



Critères et méthodes d'évaluation des performances environnementales des systèmes de production

Christian Bockstaller

UMR Nancy-Université - INRA
Agronomie-Environnement (LAE)
Equipe Agriculture Durable
INRA, BP 20507
68021 Colmar Cedex, France
christian.bockstaller@colmar.inra.fr

BIOPOLE



Alsace Vitae





Introduction



- La montée des enjeux environnementaux (locaux, globaux) depuis les années 90s
 - Une demande croissante de méthodes (outils) d'évaluation
 - de différents acteurs : organismes publics, organismes professionnels agricoles, techniciens, agriculteurs, ...
- Un foisonnement de méthodes d'évaluation (« indicator explosion », Riley 2001)
- Objectifs de la présentation:
 - Faire un point sur la diversité des méthodes existantes à partir de l'expérience en grandes cultures
 - L'état d'avancement de la recherche





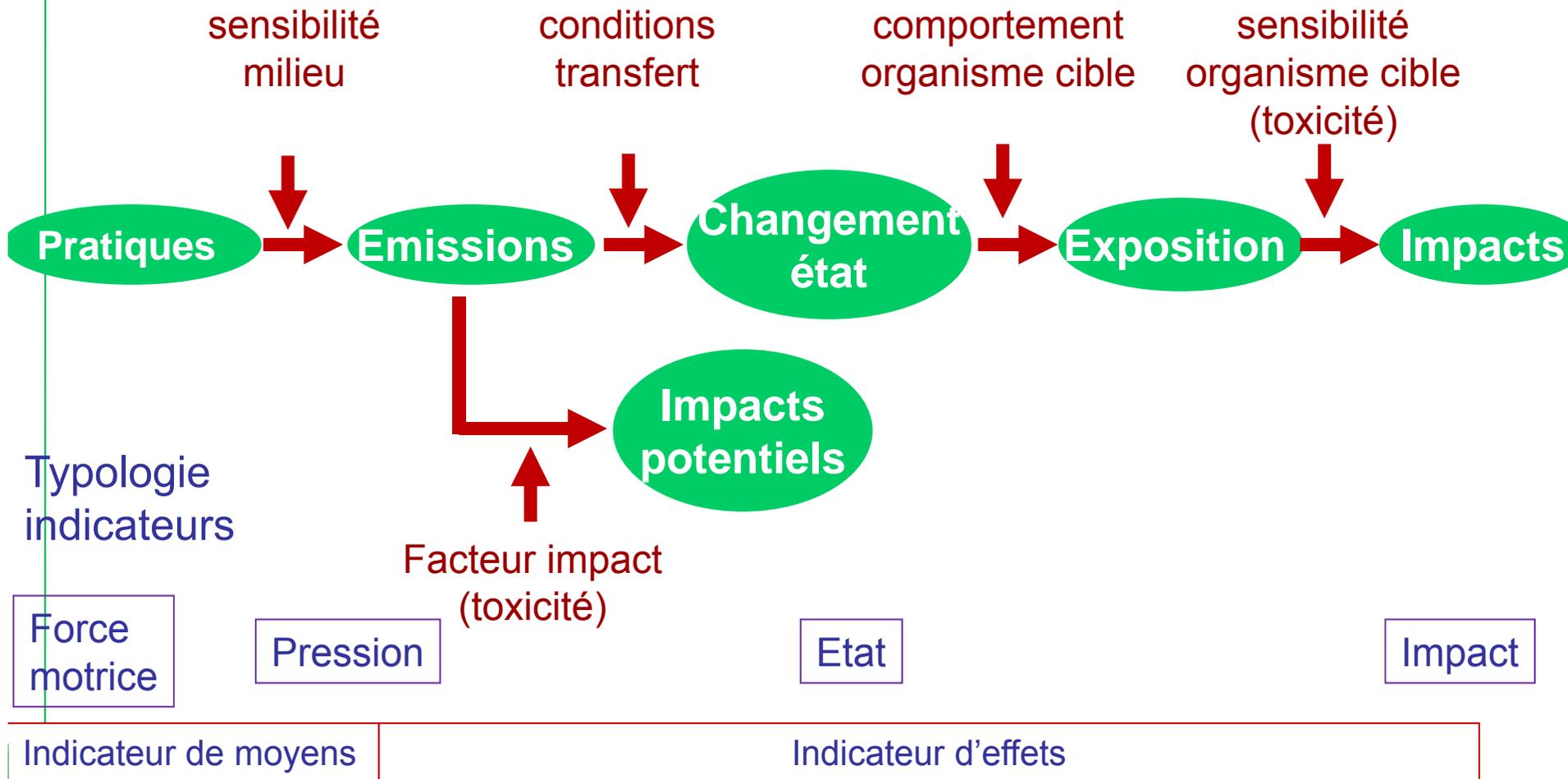
Des questions préalables qui orientent le choix d'une méthode



- La finalité de l'évaluation (**pour quoi** et **pour qui** ?)
 - évaluation ex-post, ex-ante, pilotage en temps réel
- Les objectifs opérationnels (on évalue **quoi** ?) et leurs **priorités** (arbitrages entre objectifs)
 - thématiques, compartiments, impacts, propriétés systémiques (résilience, etc.)
- Les **limites du système** évalué et les échelles de l'évaluation (spatiales **où** ?, temporelles **quand** ?)
 - Prise en compte amont (production intrants), aval (déchets)?
 - Résolution (grain), étendue (limites)
- Contraintes de l'évaluation (budget, temps, données disponibles,), méthodes, (.... **comment** ?)



