

# L'agro-écosystème 'Verger *plus durable*' : mythe ou réalité?

Marc LATEUR<sup>1</sup>, Laurent JAMAR<sup>1</sup>, Sandrine OSTE<sup>2</sup>, René STIEVENARD<sup>3</sup> & Stéphane BELLON<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CRA-W, Gembloux, Belgique

<sup>2</sup>FREDON, Loos-en-Gohelle, France

<sup>3</sup>CRRG, Villeneuve d'Ascq

<sup>4</sup>INRA SAD, Avignon, France

# Etat des lieux de la culture commerciale du pommier



1. Hautes densités d'arbres greffés sur porte-greffes faibles , faible diversité 'monoculture', appauvrissement Écologique et nombreux intrants



Vs vergers hautes tiges pâturés, diversité génétique de variétés locales (Populer, 1979) et diversité écologique (Coppée & Noiret, 2008)



# Etat des lieux de la culture commerciale du pommier



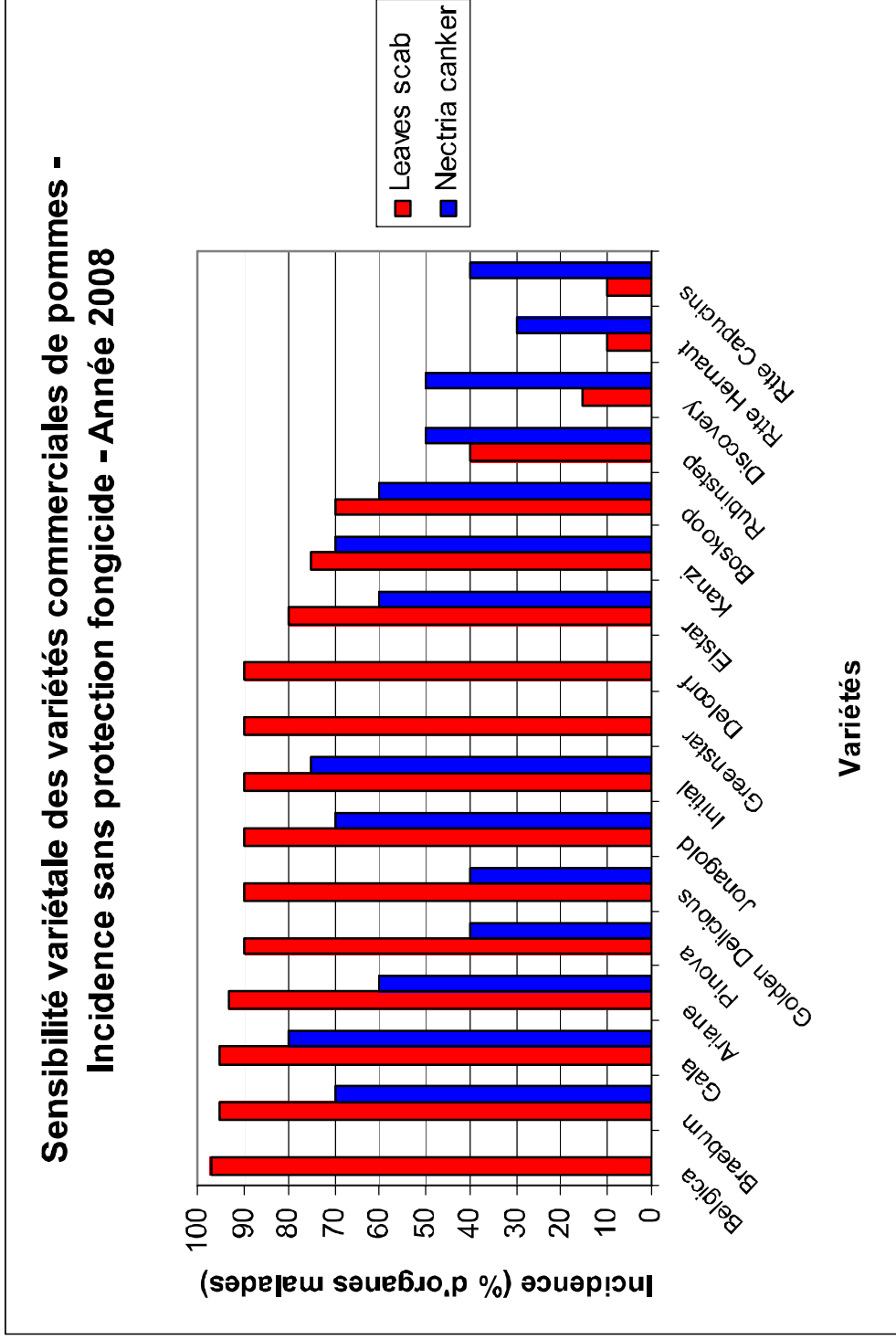
- 2. La base génétique des variétés commerciales est très étroite: 5 variétés commerciales = > 50 % de la production mondiale



