



Comment appliquer la notion d'intensification écologique en agriculture et foresterie?

Séminaire FORGECO (projet ANR)
Grenoble 3 et 4 décembre 2013
Exposé de Michel Griffon

Origines du concept

- « **Towards a doubly green revolution** » 1995.
« l'Equation Conway »: produire plus, à faible coût, en respectant l'environnement
- Les travaux du CIRAD: hauts rendements à partir de facteurs de production naturels (agriculture de conservation – SCV)
- Le Grenelle de l'environnement: « Haute valeur environnementale » et « Agriculture écologiquement intensive »
- Les réflexions dans le cadre de l'ANR

Le raisonnement

- L'origine: « **Natura non nisi parendo vincitur** » de Francis Bacon: on ne commande à la nature qu'en lui obéissant
- Faire produire plus à un système suppose **d'abord de conserver** à ce système ses structures et fonctionnalités (non dégradation), de les **corriger** (aggradation) et **d'amplifier** ses flux constitutifs de **manière viable**
- Opposé au **forçage**: **augmenter fortement le volume d'un petit nombre de flux entrants** (facteurs de production), et introduire des **molécules de contrôle** pour obtenir une production abondante, au risque de déformer le système et de lui faire produire en conséquence des externalités négatives.

intensivité

- C'est ce qui met en œuvre des **moyens** importants en espérant un **résultat** à son tour important
- Un système dynamique que l'on manipule en augmentant les intrants connaît une intensification
- Si on a un processus Y avec des intrants $I = \{i_1 \dots i_n\}$ et des produits $P = \{p_1 \dots p_n\}$, on dit que le processus est intensif en facteur i_x si i_x est utilisé dans des proportions supérieures à celle qui se rencontre dans des situations de référence (état naturel) et produit un accroissement de produit ΔP , et l'intensivité se représente par i_x/P .

= 1

Intensivité (2)

- C'est un concept proche de la notion de productivité des facteurs utilisée en économie.
- Si la productivité générale Y d'un processus se définit par deux variables, un facteur de productivité A , le stock de capital K , et la quantité de travail L . On a : $Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^{1-\alpha}$ où α est la contribution de la variable K à Y .
- Forme générale: $Y = C \cdot \prod_i x_i^{a^i}$

Climax technique?

$$\sum a^i = 1$$

Intensivité (3)

- Intensif en intrants
- Intensif en capital
- Intensif en eau
- Intensif en travail
- ...
- Intensif en fonctionnalités écologiques? Ou, dit autrement, intensif en intrants écosystémiques
- Ce qui fait appel à **l'écologie fonctionnelle**.

L'écologie fonctionnelle

- Manière dont les organismes réagissent entre eux et avec le substrat. Elle comprend des représentations en termes de:
 - Ecologie trophique (consommation, prédation, parasitisme...)
 - Flux d'énergie
 - Flux d'éléments (C, N, P, eau...)
 - Fonctionnement et structure (éléments et relations)
 - Ecotoxicologie
 - Ecologie de la restauration
- Et devrait inclure les sociétés: consommation, apports exogènes, transformation des structures...

Fonctionnalité

- C'est un sous ensemble fonctionnel – ou processus- d'un système fonctionnel plus vaste (dynamique)
- Exemple: la formation d'une litière forestière:
 - biomasse dans des conditions spécifiques de T° et H°
 - + macro-décomposeurs
 - + bactéries
 - → matière organique
- Autre exemple: un processus de prédation dans une chaîne trophique (carabidés – mollusques)

Comment appliquer l'intensification écologique?

- Pour un agroécosystème donné, on a:
 - Un ensemble de fonctionnalités, et pour chacune...
 - Des techniques (technologie)...
 - Et pour chaque technique, on a des performances qui peuvent être atteintes.
- On a donc une correspondance **fonctionnalités x technologie x performance**
- Donc, des matrices de passage d'une catégorie à l'autre

catégorie	Fonctionnalité	Ce qui peut être intensifié
Fertilité du sol	Fixation de N par des légumineuses	Diversité des légumineuses et densité
	Mulchs et litières : décomposition de la biomasse	Importance et épaisseur du mulch
	Piégeage des nitrates par des plantes	Ordre des cultures
	Humification par la faune du sol, les champignons et les bactéries ; production de matière organique	Quantité de biomasse restituée au sol (dont résidus de récolte) et importance de la faune du sol, champignons et bactéries
	Minéralisation par la phase vivante du sol	Apports de bactéries minéralisantes
	Micorhizes transportant les nutriments	Ensemencement en micorhizes, micorhization
	Apports fumiers et lisiers (effluents organiques animaux)	Quantité d'apports de nutriments
	Apports de composts et composants organiques (plumes, digestats...)	Quantité d'apports de nutriments
	Apport de « biochar », carbone adsorbant	Quantité d'apport d'amendement favorisant la structure du sol (charbon pulvérulent)
	Recyclage des nutriments par enracinement profond	Densité des plantes recyclantes
Structuration du sol et lutte contre l'érosion	Action structurante de la faune et de la flore : canaux, agrégats...	Densité de la phase vivante du sol
	Plantes de service restructurant les sols : perforation, structuration de la rhizosphère	Densité des plantes de service
	Extension de l'horizon A par la faune et les apports de biomasse	Densité de la phase vivante su sol et de la biomasse retournant au sol
	Rôle de l'humification dans la formation des complexes argile - humus	Densité de la matière organique
	Rôle du carbone adsorbant dans la fixation de l'humus	Quantité d'apport d'amendement carbone
	Rôle du calcaire dans la structuration	Quantité de chaux pour chaulage
	Structuration mécanique par outils	Outils de travail superficiel, de labour superficiel, de détasement localisé
	Effet des couvertures végétales (vivantes ou mulchs) par la rugosité sur l'empêchement de l'érosion	Surface de couvertures végétales