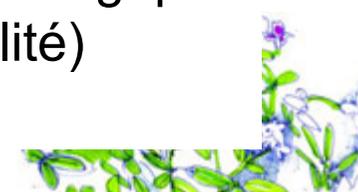
Des pratiques aux impacts - Des impacts aux indicateurs



Typologie indicateurs

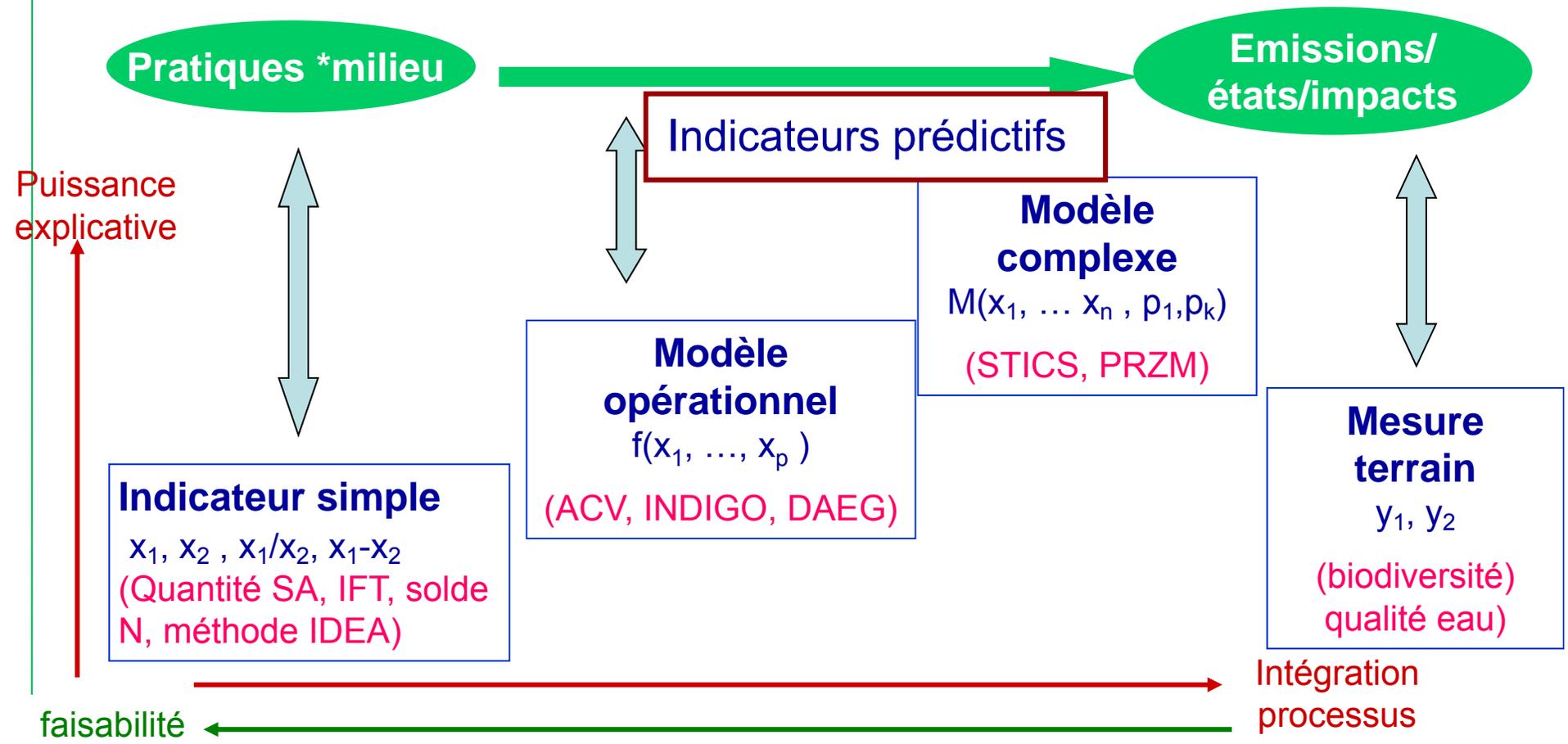
Mesurer les impacts directement: grande difficulté méthodologique (définition, complexité du système) et de moyens (faisabilité)

⇒ Recours à des INDICATEURS



Les différents types d'indicateurs

(adapté de Bockstaller et al. 2008)



Groupes techniques

Evaluation ex-post
(sensibilisation,
état des lieux)



Recherche
(agronomes)

ex-post, ex ante
(simulation, analyse
système)

du végétal, Angers, IC

Recherche, décideurs
(écologues, etc.)

ex-post, pilotage
(état des lieux,
suivi progrès)



Quelques exemples de méthodes

Méthode	Concepteur	Type d'indicateur	Echelle spatiale	Agrégation globale
IDEA , viti arbo lég	Groupe travail DGER	Indicateurs de pratiques	Exploitation	Addition de notes par dimension de durabilité
Liste RMT OAT	Institut élevage Ch Agri Picardie et al.	Indicateurs de pratiques , sensibilité milieu	Exploitation	Aucune: liste indicateurs
DAEG	Agro-Transfert Picardie	Indicateurs d' émission ou de pratiques	Parcelles et exploitation	Pas d'agrégation entre thématique
INDIGO viti (arbo lég)	INRA Colmar	Indicateurs d' émission (ou risque)	Parcelles/ exploitation	Pas d'agrégation entre thématique
EIOVI viti	Université Trévis (I) FIBL (CH)	Indicateurs d'émission, de risque, d'état (biodiv.)	Parcelle	Oui arbre de décision , ss-ensembles flous
MASC (viti arbo lég)	Groupe INRA	Indicateurs de risque, d'émission, de pratiques	Système de culture	Oui : globale pour les 3 dimensions arbre de décision
ACV(Salca) viti arbo lég	Multiples, (INRA Rennes) Agroscope Zurich	Indicateurs d'impact (potentiel)	Processus- parcelles - exploitation	par impact (facteur d'impact Ex: équivalent CO2)



