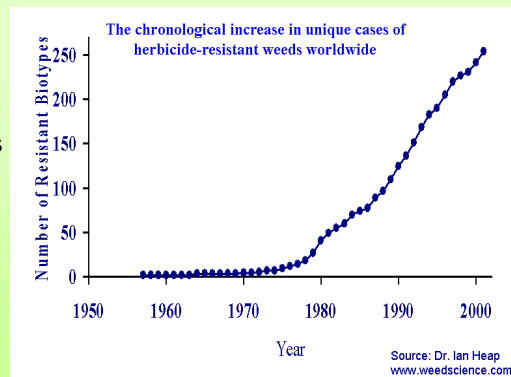
* disparition des parasites, prédateurs, compétiteurs auxiliaires

* "nouveaux" ravageurs indigènes

- intensification : superficies en monoculture, fumures,
- réduction des actions de déchaumage et de destruction des repousses
- maïs en zones septentrionales
- acariens / organophosphorés et pullulations

* résistance

1990 : 504 esp. arthropodes
résistantes
(dont 39% esp. d'intérêt
médical, vétérinaire)
nombreuses résistances
croisées



Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

2.1 Cultivée

2.2 Sauvage

sélection

Quelle diversité ?



Diversité / communautés de mauvaises herbes

Quelles protections pour la flore adventice ?

Flore extraordinaire

« messicole rare »

Flore ordinaire

- Quelles incitations ?
- Sur quels critères ?
- Quels intérêts ?



Statut écologique ?

Papaver hybridum

Thérophyte, hivernale

Papaver argemone

plantes des groupements
adventices ou rudéraux

Papaver dubium

Papaver rhoeas →

nitrophile



Symbole de naturel,
de pureté, de fragilité,
de retour à la nature,
alors que « le
coquelicot » est une
espèce fortement liée à
l'activité humaine

Chauvel, 1993

Mauvaise herbe et biodiversité ?

- Semences de mauvaises herbes : → nourriture pour les insectes et les oiseaux – base de la chaîne alimentaire

Weed species	Value for invertebrates ¹	No. Red Data Book species	No. pest species	Importance for seed-eating birds ²	Competitive index ³
<i>Aethusa cynapium</i>	-	0	0		
<i>Alopecurus myosuroides</i>	-	0	2	a	12.5
<i>Anagallis arvensis</i>	-	0	0	a	100.0
<i>Anisantha sterilis</i>	-	0	0	-	(5.0)
<i>Avena fatua</i>	-	0	0	-	5.0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	**	0	3	*	50.0
<i>Centaurea cyanus</i>	c	c	c	b**	
<i>Cerastium fontanum</i>	**	0	0	**	(25.0)
<i>Chenopodium album</i> †	***	0	4	***	25.0
<i>Chrysanthemum segetum</i>	c	c	c	a	
<i>Cirsium arvense</i> ‡	***	1	4	*	17.0
<i>Euphorbia helioscopia</i>	*	0	1	-	
<i>Fallopia convolvulus</i>	c	c	c	***	17.0
<i>Fumaria officinalis</i>	-	0	0	*	62.5


Invertébrés

- : 0-5 espèces

* : 6-10 esp.

** : 11-25 esp.

*** : > 26 esp.



Oiseaux

- : pas importante

* : 1-2 esp.

** : 3-8 esp.

*** : > 8 esp.

Marshall et al., 2003

Mauvaise herbe et biodiversité ?

Common UK weeds categorised according to the priority given to their control and their potential value as a resource to invertebrates and birds

Pernicious weeds that must be controlled	Weeds with biodiversity value and intermediate competitive ability	Weeds with biodiversity value and low competitive ability
<i>Alopecurus myosuroides</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Euphorbia helioscopia</i>
<i>Anisantha sterilis</i>	<i>Cerastium fontanum</i>	<i>Fumaria officinalis</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Lamium purpureum</i>
<i>Avena</i> sp.	<i>Matricaria recutita</i>	<i>Poa annua</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Papaver rhoeas</i>	<i>Senecio vulgaris</i>
<i>Cirsium arvense</i> ^a	<i>Persicaria maculosa</i>	<i>Spergula arvensis</i>
<i>Cirsium vulgare</i> ^a	<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Viola arvensis</i>
<i>Elytrigia repens</i>	<i>Sinapis</i> sp.	
<i>Galium aparine</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>	
<i>Lolium</i> sp.	<i>Stellaria media</i>	
<i>Rumex crispus</i> ^a	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	
<i>Rumex obtusifolius</i> ^a		
<i>Senecio jacobaea</i> ^a		

^a Species that must be controlled as part of cross-compliance.