# Etat des lieux de la culture commerciale du pommier



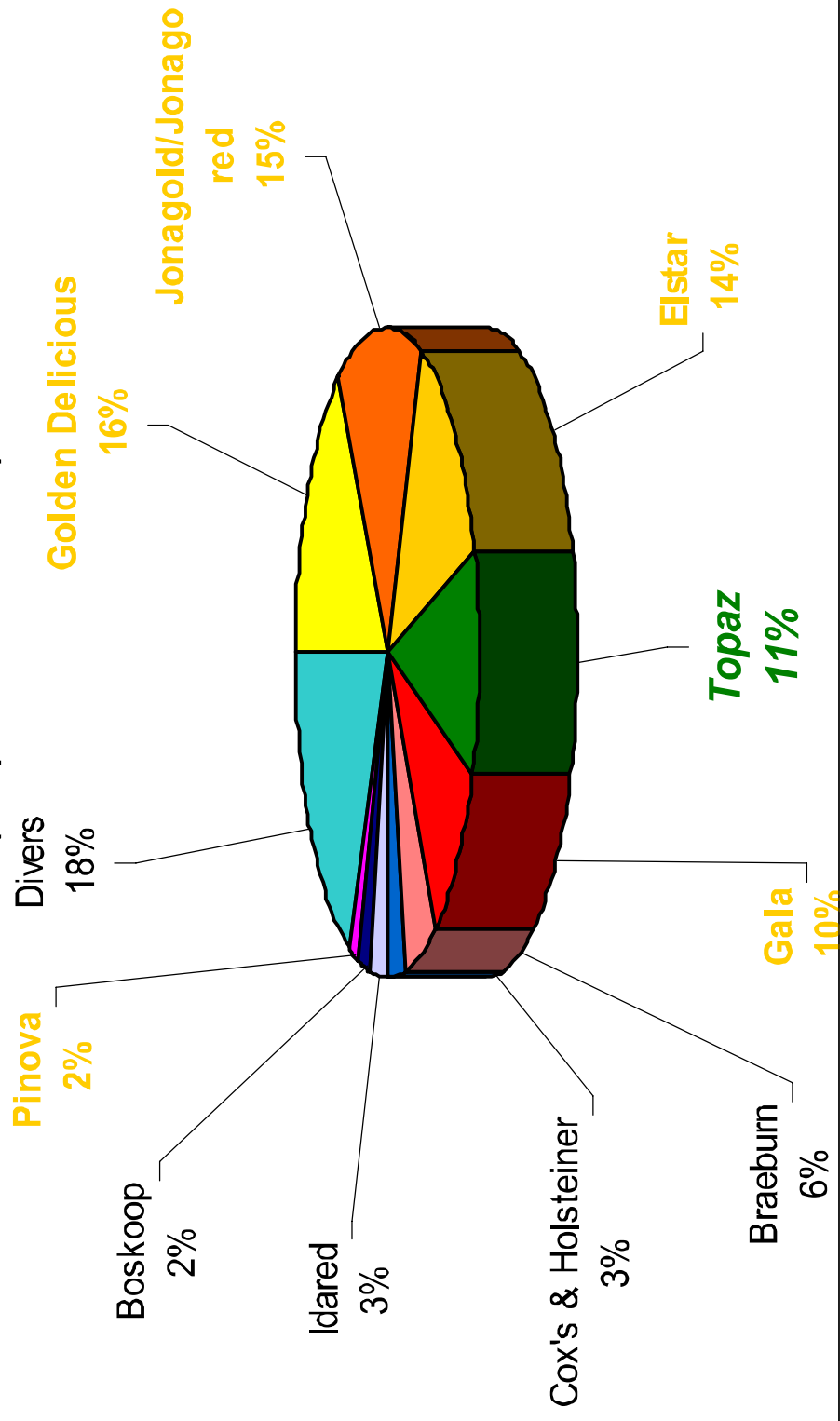
3. Les variétés commerciales sont extrêmement sensibles aux maladies dans le N-O de l'Europe