Circulation de l'eau dans le paysage, le sol et sous-sol	Effet de pompage de l'eau par les plantes et de réduction du stock d'eau du sol	Choix des cultures en fonction des besoins en eau (successions culturales économes en eau)
	Effet de la rugosité du paysage (peuplement végétal) sur l'infiltration et le ruissellement	Densité de couvertures cultivées, de bandes enherbées, de haies, bosquets, arbres, impluviums, travail en courbes de niveau, bassins de rétention
	Effet des couvertures sur l'évaporation de l'eau du sol	Densité des couvertures cultivées
	Effet du peuplement végétal sur l'évitement des incendies	Densité des peuplements anti-incendies
Fonctionnement de la plante	Photosynthèse : Lumière + CO ₂ = biomasse	Densité du couvert végétal vivant
	Capacité à faire face à des aléas climatiques	Choix espèce et variété
	Capacité des racines à sélectionner les nutriments et les valoriser	Choix espèce et variété
	Capacité des racines à utiliser les ressources profondes en nutriments	Choix espèce et variété ; Densité en plantes efficaces
	Capacité des racines à limiter l'utilisation des nutriments (P205)	Sélection, utilisation OGM futurs ; densité de plantes efficaces
	Réaction des arbres à la taille	Importance de la taille

Fonctionnement du peuplement	Compétition entre espèces végétales pour la lumière et les ressources du sol	Choix des espèces dans l'espace et le calendrier
	Diversité des espèces associées	Choix des espèces dans l'espace et dans le calendrier ; choix des variétés
	Circulation des ions dans le peuplement	Micorhization (bis)
Régulation des envahisseurs biologiques	Résistance génétique aux maladies cryptogamiques	Variétés résistantes
	Utilisation de molécules naturelles fongicides	Fongicides du futur (bioinspiration)
	Résistance (ralentissement) des maladies cryptogamiques par mélange de variétés	Importance des mélanges de variétés
	Ralentissement par diversité des espèces dans le paysage	Elaboration d'une mosaïque de parcelles Utilisation de haies
	Lutte mécanique contre maladies cryptogamiques	Façons culturales : enfouissements, broyage des résidus contaminés
	Calage des cycles : dates de semis	Dates de semis défavorisant les maladies
	Modification des conditions environnementales des champignons	Importance de l'éclaircissage vigne, arbres
	Allélopathie pour les végétaux	Successions culturales appropriées et rotations (choix des espèces) Herbicides du futur (bioinspiration)
	Compétition entre espèces végétales pour l'espace	Associations de cultures contre les adventices, dates de semis pour caler les cycles phenologiques
	Destruction mécanique et thermique des adventices	Capacité de travail
	Réseaux trophiques au détriment des ravageurs	Densité d'habitats et d'auxilliaires (haies, bandes enherbées)
	Réseaux de parasitisme fonctionnant au détriment des ravageurs	Densité d'habitats des auxiliaires (haies, bandes enherbées)- infrastructures Importance des lâchers d'auxiliaires
	Relations de défense des plantes vis-à-vis des ravageurs	Utilisation d'éliciteurs et stimulateurs de défenses naturelles Résistance génétique, choix des espèces et des variétés Insecticides du futur (bioinspiration)
	Complexité des réseaux trophiques et de parasitisme, effet de résilience vis-à-vis des envahisseurs biologiques	Constitution d'un écosystème synthétique
	Empêchement physique des attaques des ravageurs (filets...)	Surface protégée
	Substances naturelles adverses aux ravageurs (Préparations naturelles peu préoccupantes)	Quantités administrées
	Effets de leurre des ravageurs	Importance du piégeage

Correspondance entre techniques de production et performances?