La méthode IDEA

(Vilain et al. 2000, Zahm et al. 2008)

Grille IDEA 3 (janvier 2008) Échelle de durabilité agro-écologique

Composantes	Indicateurs		Valeurs maximales	
Diversité domestique	A1	Diversité des cultures annuelles ou temporaires	14	Total plafonné à 33 unités
	A2	Diversité des cultures pérennes	14	
	A3	Diversité animale	14	
	A4	Valorisation et conservation du patrimoine génétique	6	
Organisation de l'espace	A5	Assolement	8	Total plafonné à 33 unités
	A6	Dimension des parcelles	6	
	A7	Gestion des matières organiques	5	
	A8	Zones de régulation écologique	12	
	A9	Contribution aux enjeux environnementaux du territoire	4	
	A10	Valorisation de l'espace	5	
	A11	Gestion des surfaces fourragères	3	
Pratiques agricoles	A12	Fertilisation	8	Total plafonné à 34 unités
	A13	Effluents organiques liquides	3	
	A14	Pesticides	13	
	A15	Traitements vétérinaires	3	
	A16	Protection de la ressource sol	5	
	A17	Gestion de la ressource en eau	4	
	A18	Dépendance énergétique	10	



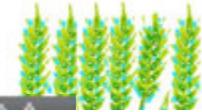
$$\text{Pression polluante} = \frac{\sum \text{Surface développée}}{\text{SAU}} \approx \text{IFT}$$

Pondération : k = 1,5 pour herbicide totaux

Nancy;



Liste RMT OAAT (Guillemin et al. 2007)



Site internet du RMT: sélection des indicateurs en fonction des enjeux , etc.

- Découvrir le réseau
- Présentation du RMT OAAT
- Historique du projet
- Les acteurs du RMT OAAT
- Contacts
- Modalités de référencement au RMT

Catalogue des indicateurs

Des indicateurs pour caractériser la participation des exploitations agricoles d'un territoire au développement durable

Recherche: Réinitialiser

Axe: Environnement

Enjeu: Produits phytosanitaires

Compartiment: Eau

Type: Tout

Phosphore Produits phytosanitaires	Eau Sol	Parcelle pentes >3%	Etat	moyennement facile	faible	Projet ADAR Observatoire
Produits phytosanitaires Biodiversité	Eau Air	IFT	Pression	moyennement facile	moyenne	IDEA
Perte azote Phosphore Produits phytosanitaires	Eau	Surface drainée	Etat	facile	faible	Guide des indicateurs OPA 2007

Accès au
descriptif





DAE-G (Ossard et al. 2009)



Approche qualitative inspirée pour partie d'INDIGO
Plus de thématiques
Calculateur sur internet. interface avec cartes. etc.

EXPLOITATION AGRICOLE

Parcelles

Milieu X Pratiques

- Pollution diffuse des eaux de profondeur par les nitrates
- Pollution diffuse des eaux de surface par les produits phytosanitaires
- Pollution diffuse des eaux de profondeur par les produits phytosanitaires
- Erosion des sols
- Evolution du stock de matière organique dans les sols

Pollutions ponctuelles

Biodiversité

Conservation, création

Production et gestion des déchets

Consommation d'eau

Nuisances sonores et olfactives

Pollutions de l'air

Gaz à effets de serre

Gaz acidifiants

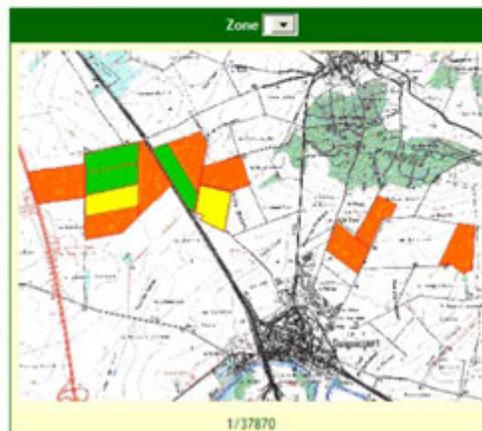
Volatilisation de matières actives

Consommation et production d'énergie



2005 Plan parcellaire Exploitation Ge
Synthèse du DAEG [Vidéo des indicateurs](#) [Rapport de diagnostic](#)

- Eau - volet Azote
- Eau - volet Phyto
- Risque de pollution des eaux de profondeur
 - Sensibilité du milieu au lessivage
 - Potentiel de lessivage
 - Vulnérabilité aquifères
 - Potentiel de transfert des MA en profondeur
- Risque de pollution des eaux de surface
 - Sensibilité du milieu au transfert horizontal
 - Potentiel de transfert horizontal
 - Aménagements particuliers
 - Potentiel de transfert des MA vers la surface
- Sensibilité du milieu à la drifte
- Autres indicateurs
 - Dangerosité des produits
 - Quantité de M.A. /ha