Marshall et al., 2003

Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

2.1 Cultivée

2.2 Sauvage

sélection

Quelle diversité ?

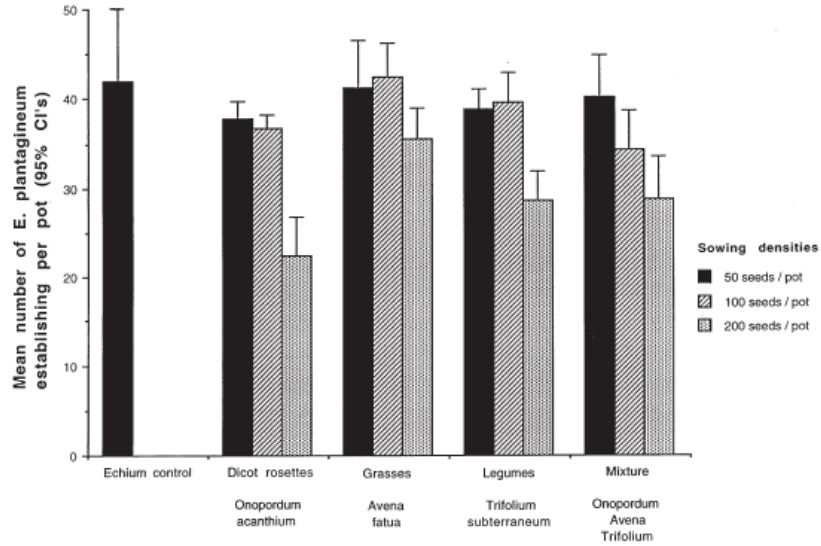
Quels intérêts / problèmes ?



Intérêt de la biodiversité floristique dans les champs cultivés

- **Stabilisation du sol par les racines**
 - Dans le cas des cultures annuelles, les cultures intercalaires sont régulièrement utilisées
 - Les prairies permanentes
- **Stabilisation de la matière organique du sol**
- **Régulation du cycle de l'eau : disponibilité à l'échelle de la parcelle et du paysage agricole**

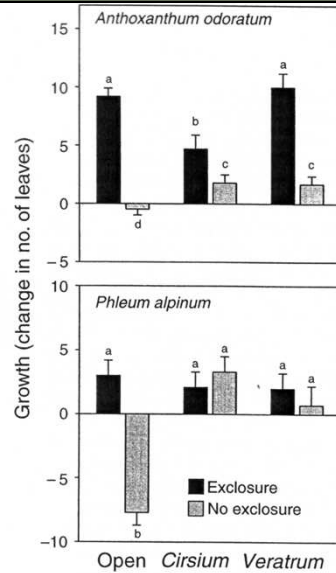
Résistance à l'envahissement par des xénophytes



Seedling emergence of *Echium plantagineum* in mixtures with different functional types sown at three different densities. Means and 95% confidence intervals.

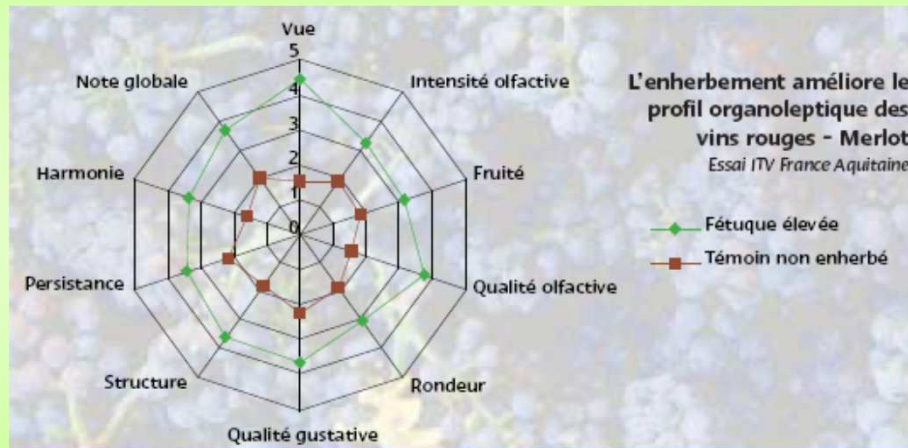
Protection d'espèces de la prédation par des « refus »