	Technologies ζ				
Performances <i>P</i>	+		+		
		+	+	+	+
		+			
			+	+	
				+	+

Matrice 6a. Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures (GC) annuelles (sans irrigation)

[dans un territoire lui aussi spécialisé en GC annuelles]

Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures (GC) annuelles (sans irrigation) [dans un territoire lui aussi spécialisé en GC annuelles]		Production		Economie									
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Soides de Gestion				Robustesse				
					Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	+	-	+	=	+	+	=	+/-	+	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	=/+	=/+	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	=	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=/+	=/+	+	=/+	+	+	+	+	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=	=/-	+/-	=/-	=/-	=/-	+/-	=/-	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces dans la rotation	+/-	=	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
Métapratique	Sous- pratique	Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
		Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limitier le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limitier la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrates	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	=	=	+	=	=	+	=	+	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	=	-	-	=	=	=	=	=	-	-	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	=	+	=	=	=	+	+	=	=/+	=/+	=/+	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=/+	+/-	=	+	+	+	=	+	=/+	+	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+/-	+	=	=	=	+	+	=	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces dans la rotation	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	=/+	=/+	=	=/+	+	=/+	=

		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
Métapratique	Sous- pratique	Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
		Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa périlabilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=	=	+
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	+	+	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	=/+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=/+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+	+	=	=	=	+	=	=	-	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+	+	=	=	=	=/+	=	=	+/-	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces dans la rotation	+/-	+/-	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	+/-

Correspondances entre fonctionnalités et techniques de production?

	Technologies ζ				
Fonction nalités F_n	+		+		
		+	+	+	+
		+			
			+	+	
				+	+

Fonctionnalités x technologie

catégorie	Fonctionnalité	Techniques agroécologiques
Fertilité du sol	Fixation de N par des légumineuses	Légumineuses dans l'assolement
	Mulchs et litières : décomposition de la biomasse	Mulchs obtenus par action mécanique, chimique ou par le gel ; mulchs importés (paillage, BRF)
	Piégeage des nitrates par des plantes	CIPAN ; bandes enherbées de bords de rivières, haies ripisylves
	Humification par la faune du sol, les champignons et les bactéries ; production de matière organique,	Travail minimum du sol et non travail (no tillage) ; semis-direct ; partiellement strip-till Induction de l'humification par des apports de bactéries (Azotobacter...)
	Minéralisation par la phase vivante du sol	Apports de bactéries minéralisantes (Nitrosomas, nitrobacter)
	Micorhizes transportant les nutriments	Micorhization
	Apports fumiers et lisiers (effluents organiques animaux)	Amendements organiques
	Apports de composts et composants organiques	Composts et composants organiques (plumes, digestats...)
	Apport de « biochar », carbone adsorbant	Biochar
	Recyclage des nutriments par enracinement profond	Cultures précédentes (mil en climat tempéré)

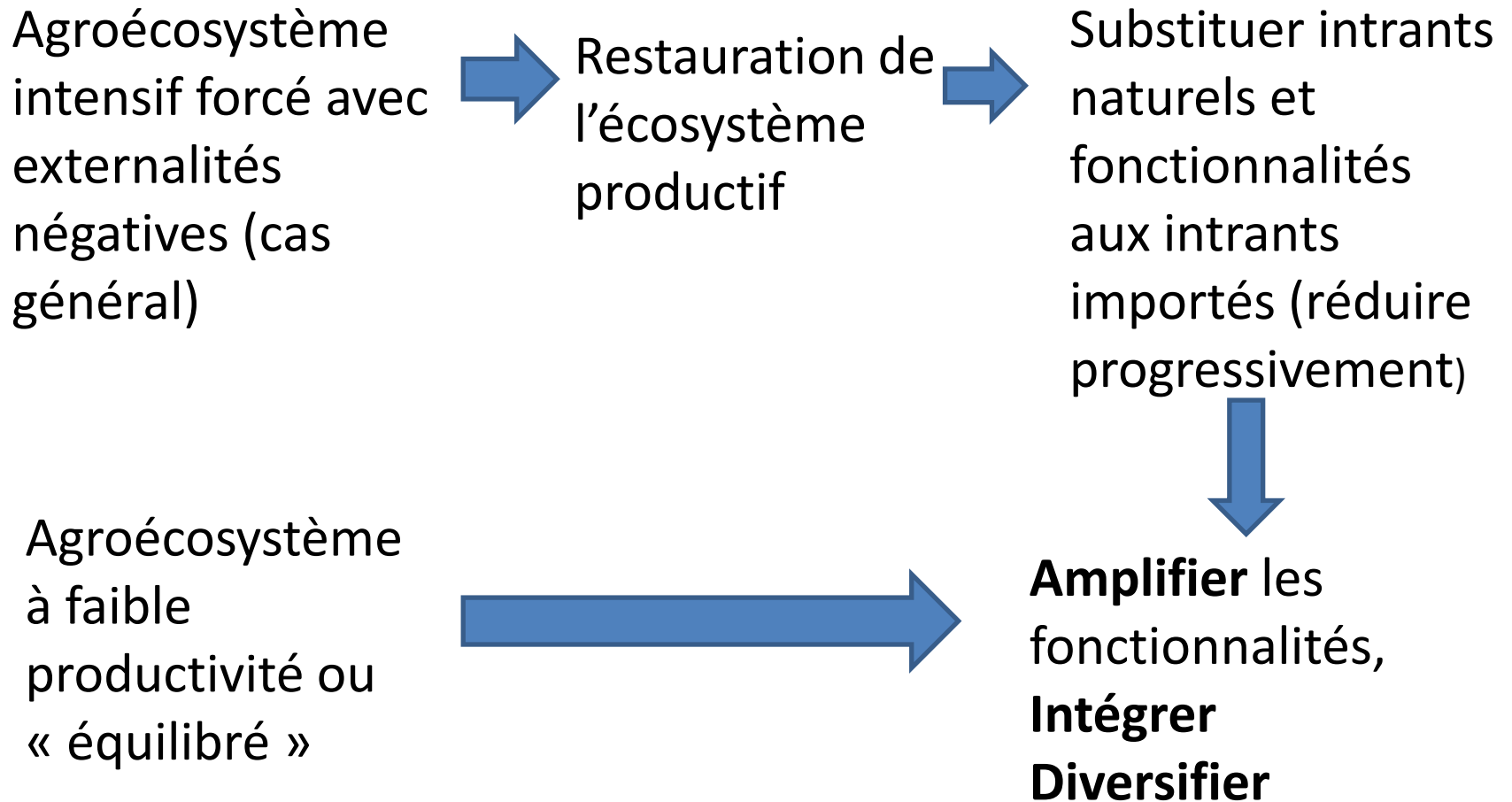
Circulation de l'eau dans le paysage, le sol et sous-sol	Effet de pompage de l'eau par les plantes et de réduction du stock d'eau du sol	Espèces et variétés économes en eau
	Effet de la rugosité du paysage (peuplement végétal) sur l'infiltration et le ruissellement	Courbes de niveau, impluviums, infrastructures écologiques, bassins de rétention
	Effet des couvertures sur l'évaporation de l'eau du sol	Mulchs et couvertures vivantes
	Effet du peuplement végétal sur l'évitement des incendies	Peuplements anti-incendies
Fonctionnement de la plante	Photosynthèse : Lumière + CO ₂ = biomasse	Associations de cultures
	Capacité à faire face à des aléas climatiques	Choix d'espèces et variétés adaptées au climat
	Capacité des racines à sélectionner les nutriments et les valoriser	Choix espèce et variété
	Capacité des racines à utiliser les ressources profondes en nutriments	Choix espèce et variété ;
	Capacité des racines à limiter l'utilisation des nutriments (P205)	Sélection, utilisation OGM futurs
	Réaction des arbres à la taille	Taille
Fonctionnement du peuplement	Compétition entre espèces végétales pour la lumière et les ressources du sol	Cultures associées
	Diversité des espèces associées	Cultures associées
	Circulation des ions dans le peuplement	Micorhization (bis)