Potentiel de transfert d'une substance active		Quantité de subst. active (g)	GUS		
			< 1.5	1.5-2.5	> 2.5
Couverture du sol (%)	< 30	> 500	très faible	fort	très fort
		50-500	très faible	moyen	fort
		< 50	très faible	faible	fort
	30-70	> 500	très faible	moyen	fort
		50-500	très faible	faible	moyen
		< 50	très faible	très faible	faible
	> 70	> 500	très faible	faible	moyen
		50-500	très faible	très faible	faible
		< 50	très faible	très faible	très faible



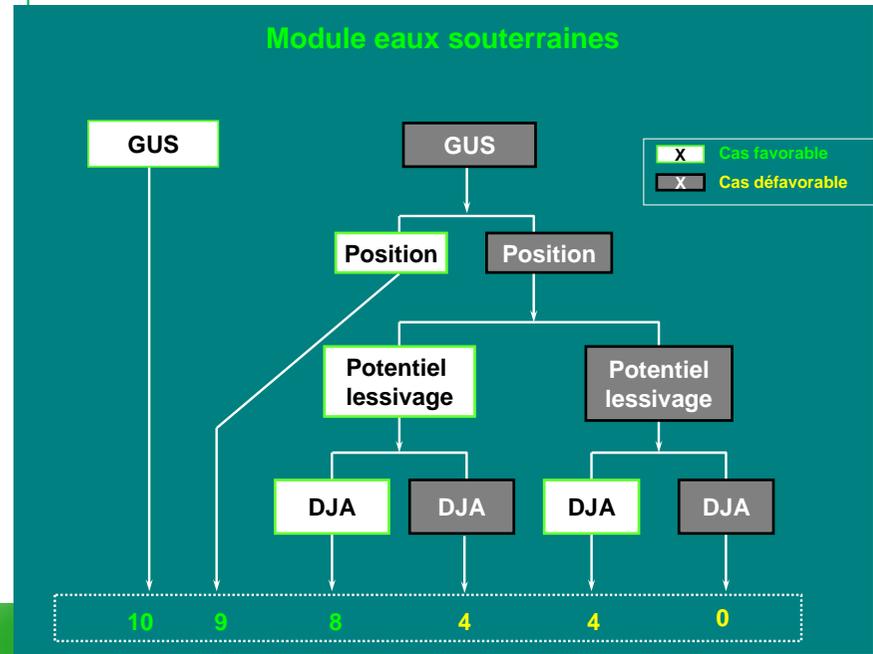


La méthode *Indigo*



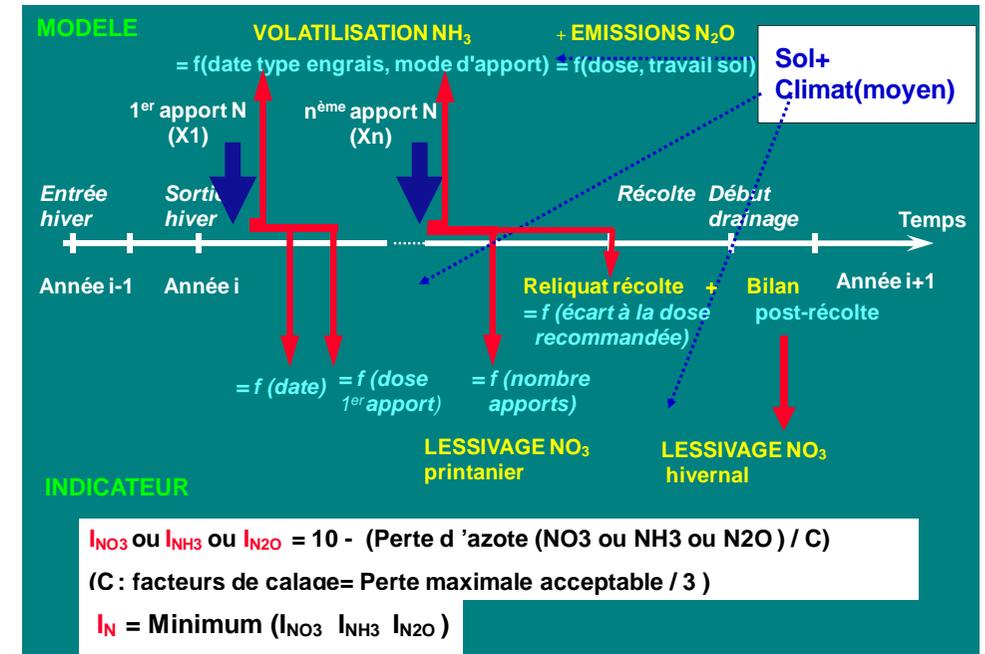
- Travaux pionniers depuis 1993 sur la méthode et aspects méthodologiques (agrégation, validation, etc.)
- Indicateurs basés sur modèles opérationnels quantitatifs ou qualitatifs

Indicateur I-Phy



Arbres de décision associant sous-ensembles flous

Indicateur azote I_N



Modèle opérationnel quantitatif





La méthode **Indigo**



Diagnostic sur parcelles exploitation

Analyse des pratiques

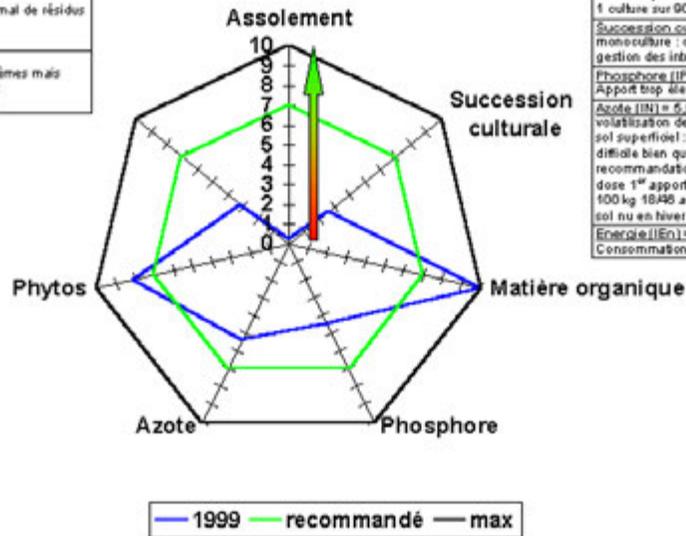
POINTS FORTS et FAIBLES de L'EXPLOITATION