## Etat des lieux de la culture commerciale du pommier

3. Même en Production Biologique les variétés cultivées sont principalement les mêmes

**Assortiment variétal européen de pommes cultivées en BIO**  
(Trapman et al. 2008)

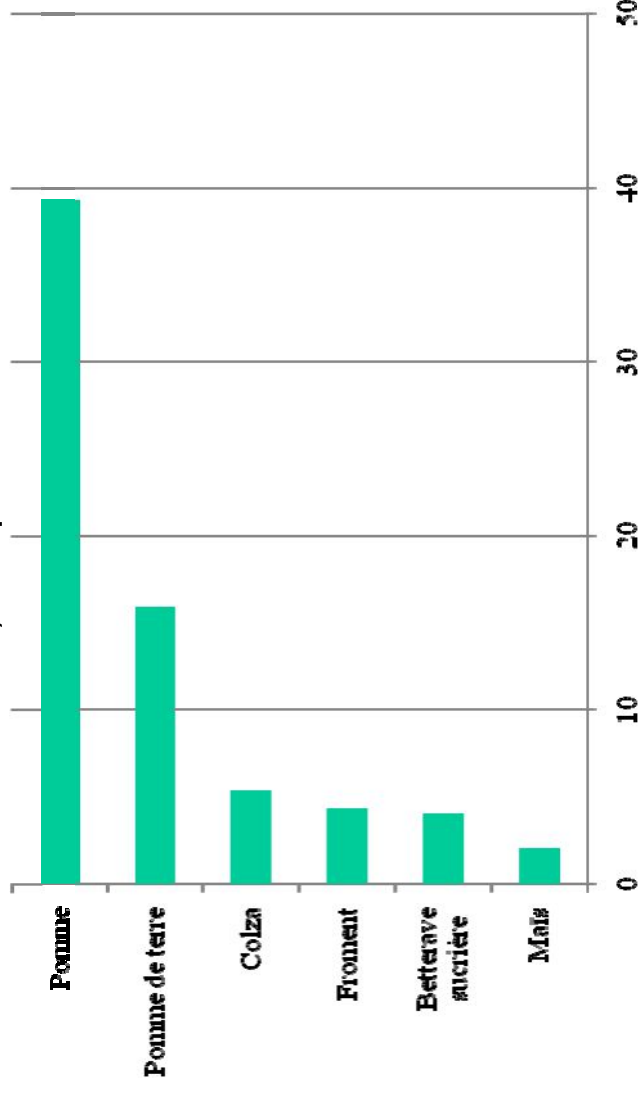


# Etat des lieux de la culture commerciale du pommier



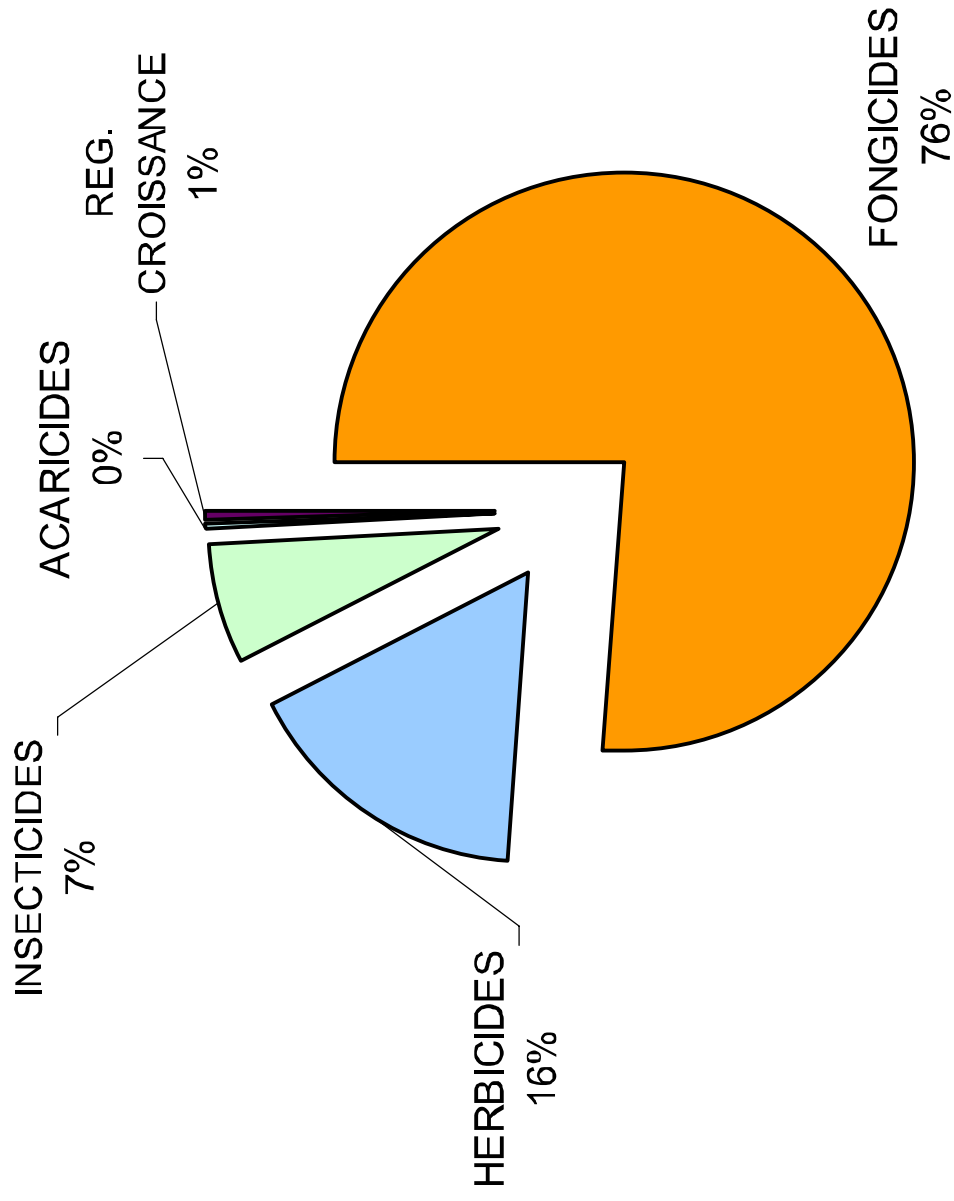
4. La culture PFI du pommier est une des cultures les plus dépendantes de traitements phytosanitaires

Index de Fréquence des traitements (Herbicides, fongicides, insecticides, régulateurs de croissance) Sauphanor et al. 2009



5. Au niveau européen, suivant la directive 91/414/CEE, de 2004 à 2010: Réduction de plus de **80%** des substances actives homologuées  
▶ AUGMENTATION des COÛTS = + **35 %** = **55%** des coûts fixes

**Proportion des différents produits phyto utilisés en production intégrée de pomme (Demeyere 1999)**



# Comment se situe la Production Biologique ?

Etudes menées dans un réseau de parcelles de producteurs en région d'Avignon par Sauphanor et al. 2009

**Tableau 1** : Traitements phytosanitaires et production sur un échantillon de vergers en basse vallée de la Durance (parcelles de pommiers du site atelier 13, année 2006)

Type de verger (n)	Insecticides (n)	Fongicides (n)	Total (n)	Passages pulvérisateur	volume matière active kg/ha	Rendement (t/ha)
Conventionnel (26)	14,2	11,3	28,4	17,3	37,2	34,4
Confusion (14)	9,2	12,4	24,9	14,6	40,8	39,1
Biologique (7)	15,7	12	29,9	24	92,1	24,4



# Définition 'Agriculture durable'

(USDA: <http://www.csrees.usda.gov/nea/ag>)

- Satisfaction des **besoins en nourriture**
- Optimisation de l'usage des **ressources non renouvelables** et intégration, quand cela est possible, des moyens de **luttons naturelles et biologiques**
- Augmentation de la **qualité de l'environnement** et des **ressources naturelles** sur lesquelles dépendent l'économie de l'agriculture
- Assurance de la **viabilité économique** des entreprises agricoles
- Amélioration de la **qualité de vie** des agriculteurs et de **la société** dans son ensemble

## Notions de ‘Vergers plus Durables’ :

- ▶ Création d’un **Groupe de réflexion prospective « Verger Durable »** ou « **Biodiverger** »

Groupe mixte composés de

- producteurs ‘en rupture’ (PFI & BIO),
- de techniciens,
- de chercheurs et
- d’experts invités suivant les thématiques abordées

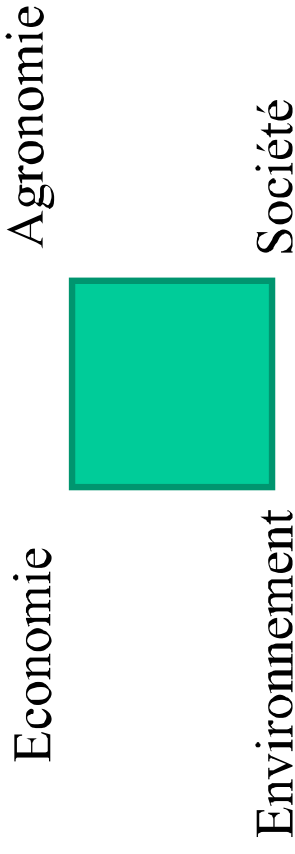
**Animateurs** : Joël Fauriel & Stéphane Bellon, SAD (Science pour l’Action et le Développement) INRA Avignon