Régulation des envahisseurs biologiques	Résistance génétique aux maladies cryptogamiques	Variétés résistantes
	Utilisation de molécules naturelles fongicides	Fongicides du futur (bioinspiration)
	Résistance (ralentissement) des maladies cryptogamiques par mélange de variétés	Mélanges de variétés
	Ralentissement par diversité des espèces dans le paysage	Mosaïque de parcelles Utilisation de haies, Bocage
	Lutte mécanique contre maladies cryptogamiques	Façons culturales : enfouissements, broyage des résidus contaminés
	Calage des cycles : dates de semis	Dates de semis défavorisant les maladies
	Modification des conditions environnementales des champignons	Solarisation (bâchage plastique) Eclaircissage Densité de semis
	Allélopathie pour les végétaux	Successions culturales Herbicides du futur (bioinspiration)
	Compétition entre espèces végétales pour l'espace	Cultures associées
	Destruction mécanique et thermique des adventices	Labour très superficiel, binage, desherbinage, desherbage thermique, faux semis
	Réseaux trophiques au détriment des ravageurs	Habitats des auxiliaires (haies, bandes enherbées) Lutte biologique, lâchers
	Réseaux de parasitisme fonctionnant au détriment des ravageurs	Habitats des auxiliaires (haies, bandes enherbées)- infrastructures
	Relations de défense des plantes vis-à-vis des ravageurs	Eliciteurs et SDN Résistance génétique Insecticides du futur (bioinspiration)
	Complexité des réseaux trophiques et de parasitisme, effet de résilience vis-à-vis des envahisseurs biologiques	Constitution d'un écosystème synthétique
	Empêchement physique des attaques des ravageurs	Filets
	Substances naturelles adverses aux ravageurs (Préparations naturelles peu préoccupantes)	PNPP
	Effets de leurre des ravageurs	Piégeage, phéromones