Points forts

Matière organique (MO) = 10
 très bon rendements
 le maïs grain laisse pas mal de résidus à la récolte
 labour pas trop profond
 Phytos (I-Phy) = 3,1
 TB : maïs adhésif à problèmes maïs
 désherbage sur la rang :
 = réduction des risques

Points faibles

Assolement (IAg) = 0,2
 Grandes parcelles
 1 culture sur 90 % SAU
 Succession culturale (ISC) = 2
 monoculture : cohérence du système
 gestion des intrants plus difficile
 Phosphore (IP) = 4,5
 Apport trop élevés (impasse pour
 Azote (IN) = 5,5
 volatilisation de l'urée
 sol superficiel : gestion de l'azote
 difficile bien que dose proche de
 recommandations (215 kg N/ha
 dose 1^{er} apport à réduire :
 100 kg 18/48 au semis ?)
 sol nu en hiver
 Energie (IE) = 3,2
 Consommation parties engrais



Exemple de programme

Exploitation 2 (parc. 8 ruissellement)

I-Phy = 5,4

Risques

Date	Produits	Mat Active	Dose	ESO	ESU	Air	Global
16/03/99	Gratil	amidosulfuron	8	5,5	6,8	10,0	8,0
16/03/99	Celio	clodinafop-propargyl	30	10,0	7,2	10,0	9,4
16/03/99	Celio	cloquintocet-mexyl	8	10,0	7,3	10,0	9,5
16/03/99	First	diflufenicanil	32	10,0	5,9	4,7	7,5
16/03/99	First	ioxynil	60	10,0	6,6	6,4	7,6
16/03/99	First	bromoxynil phenol	100	10,0	6,6	10,0	8,4
05/04/99	Courtex T	chlorméquat chlorure	690	9,4	8,2	10,0	8,5
29/04/99	Ogam	époxyconazole	31	9,7	6,0	10,0	9,1
29/04/99	Ogam	krésoxim-méthyl	31	10,0	8,1	10,0	9,7
03/05/99	Cérone	éthéphon	144	10,0	8,3	10,0	9,1
03/05/99	Courtex T	chlorméquat chlorure	276	9,4	8,4	10,0	8,8
24/05/99	Amistar	azoxystrobine	63	10,0	8,3	10,0	9,3
24/05/99	Opus	époxyconazole	31	9,7	8,3	10,0	9,6

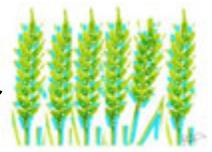
Travaux récents sur bassin versant (Wohlfahrt et al. 2010)