- ▶ Pluri-espèces mais essentiellement **pommier à couteau**

## Résultats préliminaires du groupe

1. Mars 2008 : 1<sup>ère</sup> réunion au Conservatoire Végétal d'Aquitaine sur le thème de la définition du groupe et des aspects variétal et de conduite des arbres
2. Décembre 2008 : réunion au domaine de l'INRA Gautheron;
  - propriétés de vergers durables
  - quel niveau optimum de biodiversité fonctionnelle en verger
  - fertilité du sol
3. Décembre 2009 : réunion au CRA-W à Gembloux
  - Quelles performances de systèmes alimentaires durables
  - Critères économiques, sociétaux, éthiques
  - Evaluation multicritère de systèmes
4. Décembre 2010: réunion chez Richard Laizeau, producteur
  - Quels indicateurs de suivi de vergers durables?

## Conception & Evaluation d'un Verger *plus durable*



## **Propriétés – Composantes – Performances ?**

- Objectifs & Propriétés des nouveaux systèmes:**
- Performances agronomiques et environnementales
  - Autonomie : Optimisation Intrants, Energie, Travail
  - Résilience et adaptabilité aux perturbations
  - Biodiversité fonctionnelle
  - Performances économiques et sociétales

## Propriétés – Composantes – Performances ?



### 1. Choix de base de la parcelle :

Sol et préparation de sa fertilité, environnement, eau disponible

### 2. Choix variétal = Base fondamentale:

- Variétés adaptées au terroir et au marché
- Rusticité, **tolérance** aux maladies (et insectes)
- Bonne et régulière production d'un calibre approprié
- Facilité de conduite des arbres
- Frugalité des plants
- Version pluri-espèces et/ou pluri variétale ?

### 3. Couple adapté '**Variété – porte-greffe**' ► autonomie

- Equilibre vigueur – rendement: DENSITE OPTIMALE
- Tolérance maladies & insectes, stress hydriques

## Propriétés – Composantes – Performances ?



### 4. Aménagement parcelle

- Biodiversité fonctionnelle suffisante: maillage intra parcelle – diversité espèces végétales refuges, multistrate

### 5. Choix intrants

- Origine le + local, faible coût énergie
- Renouvelable
- Faible impact s/ environnement, faune, résidus

### 6. Gestion parcelle

- Mesures prophylactiques prioritaires
- Respect physiologie de l'arbre, faune, fertilité du sol
- Intégration élevage ?

### 7. Environnement social: MO et marché LOCAL

# Propriétés – Composantes – Performances ?

## Quels indicateurs ?



- Agronomiques
- Environnementaux
- Economiques
- Sociétaux

De nombreux indicateurs et méthodes

- Partiels: **IEQ** >< **I-Phyto Arbo**: **CONTRADICTOIRES** (Sauphanor et al., 2009)

**MBP's - Milieu Meetlat** = Indice d'impact sur

l'environnement : Pays-Bas (Spruijt-Verkerke et al. 2004)

- Globaux :
- **Life Cycle Analysis** : en Suisse (Mouron et al. 2006)
- Comparaison de 10 méthodes globales d'évaluation d'impacts environnementaux : en France (van der Werf, Petit, 2002)

▶ **Très complexes à mettre en œuvre: il reste bcq à faire...**

# Question de l'intégration de l'animal dans les vergers



## Pionnier avec moutons et volailles : Jean-Yves Fillatre

- **Aspects négatifs :**
  - Dommages occasionnés aux arbres et aux infrastructures (irrigation),
  - Gestion et surveillance des animaux (mise bas, clôtures, maladies,
  - Difficulté d'avoir un éleveur à proximité pour des pâturages ciblés),
  - Perte de biodiversité végétale (surpâturage),
  - contaminations sanitaires (intoxication des animaux par les produits phytosanitaires),
  - Contamination des fruits par les pathogènes fécaux (*E. coli*)



## Aspects positifs :

-7 production (Clarck et al. 1996)

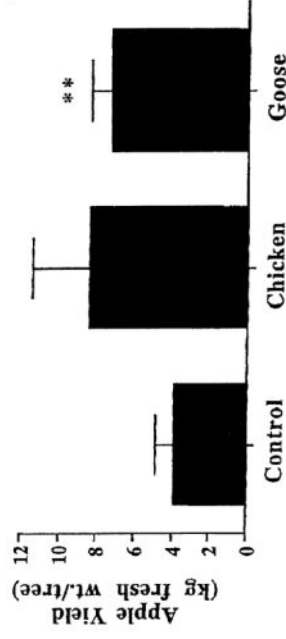


Figure 8. Apple fruit yield (kg fresh wt. per tree) for 'Redfree' trees under the three treatments. Asterisks indicate the level of statistical significance (see Materials and Methods) of the difference between the control and each bird treatment (one-tailed Mann-Whitney test). Error bars are standard errors of the mean. \*, \*\*, and \*\*\* indicate  $p < 0.05$ ,  $p < 0.025$ , and  $p < 0.01$ , respectively.

- entretien du sol (herbe et fertilité ← déjections),
- meilleure maîtrise (??) de certains parasites qui passent une partie de leur cycle dans le sol ou à proximité (tavelure, campagnols, anthonomes, hoplocampe, carpocapse, ...) ← piétinement et consommation des résidus au sol.
- Augmentation d'auxiliaires tels les forficules (Clarck et al. 1997)

## Concept de 'Vergers *plus durables*'

Est-ce que la 'Production Biologique' de pommes est plus durable ?

Question très complexe car plurifactorielle...