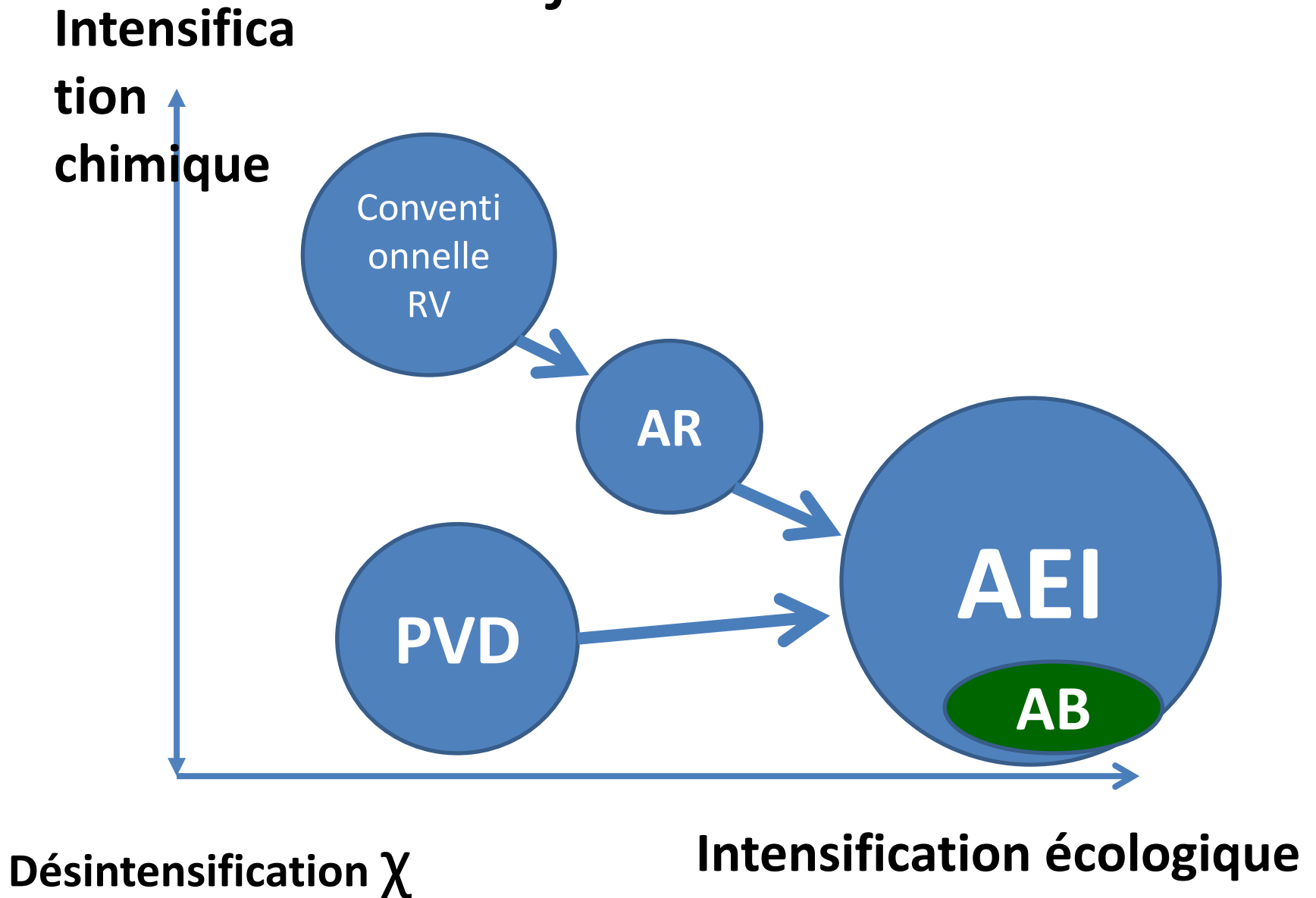
Pour intensifier écologiquement...

- On part d'une situation donnée, pour aboutir à une situation souhaitée (plus intensive écologiquement)
- La situation de départ peut être de deux types différents:
 - Une situation « intensive conventionnelle » avec des externalités négatives; il faut alors passer par une phase de restauration de viabilité
 - Ou une situation « non intensive ou faiblement intensive » sans externalités négatives.
- Puis on peut « amplifier » l'agroécosystème, m'amplification étant la première voie de l'intensification écologique.

Comment intensifier écologiquement un écosystème productif?



Trajectoires



Les trois composantes de l'intensification écologique

- Une fois garantie la viabilité du système à son état de départ...
- On peut pratiquer trois voies d'intensification écologique:
 - L'amplification des fonctionnalités
 - L'intégration des fonctionnalités
 - La biodiversification