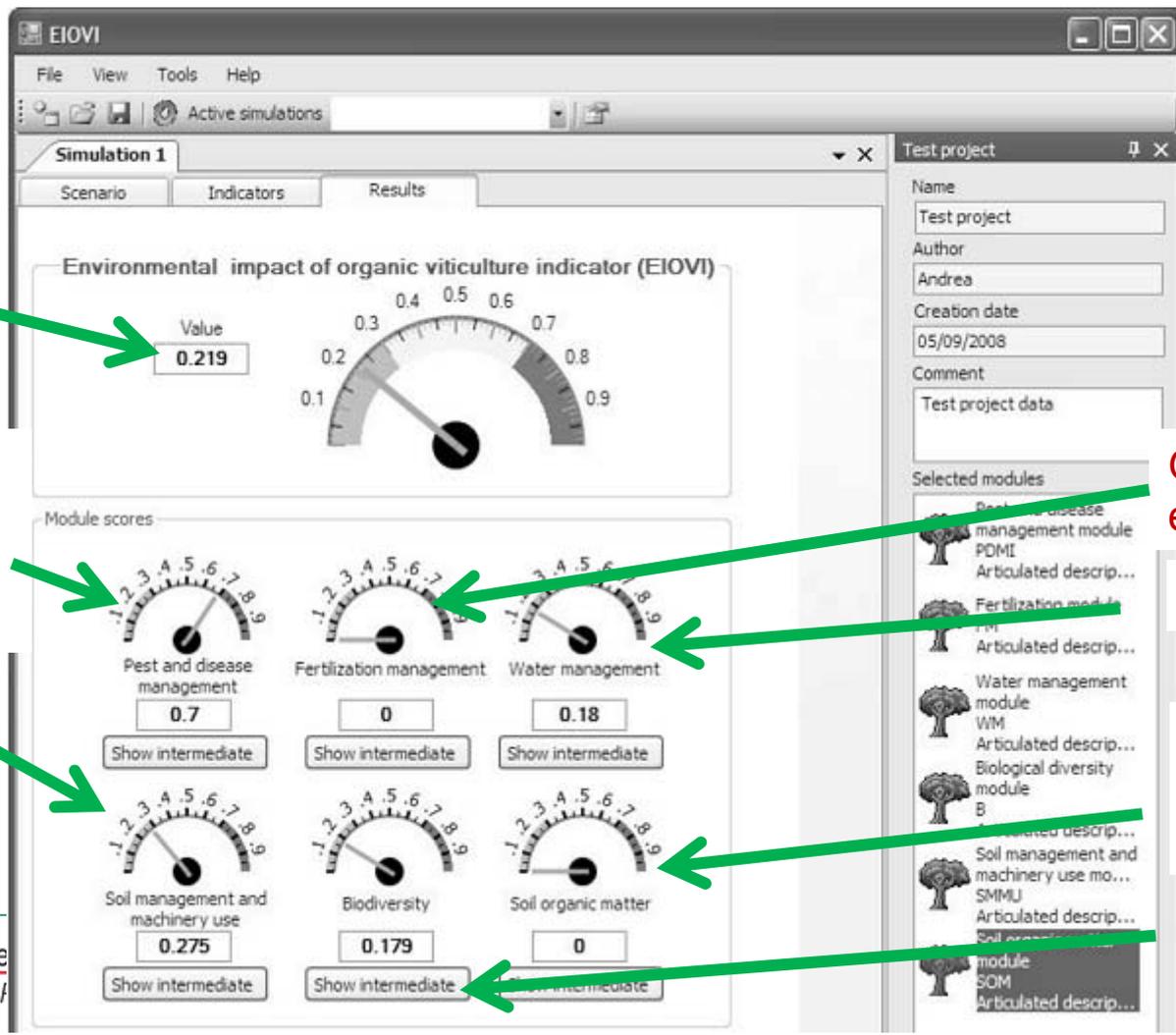


La méthode EIOVI:

environmental impact of an organic viticulture indicator
(Fragoulis et al. 2009)



- Utilise des arbres de décision associant des sous-ensemble flous



Indicateur global

Gestion protecti. plantes (indic. EPRIP, Padovani et al. 2004)

Utilisation machine

Gestion engrais

Gestion eau

M.O. sol (basé sur INDIGO)

Biodiversité





Le modèle MASC

Projet ADD Discotech,
(Sadok et al. 2009) et GCHP2E



Utilise le logiciel DEXi (Bohannec et al. 2008)

DEXi - [Durabilite Totale [*C:\DOCUME~1\C7134-1.BOC\LOCALS~1\Temp\MASC_V1_18-12-2007 .dxi]]

File Edit Window Help

Model Options Evaluation Charts

Entrée de l'attribut (variable, indicateur, e

Arbre de décision

Echelle

Fonction d'utilité : Règles de décision « si alors »

Utilisation de poids (Ex : minimum 15 %)

Decision rules Durabilite Totale

	Durabilite Economique	Acceptabilite Sociale	Durabilite Environnementale	Durabilite Totale
1	tres faible	tres faible	tres faible	tres faible
2	tres faible	tres faible	faible a moyenne	tres faible
3	tres faible	tres faible	moyenne a elevee	tres faible
4	tres faible	tres faible	tres elevee	tres faible
5	tres faible	faible a moyenne	tres faible	tres faible
6	tres faible	faible a moyenne	faible a moyenne	tres faible
7	tres faible	faible a moyenne	moyenne a elevee	tres faible
8	tres faible	faible a moyenne	tres elevee	tres faible
9	tres faible	moyenne a elevee	tres faible	tres faible
10	tres faible	moyenne a elevee	faible a moyenne	tres faible
11	tres faible	moyenne a elevee	moyenne a elevee	tres faible
12	tres faible	moyenne a elevee	tres elevee	tres faible
13	tres faible	tres elevee	tres faible	tres faible