- Question débattues par Warlop & Fauriel (2007)
- Indices contradictoires protection phyto (Sauphanor *et al.* 2009) mais **positifs** au niveau sol, diversité faune (Sauphanor *et al.* 2009; Simon *et al.* 2009) .
- Positif à tous points de vue : étude menée par Renagold *et al.* (2001) aux USA
- Très positif au niveau impact environnemental des traitements et fumure : Etude aux Pays-Bas (Spruijt-Verkerke *et al.* 2004)

Facteurs d'impact sur

- Eaux de surface: **27** fois moins négatif
- Sol : **18** fois moins négatif
- Nappes aquifères : **55** fois moins négatif

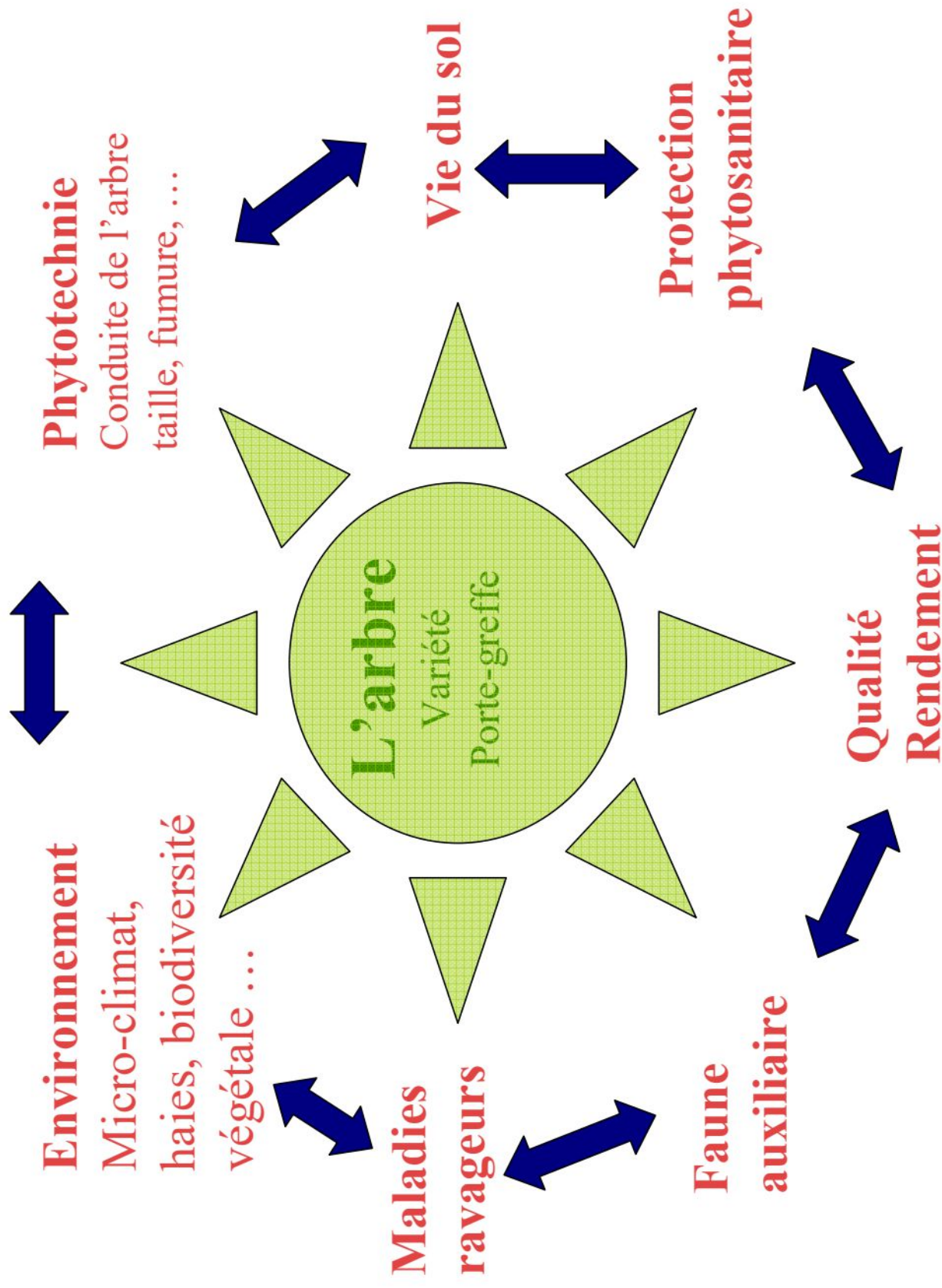
## Est-ce que la Pbio est plus durable?

**Table 22.9.** Labour input: comparison of integrated production (IP) and organic production (from Schmid and Mouron, 1997).

Activity	IP holdings (man-hours ha <sup>-1</sup> )	Organic holdings (man-hours ha <sup>-1</sup> )
Blossom thinning in May	70	70 (annual bearers) 150 (biennial bearers)
Plant protection incl. monitoring	30 (12 applications)	20 (5–9 applications for robust cultivars) 50 (15–20 applications for susceptible cultivars)
In-row management	8 (with herbicide)	25 (mulching, permanent ground cover + area around tree trunk hand-hoed) 45 (6 times for hoeing, once for cleaning around trunk)
Control of voles + mice	5 (poisoned bait)	10–20 (traps, CO <sub>2</sub> fumigation)
Fertilizing	2 (once per year)	5 (once per year + composted farmyard manure every 5 years)
Harvest	300	270 (c. 15% lower yield but smaller fruit reduce harvesting efficiency)
Grading/sizing	90	90 (lower yield and more tolerant grading rules, but more time-consuming because of higher number of marred fruit and limited mechanical sorting equipment)
Additional labour in organic production: minimum 0 man-hours, maximum 125 man-hours		

**Attention: fort impact de la MO et rendements < 30-40% 19**

# Recherche d'un agro-écosystème plus 'durable'



## Un verger expérimental à Gembloux

Haie d'aulnes



- Split-plot en 2 x 6 blocs
- site 1,5 ha
- 240 parcelles de 6 arbres
- 10 variétés de pommes
- 20% de zones écologiques
- densité = 1500 arbres/ha
- 10 schémas de traitement

Arbres  
pollinisateurs  
+ sureaux

Bandes fleuries

Haie de noisetiers  
et sureaux

Zones enherbées  
peu fauchées



## Intégration de zones florales et arbustives dans le verger



### Refuges, Nectars, Proies alternatives, Pollen

*Centaurea cyanus*, *Centaurea thuilieri*, *Daucus carota*, *Hypericum perforatum*, *Campanula rapunculoides*, *Leucanthemum vulgare*, *Malva moschata*, *Origanum vulgare*, *Silene latifolia alba*, *Chrysanthemum segetum*, *Echium vulgare*, *Agrimonia eupatoria*, *Geranium pyreneicum*, *Tragopogon pratensis*

# Intégration de réservoirs et refuges à auxiliaires

1. Nichoirs à mésanges, à chauves-souris
2. Nids à coccinelles, gîtes à forficules, nids à chrysopes, gîtes à hyménoptères
3. Ruches à abeilles pollinisatrices



## Application du système suisse dit « sandwich » : Trèfle blanc



Avantages : croissance plus rapide, couverture du sol, pompe à carbone et azote, favorable aux mycorhizes, travail rapide, attractif pour faune aux.