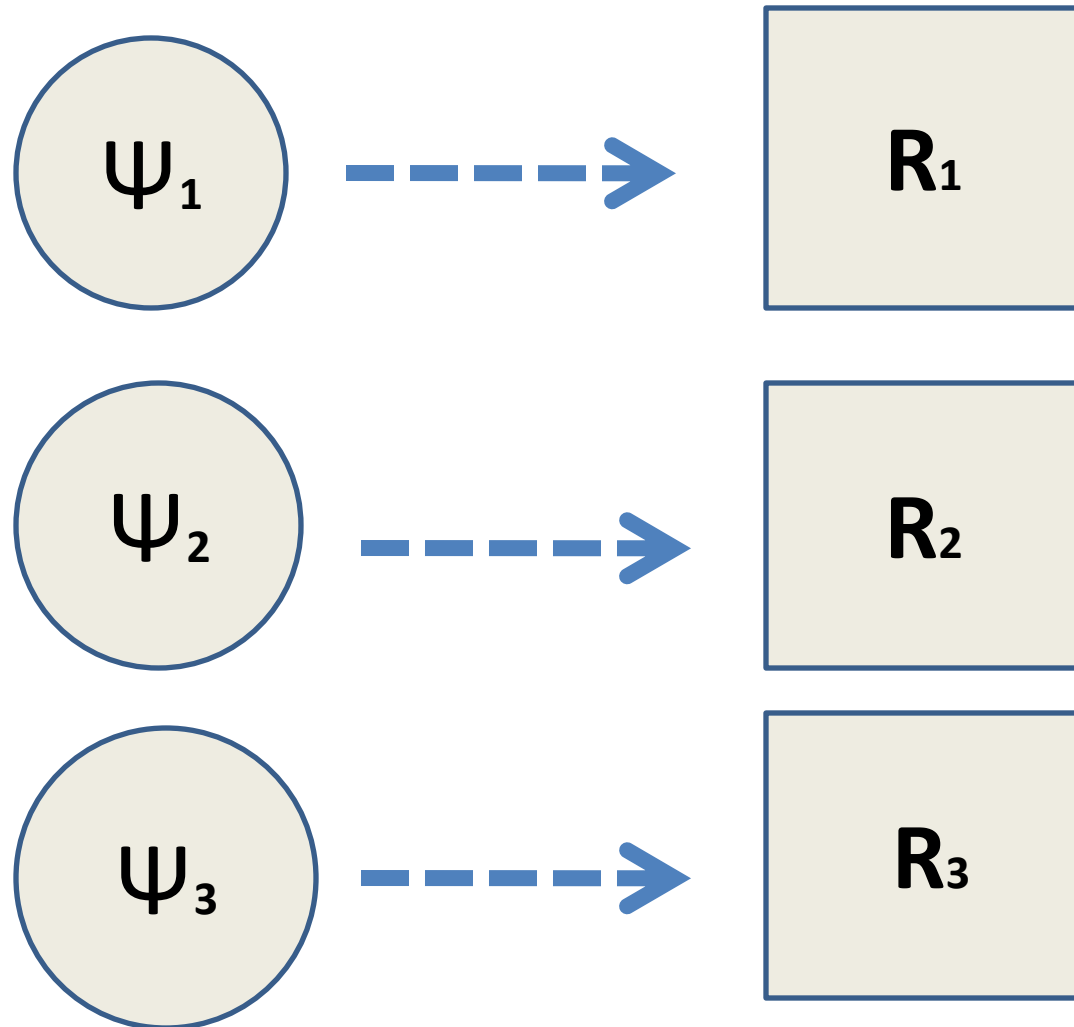
Amplifier les flux fonctionnels

- Conserver un équilibre de viabilité
- Augmenter les flux à un niveau d'ensemble supérieur pour augmenter la productivité
- Fonctionnalités et structure sont associées; exemples:
 - la quantité de matière organique et l'état structural du sol.
 - La quantité de NO_3 stocké et les « fuites » par lixiviation (circuit de N)