Callaway et al., 2005



Growth of two palatable (Grossheim 1952) species inside and outside of the exclosure at Gudauri and with and without *Cirsium* and *Veratrum*. Growth was measured as change in leaf number between May 2001 and August 2002. Error bars show \pm SE, and statistics are presented in the Results. Shared letters represent means that were not significantly different ($P < 0.05$) in a post-ANOVA Tukey test.

Amélioration de la qualité du vin



Chantelot, 2003

• Pour quels problèmes ?

- Perte de rendement
- Toxicité
- Allergie ; santé publique
- ...



Données économiques nuisibilité

Cultures	Pertes totales estimées	Mauvaises herbes	Estimation sans protection
Riz	54 %	17 %	83 %
Blé	35 %	13 %	52 %
Maïs	35 %	13 %	60 %
Soja	33 %	30 %	59 %

	Pertes potentielles	Efficacité moy. des traitements	Pertes réelles
Mauvaises herbes	29.6 %	55 %	13.3 %
Total ravageurs	69 %	40 %	42.5 %

Courrier de l'Environnement, N°25 -1995, N°34-1998

Données économiques nuisibilité toxicité

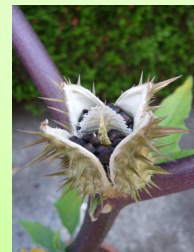


Publié le 12.10.2012

Paca : 18 personnes intoxiquées par des résidus de datura dans du pain

Dix-huit personnes ont été victimes d'une intoxication alimentaire dans la région Paca entre le 21 septembre et le 10 octobre, après avoir consommé de la farine de sarrasin bio «potentiellement contaminée par du datura», indique ce vendredi l'Agence régionale de santé (ARS) sur son site.

...



Biodiversité végétale dans l'agrosystème

1. Introduction – contexte

1.1 Définitions :

agrosystème, biodiversité, ressources, ...

1.2 Surfaces occupées par l'agrosystème

2. Diversité végétale

2.1 Cultivée

2.2 Sauvage

3. Quels aménagements ?



Pour quelles solutions ?

Natura 2000

assurer la pérennité de la diversité biologique en Europe

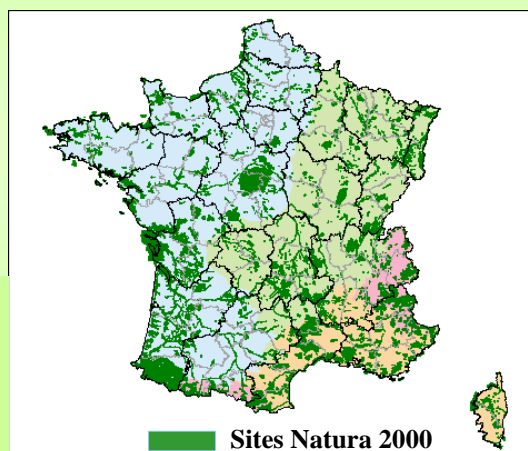
Deux directives communautaires

- Oiseaux (1979)
- Habitats (1992)

☛ Objectif de développement durable

Mise en place d'un réseau de sites

- Création de ZPS (zone de protection spéciale – arrêté ministériel)
- Activités humaines doivent demeurer compatibles



<http://natura2000.environnement.gouv.fr/>

Les haies / bocage

à base de chêne, orme, frêne, peuplier, hêtre, peuplier, aulnes, ...