Inconvénients : semis difficile à installer et

CAMPAGNOLS

Alternative ?: Epervière piloselle (*Hieracium pilosella*)



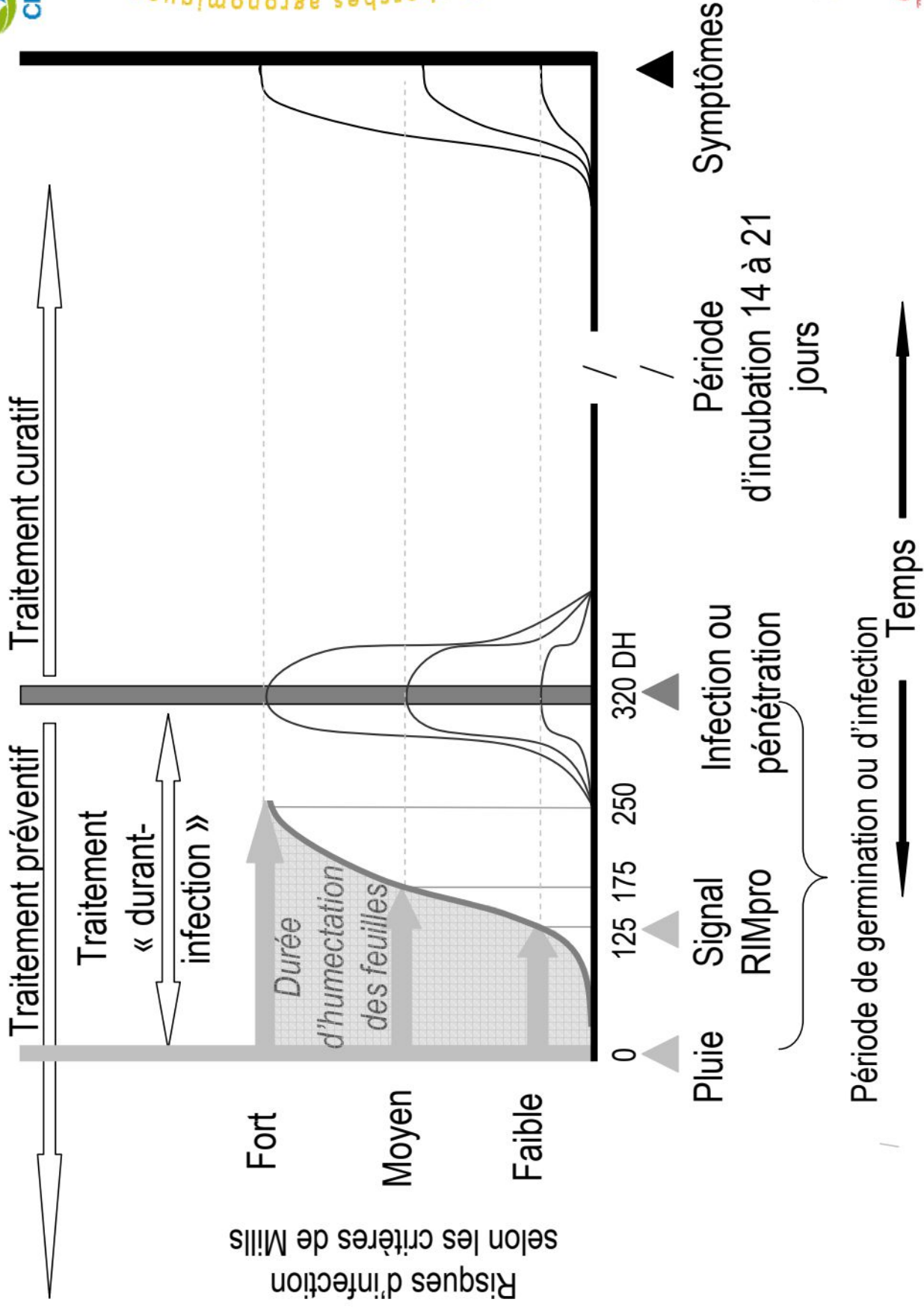


# Application et suivi de la Méthode Mafcot (D. Thirry)

(Maîtrise de la Fructification - Concept et Techniques)