Intégrer les fonctionnalités

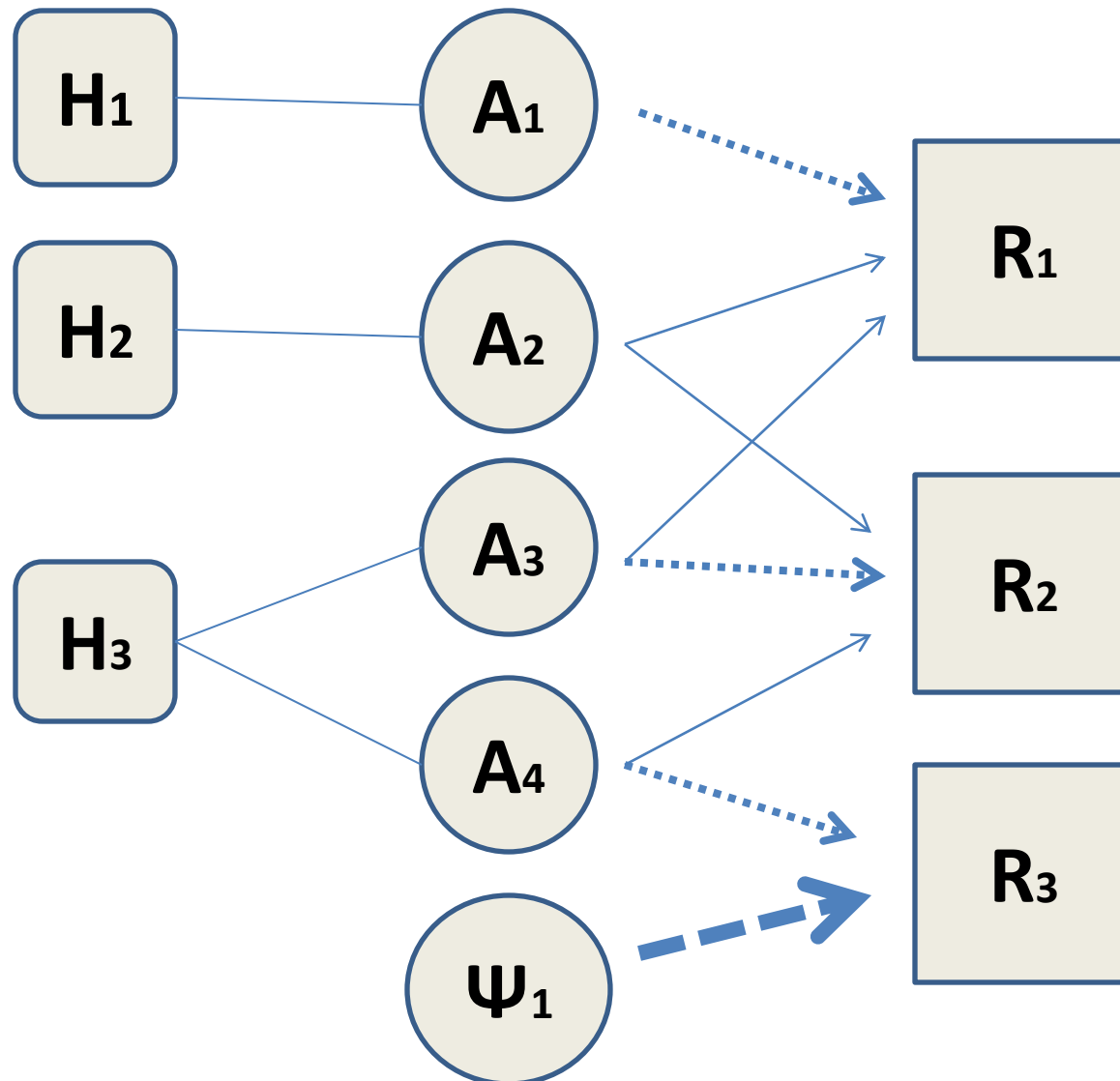
- Les fonctionnalités: un ensemble complexe et solidaire
- Une propriété émergeant de l'intégration: la résilience (qui permet d'amortir les chocs) ; exemples:
 - Pluie violente sur sol nu: externalités négatives, effet splash, conséquence sur les spores de champignon, érosion, ruissellement;
 - pluie sur mulch: infiltration, conservation de l'eau du sol, résistance à la sécheresse (fonctionnalité rugosité, liée à l'hydrologie du sol (réserve), à l'hydrologie du paysage et à la physiologie de la plante cultivée.