Constat : recul important en France depuis les années 1960

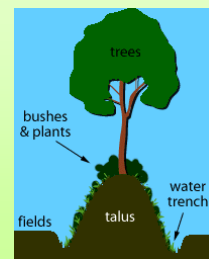
*Recul de la prairie naturelle

*Remembrement (15 millions d'ha)



	1982	1990	évolution
Arbres épars	436.7	340.3	- 22 %
Haies	375.9	358.5	- 5 %
Bosquets	609.7	589.6	- 3%
Prés-vergers	258.5	209.1	-19 %

En linéaire, de 1975 à 1987, passage de 1 224 110 km à 707 605 km



Pointereau, 2002

Effet de l'Agriculture Biologique

Incidence de l'agriculture biologique sur divers taxons par rapport à une exploitation conventionnelle

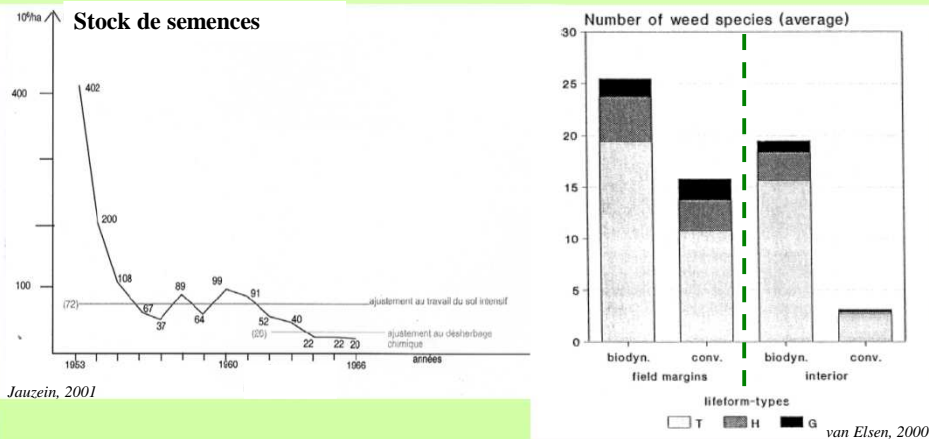


Taxons	Incidence +	=	Incidence -
Plantes	13	2	
Oiseaux	7	2	
Mammifères	2		
Arthropodes	7	4	2
<i>Coléoptères</i>	13	3	5
<i>Araignées</i>	7	3	
<i>Papillons</i>	1	1	
<i>Autres arthropodes</i>	7	2	1
Microbes du sol	9	8	
TOTAL	66	25	8

Sur 76 études

Hole et al., 2005

Agriculture Biologique mauvaise herbe



Quelle biodiversité dans quel paysage agricole ?