## • Choix des variétés :

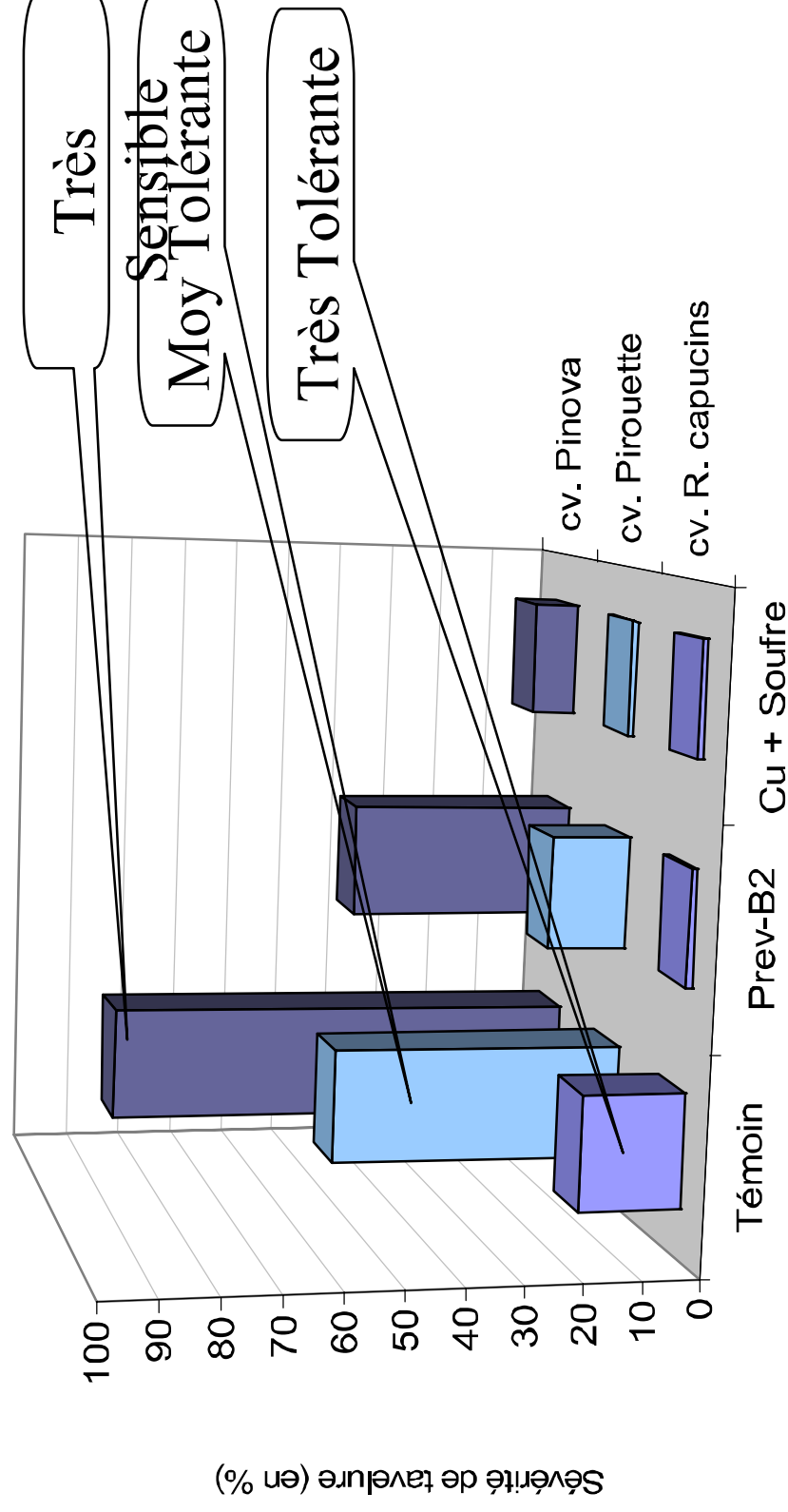
- Variétés tolérantes: 'Rubinstep'-'Pirouette', 'Rtte des Capucins', 'Rtte de Waleffe'
- 'Pinova' = Témoin sensible
- Variétés résistantes (gène Vf) : 'Topaz', 'Zvatava', 'Initial', 'B3F 20/33/58'

⇒ **Quelle stratégie pour éviter l'effondrement de cette résistance monogénique ?**

- ⇒ Isoler les variétés Vf,
- ⇒ Lutte contre les infections primaires,
- ⇒ Réduire l'inoculum primaire (enfouissement des feuilles à l'automne)

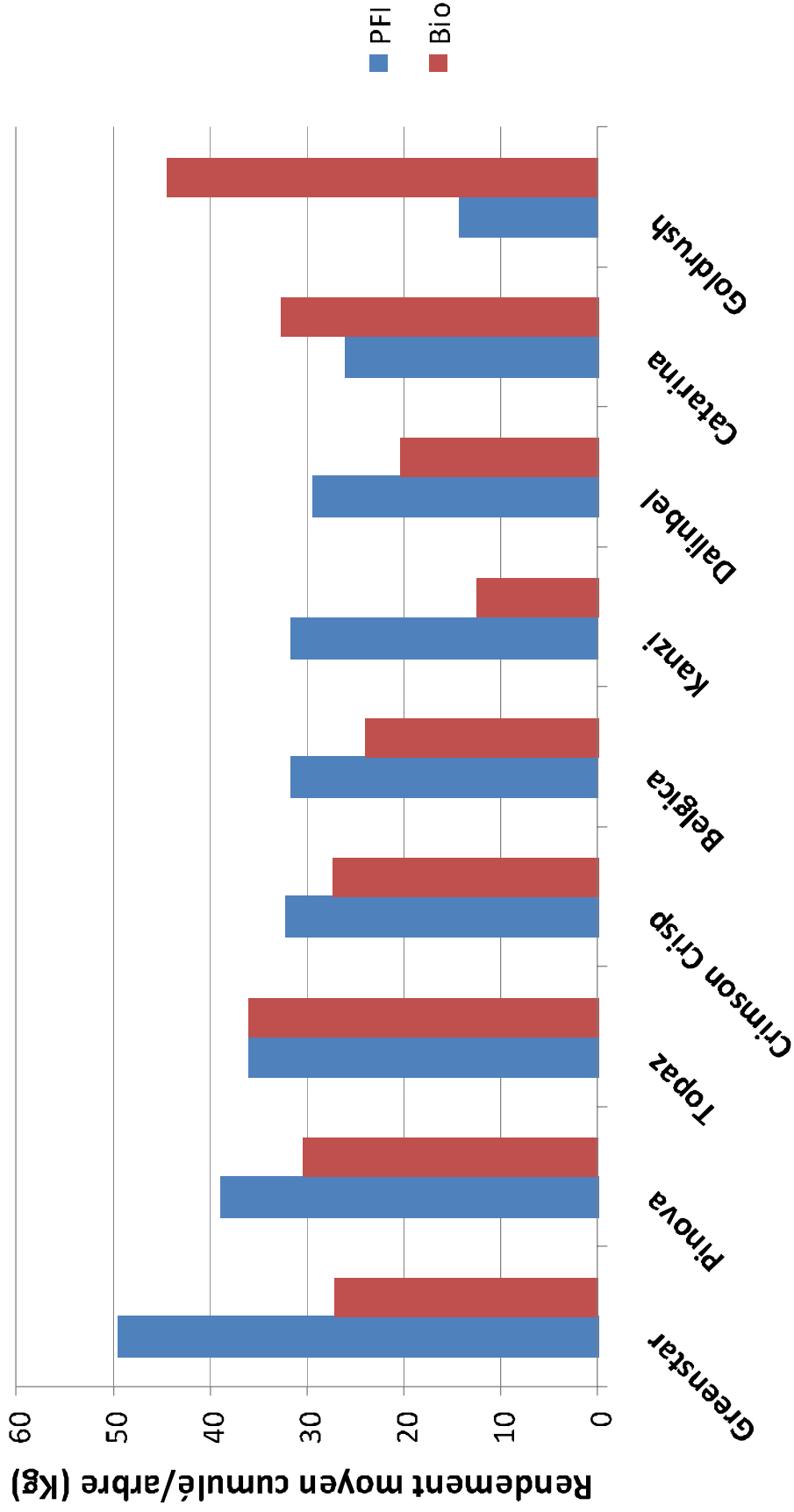
## Résultats: Effet variétal de traitements fongicides à action partielle (Prev-B2) contre tavelure en verger