ACTUEL Bourg

ACTUEL PC C-B-O

ACTUEL Mame

Bourg

PC 1 bis

PC 1

Marne Meux

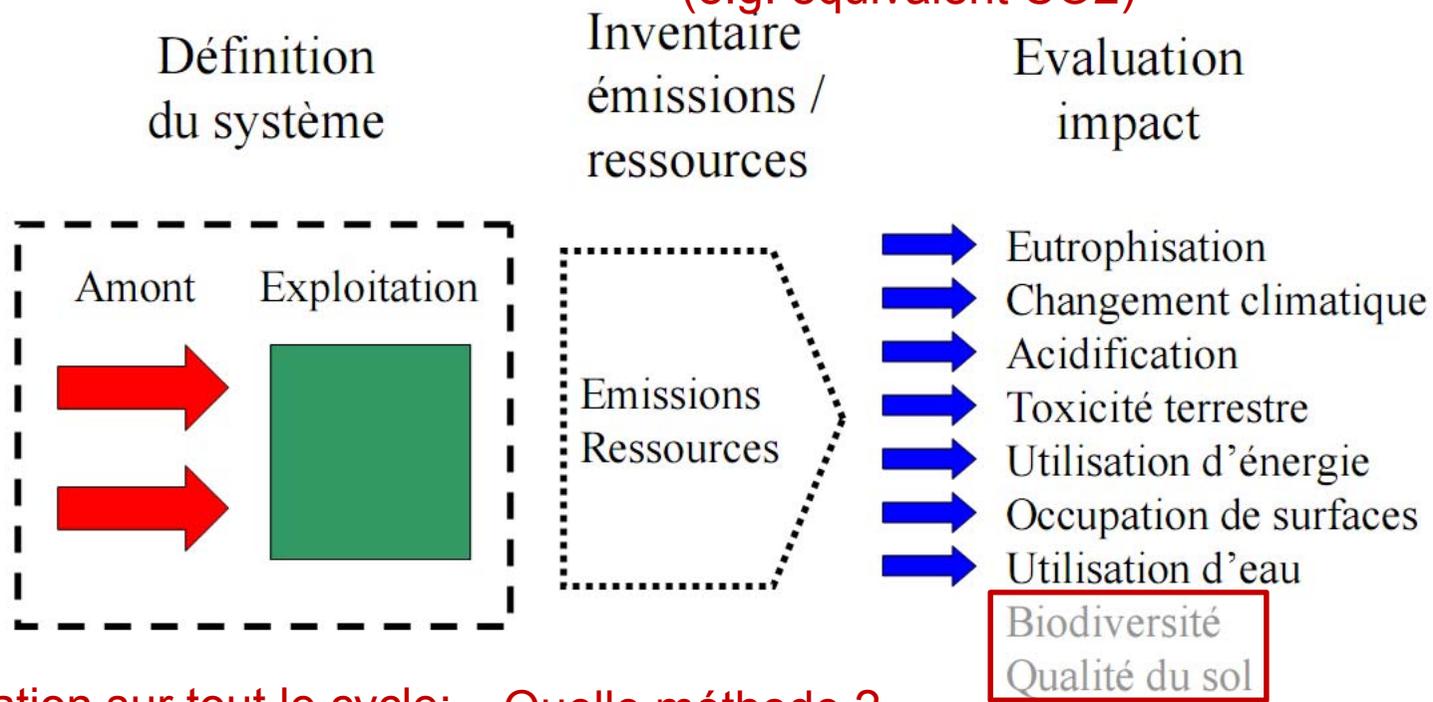
Marne Moins



L'analyse de cycle de vie



- Une méthode normalisée issue de l'industrie et adaptée à l'agriculture
- Une communauté scientifique **Agrégation par impact (e.g. equivalent CO2)**



Évaluation sur tout le cycle:
 -« du berceau à la tombe »
 - Aval en agriculture ?

Quelle méthode ?
 - coefficients
 - modèles

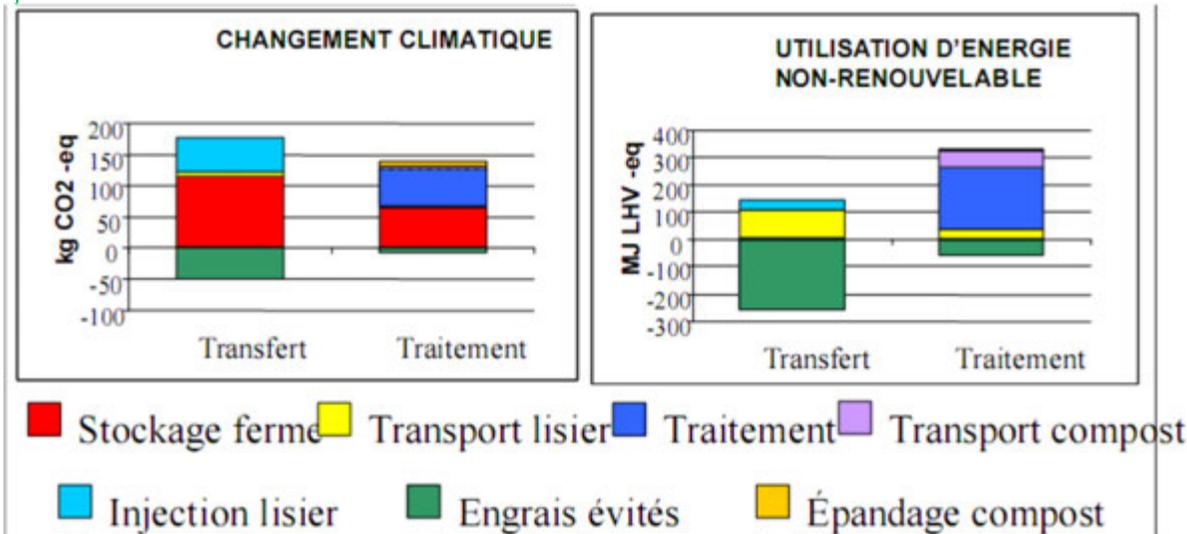
Quels impacts ?