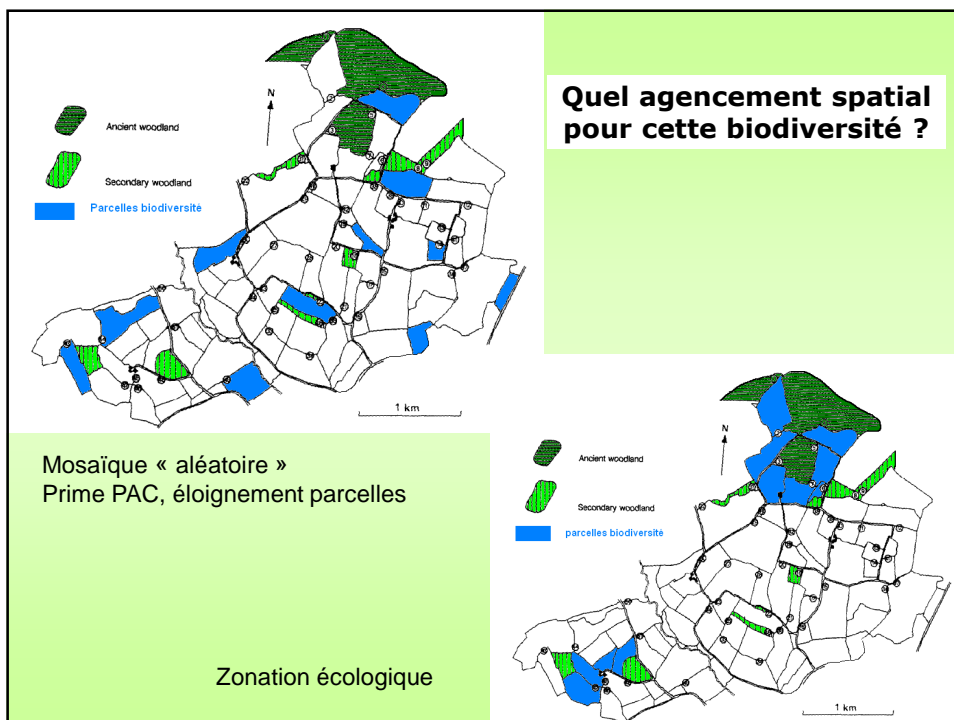
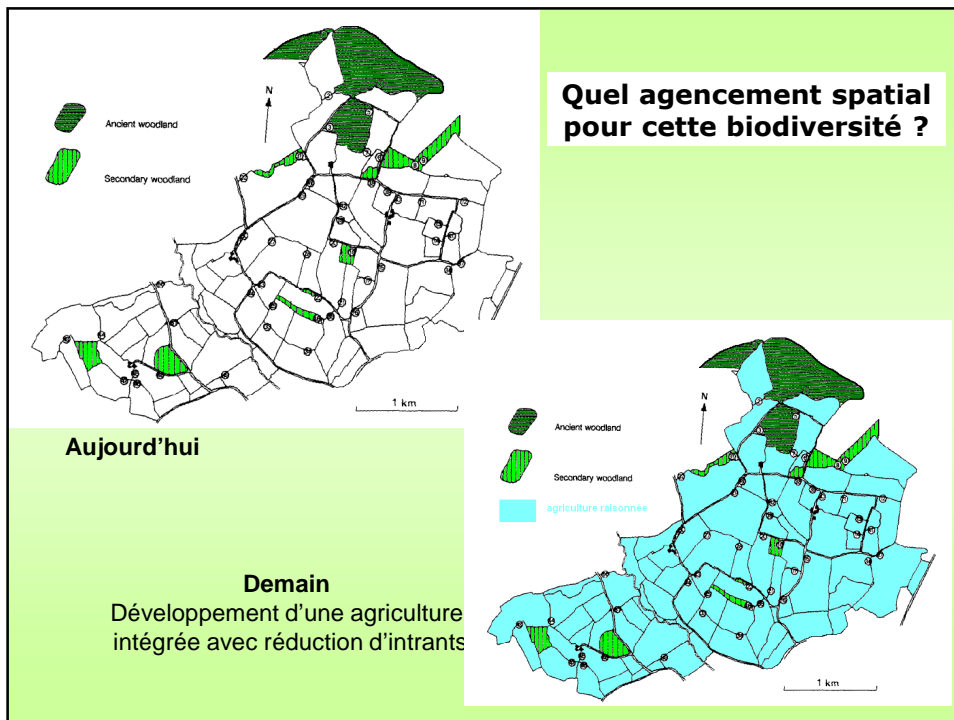
Doit-on «biodiversifier» en moyenne sur tout le territoire ?

Doit-on réserver des zones (régions, bassins versants) à la production ?

Doit-on, dans une région, diversifier en moyenne ou créer des zones refuges de biodiversité (mosaïque) ?

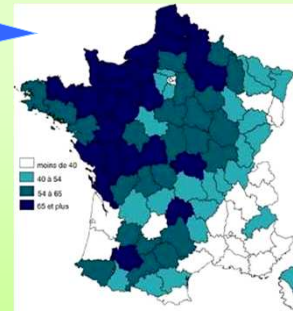
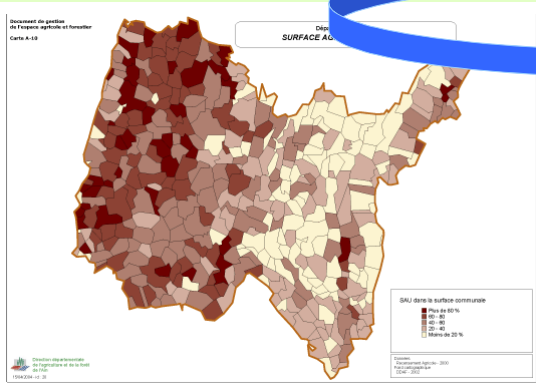
Mais pour qui ?

- plantes supérieures dont mauvaises herbes ?
- oiseaux, insectes ... ?
- citoyen urbain ?
- agriculteur ?



Quel agencement spatial pour cette biodiversité ?

Paysage local – bassin versant
Région - Pays ?



Concentrer la biodiversité sur les bords ?



***Absence de bord de champ** : Peu d'effets positifs pour la protection de l'environnement, le développement du gibier ou la diversité biologique.



***Présence d'une bordure** : forme la plus étudiée avec effets positifs (pollution, corridors, flore, ...). Couvert végétal à base de flore naturelle ou semée.