Agriculture conventionnelle



A chaque ravageur R_n correspond un traitement phytosanitaire Ψ_n

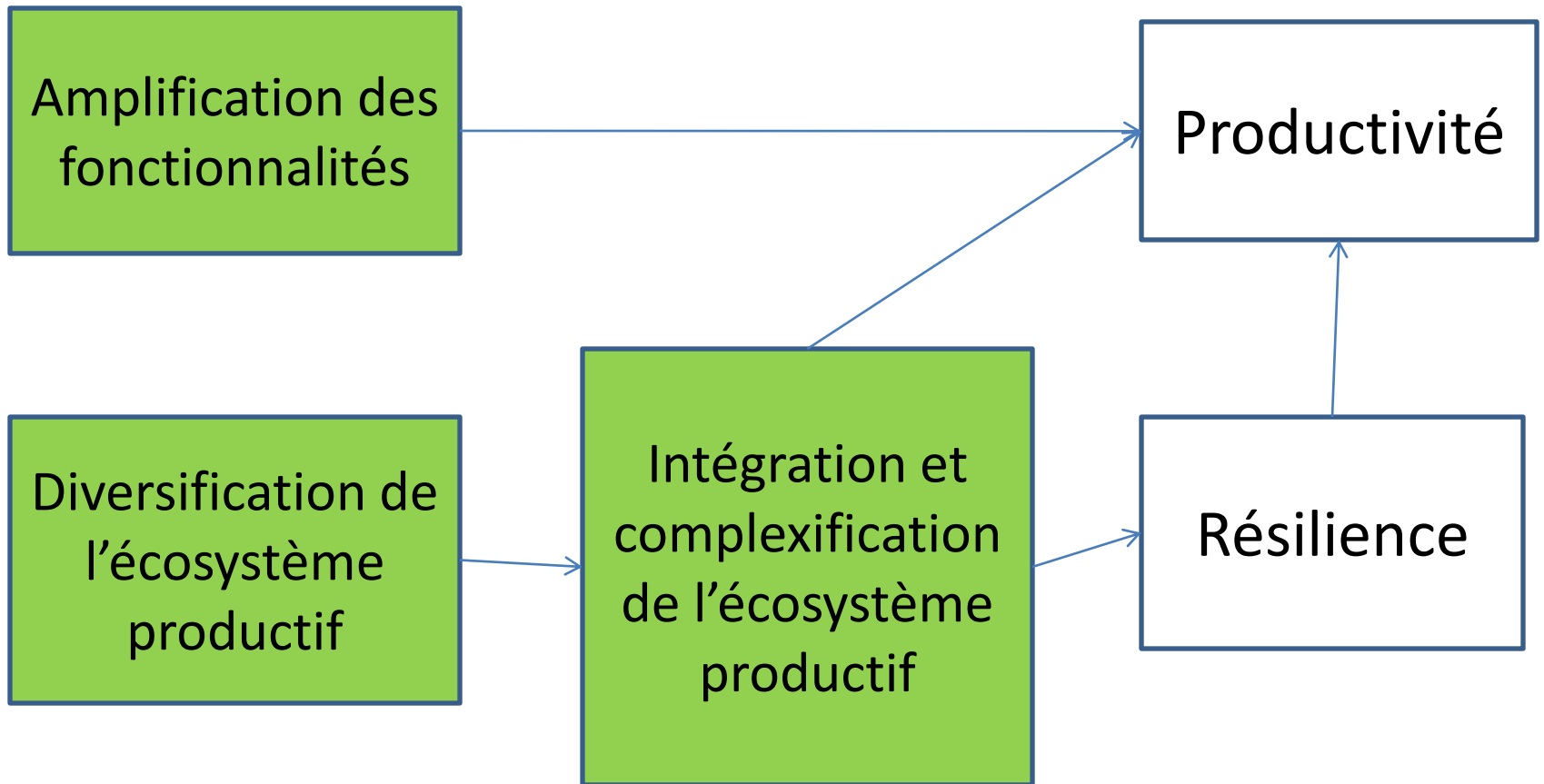
Agriculture écologiquement intensive



A chaque ravageur R correspond un ou plusieurs auxiliaires A qui ont leur habitat H; des traitements phytosanitaires restent possibles

« Biodiversifier »

- La biodiversité permet de multiplier (dupliquer) les fonctions, donc de donner de la résilience; exemple: diversifier les prédateurs d'un même ravageur
- La biodiversité intervient dans différentes fonctionnalités:
 - Faune, flore et bactéries du sol
 - Phytosociologie du peuplement végétal
 - Réseaux trophiques
 - Variétés végétales



Quelques réflexions sur l'agriculture et l'arbre en intensification écologique

- L'histoire de l'agriculture est avant tout celle de l'éradication des arbres et des forêts, ce qui entraîne des fortes externalités négatives
- Pourtant la forêt (comme la prairie) est un écosystème productif viable qui pourrait être exploité en conservant ses fonctionnalités : cf la forêt écologiquement intensive d'Indonésie (G. Michon IRD)

Platon et les sols du littoral grec vers 400 avant JC.

« Ce qui reste à présent, comparé à ce qui existait alors, ressemble à un corps décharné par la maladie. Tout ce qu'il y avait de terre grasse et molle s'est écoulé et il ne reste plus que la carcasse nue du pays. (...) Il y avait sur la montagne de grandes forêts. (...) Il n'y a pas bien longtemps que l'on y coupait des arbres propres à couvrir les plus vastes constructions, dont les poutres existent encore. Il y avait aussi beaucoup de grands arbres à fruits, et le sol produisait du fourrage à l'infini pour le bétail. Il recueillait ainsi les pluies annuelles de Zeus et ne perdait pas, comme aujourd'hui, l'eau qui s'écoule de la terre dénudée dans la mer, et, comme la terre était alors épaisse, et recevait l'eau sans son sein et la tenait en réserve dans l'agile imperméable, elle laissait échapper dans les creux l'eau des hauteurs qu'elle avait absorbée et alimentait en tous lieux d'abondantes sources et de grosses rivières. (...) Telle était la condition naturelle du pays. Il avait été mis en culture, comme on pouvait s'y attendre, par de vrais laboureurs, amis du beau et doués d'un heureux naturel. »

Source : Critias, texte établi par Emile Chambry, Garnier Flammarion, 1969, p. 483-484.

Une synergie plantes annuelles et arbres?

- On peut inventer une phytosociologie alliant les plantes annuelles et les arbres dans des agroécosystèmes
- Les arbres ont en effet des fonctionnalités très utiles à la production:
 - Recyclage des nutriments lessivés en profondeur
 - Production d'un microclimat local
 - Favorise un « effet litière »
 - Réduit le ruissellement et l'érosion
 - ...
- On peut donc réintroduire l'arbre dans l'agriculture

Conclusions

- Ecologie intensive appliquée aux productions végétales:
 - Utiliser directement ou artificiellement (synthétiquement) des **fonctionnalités écologiques**...
 - ... qui, par ailleurs sont inscrites dans le **génome**
 - ...qui recèle un gisement d'innovations potentielles par **bioinspiration** [par exemple la défense des plantes]
- Les arbres, en raison de leur **multifonctionnalité** peuvent jouer un rôle important dans l'intensification écologique

(suite)

- Pour appliquer l'intensification écologique à l'agriculture et la forêt:
 - Pour un lieu donné...
 - Fixer un **objectif** (une visée) liant les différentes productions potentielles (dont les arbres)
 - Etablir la **cohérence performances visées x techniques écologiquement intensives x fonctionnalités**
 - Etablir un plan de **transition**: des obligations réglementaires aux choix libres
 - **Simuler la viabilité** à chaque pas (bilans N, C, P, eau, énergie, ACV, CEG, Bilan financier...)