Van der Werf , 2009 d'après Geier 1999





L'analyse de cycle de vie

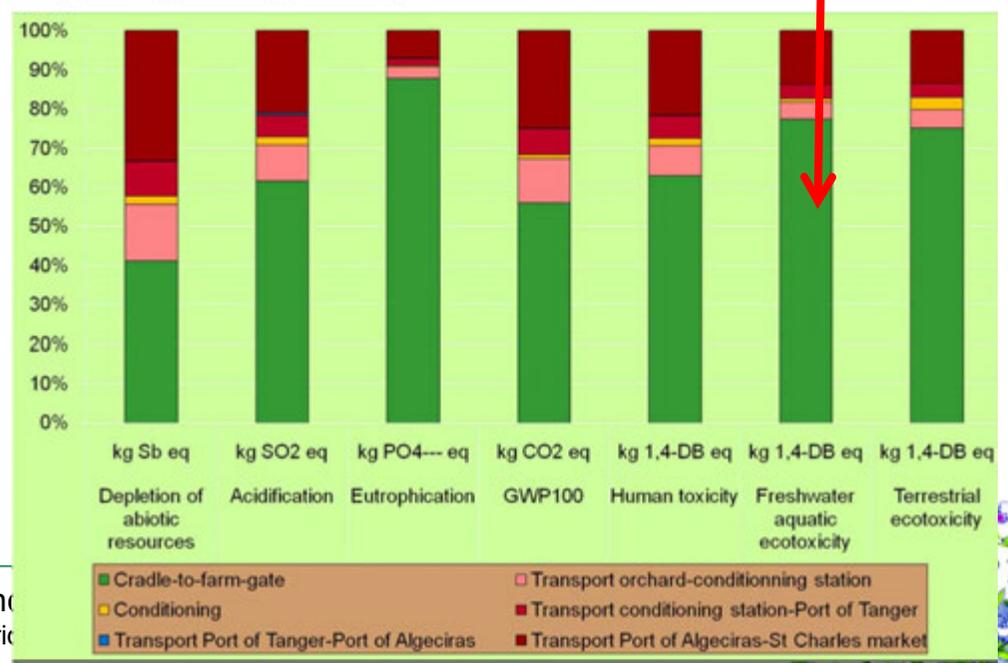


Comparaison de processus différents (van der Werf 2009)

Evaluation d'une filière:

- agrume au Maroc:
- Évolution des impacts le long du cycle des arbres, et de la filière.

(Basset-Mens, 2010)





Discussion (1/3) : points forts et faibles



	Pertinence scientifique	Faisabilité	Utilisation potentielle
IDEA Indic. OAAT	+	+++	Animation et sensibilisation à la durabilité pour l'exploitation agricole
DAEG	++	++	Diagnostic agri-environnemental à l'échelle de l'exploitation
INDIGO	+++	+	Analyse fine des systèmes de culture
EIOVI	++ (+)	+	Analyse fine des systèmes viticole
MASC	+++	+	Evaluation ex ante de système de culture
ACV	++ (+)	+	Comparaison des modes de production, analyse filière





Discussion (2/3) : thématiques couvertes



- Beaucoup d'indicateurs:
 - sur l'azote (CORPEN 2006)
 - sur pesticides (Devillers et al. 2005)
 - Sur la gestion des sols
- Sur biodiversité ?
 - De nombreux indicateurs d'état mesurés (Levrel 2007)
 - De nombreux indicateurs simples (Roquel 2008)
 - Peu d'indicateurs prédictifs
 - Evaluation des services écosystémiques
- Des thématiques à approfondir
 - Compaction des sols
 - pollution atmosphérique locale (NH₃, pesticides, odeurs...)
 - l'état du paysage (≠ indices descriptifs)
 - Impact positif (remédiation, recyclage), etc.

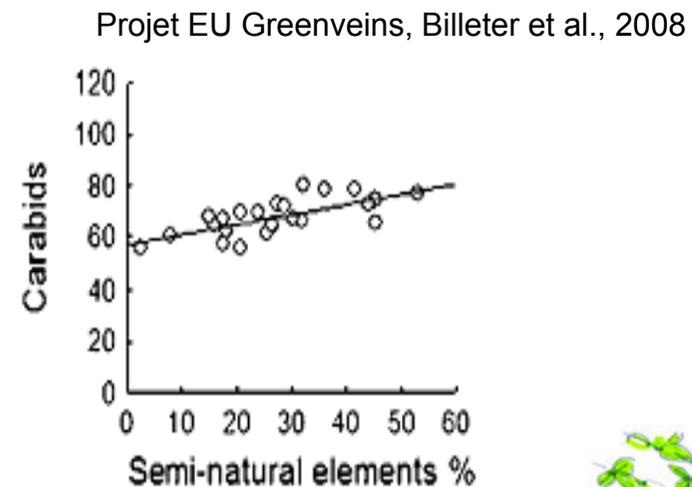
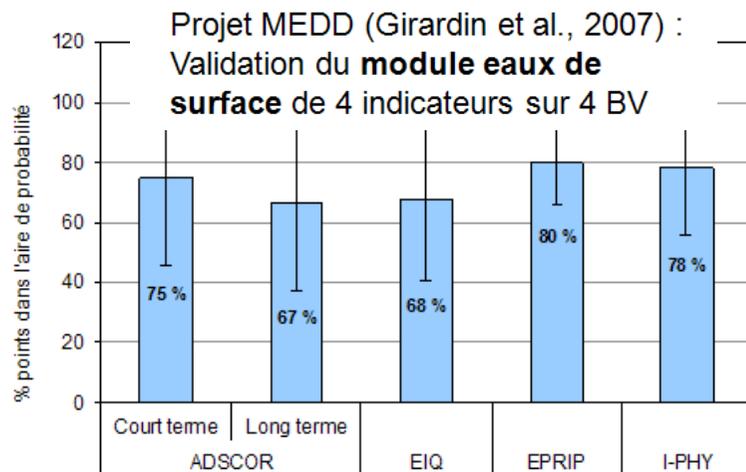




Discussion (3/3)



- Fixation des références
 - Unité (ha ou kg produit ?), avec quelles données ? qui ?
- Evaluation de la sensibilité
 - Des avancées avec MASC (Bergez et al. 2010)
- Evaluation de la qualité prédictive (Bockstaller et al. 2008)
 - Validation de la construction
 - Validation de des sorties
 - Validation de l'usage





Conclusions



- Un foisonnement méthodes:
 - Différents types d'indicateurs
 - A choisir en fonction des usages, d'un compromis entre science et faisabilité
- Des travaux qui continuent sur:
 - Des thématiques à approfondir
 - Agrégation
 - Changement d'échelles
 - Fixation de référence
- L'analyse de cycle de vie est une approche majeure:
 - Domaine de validité en fonction des méthodes de calcul des impacts
 - Domaine d'utilisation: pour quel usage ? Quand faut-il une ACV complète ?





Merci pour votre attention