Risques : pénétration et prolifération d'espèces envahissantes
Temps de gestion, mais financement possibles

Prairies

Prairie = terrain couvert d'herbes ou de plantes fourragères destinées à l'alimentation du bétail

Occupent 20% du territoire, 2/3 sont fertilisées

25% ont disparu depuis 1970



Prairie = milieu exploité en agriculture et donc touché par les problèmes liés à l'agriculture intensive.

MAIS potentiellement = milieu renfermant de nombreuses espèces spécifiques à ce milieu ou d'espèces ayant trouvé refuge dans ce milieu.

► **gestion difficile pour concilier protection et productivité**
(même raisonnable)

- Abel & Strenna, 2005. Evolution des effectifs de population hivernante de pie grièche ... Bourgogne Nature, 36-37
- Aubertin C. & Vivien F.D. 1998. Les Enjeux de la biodiversité. Ed. Economica. P. 112.
- Aymonin GG. 1976. La baisse de la diversité spécifique dans la flore des terres cultivées. Vè Colloque International sur l'écologie et la biologie des Mauvaises herbes. 195-202.
- Baillie SR & Gregory RD. 1997. Farmland bird declines: patterns, processes and prospects. BCPC Symposium Proceedings, N°69: Biodiversity and conservation in agriculture. 65-88.
- Callaway R.M., Kikodze D., Chisboshvili M., Khetsuriani L. 2005. Unpalatable plants protect neighbors from grazing and increase plant community diversity. Ecology, 86, (7), 1856-1862.
- Chantelot E. 2003. L'enhergement de la vigne. Document ITAB. 4 pages.
- Chaubet B., 1992. Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. CC, 18, 45-63.
- Chauvel B. et Gasquez J. 1993. Le coquelicot est il symbole de naturel ? Colloque : Faut-il sauver les mauvaises herbes? Gap. France. Ed. Conservatoire Botanique National de Gap-Charance. P. 237.
- Harlan J.R. 1975. Les plantes cultivées et l'homme. Ed. Presses Universitaires de France. p.405.
- Diaz S, et al. (2006) Biodiversity loss threatens human well-being. PLoS Biology 4 : 1300-1305.
- Hole et al., 2005. Biological Conservation, 122, 113-130.
- Jauzein, P. 2001 L'appauvrissement floristiques des champs cultivés, Agriculture et biodiversité des plantes - Dossiers de l'Environnement de l'INRA, (eds. S Le Perchec, P Guy & A Fraval) 21, 65-78. INRA, Paris, France.
- Lévêque C. et Mounolou J.C. 2001. Biodiversité. Ed. Dunod. P. 248.
- Marshall & al. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Research 43, 77-89
- Maurer-Troxler et al., 2006. Revue suisse Agric. 38 (2): 89-94
- Odum, E.P., 1959 Fundamentals of ecology. Philadelphia, W.B. Saunders. 546 p.
- Parizeau M.H. 1997. La biodiversité, tout conserver ou tout exploiter. Ed De Boeck Université. p. 214.
- Usher M.B. 1997. Biodiversity on agricultural land: habitats, species and hotspots. BCPC Symposium Proceedings, N°69: Biodiversity and conservation in agriculture. 1-14.
- van Elsen, T. 2000. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. Agric. Ecosystems & Env. 77, 101-109.
- Zhang et al., 2007. Ecological economics in press
- **Centre de ressources** : <http://www-crb.jouy.inra.fr> / **Conservatoire botanique** <http://www.see.it/cbn/>
- Cours sur internet : http://www.bio.umontreal.ca/cours/Plantes_Utilis/Plantes.htm
- Diabrotica - www.inra.fr/content/download/5214/51262/file/Questions+reponses+Diabrotica.pdf -
- Données générales : Courrier de l'Environnement. 1995. N°25. Ed. INRA., 1998. N°34. Ed. INRA.
- **Eco-conditionnalité** : <http://www.agriculture.gouv.fr/spip/> ; **Faucon pèlerin** : La Hulotte 2001. n°46-47.
- **Grenelle de l'environnement** - <http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelle-environnement/>
- Législation : <http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/>
- **Natura 2000** : <http://natura2000.environnement.gouv.fr/>, **Résistance aux herbicides** : <http://www.weedscience.com>