- 4 traitements cuivre avant fleur
- 6 traitements depuis fleurs avec Prev-B2 à 0.6%, 300 litres/ha
- Sévérité tavelure évaluée le 20 juin 2009 en verger



# Comparaison des rendements moyens cumulés PFI vs. Bio

## Période 2005-2008



**Rendement/variété en tonnes/ha (base 1500 arbres/ha)  
avec 10 à 12 traitements à base de cuivre et soufre**

	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2003-2009</b>
R. Hernaut	39	33	17
Pirouette	34	48	25
R. capucins	38	42	25
Pinova	54	41	30
JN (20/33/56)	24	36	17
Zvatava	48	18	19
Topaz	51	53	33
Initial	43	38	31

# Protection phytosanitaire avec technologie appropriée :

## Le pulvérisateur tunnel

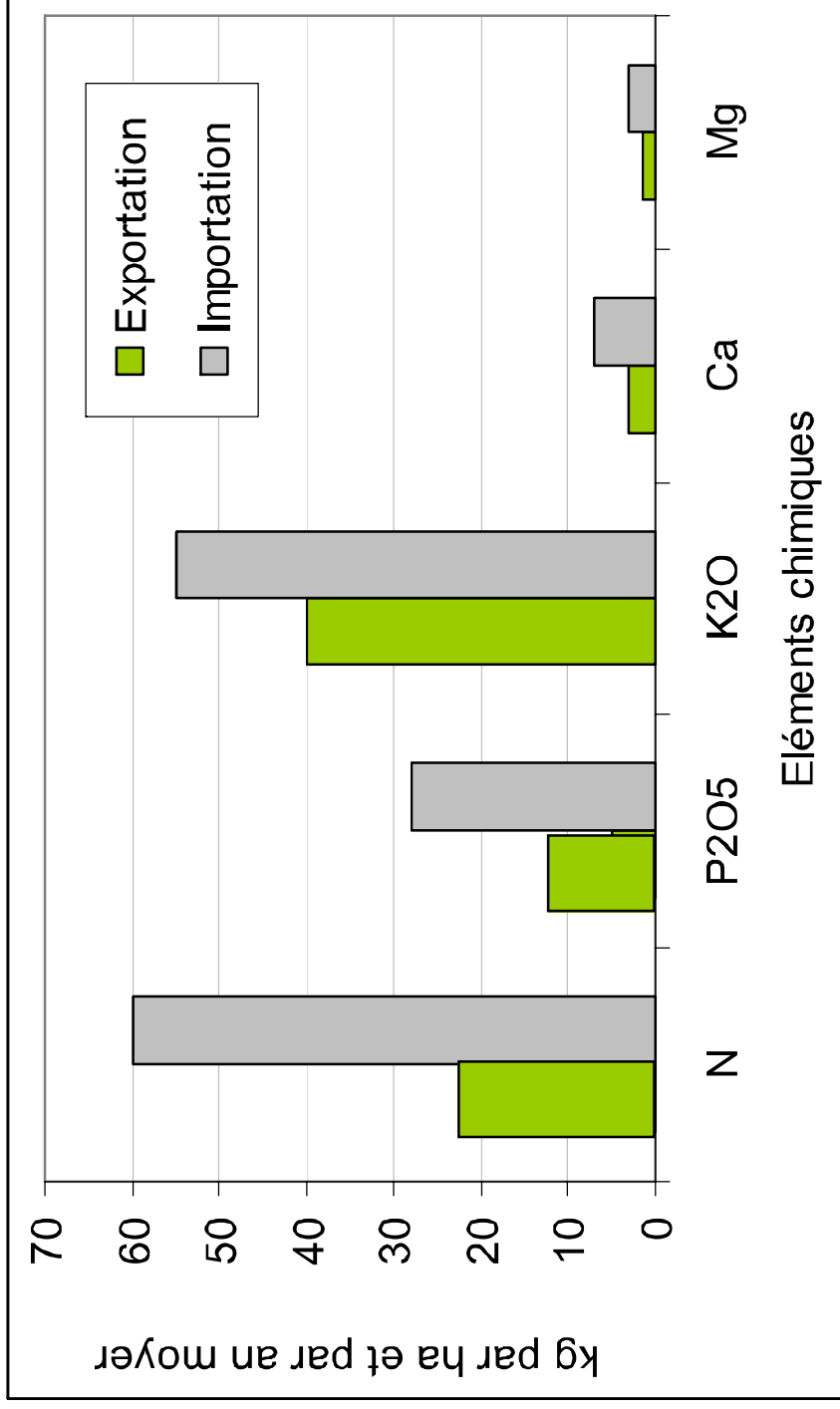
### Prototype expérimental à 8 cuves

1. Economie de produit (~ 30%)
2. Réduction des dérives
3. Traitements rang par rang



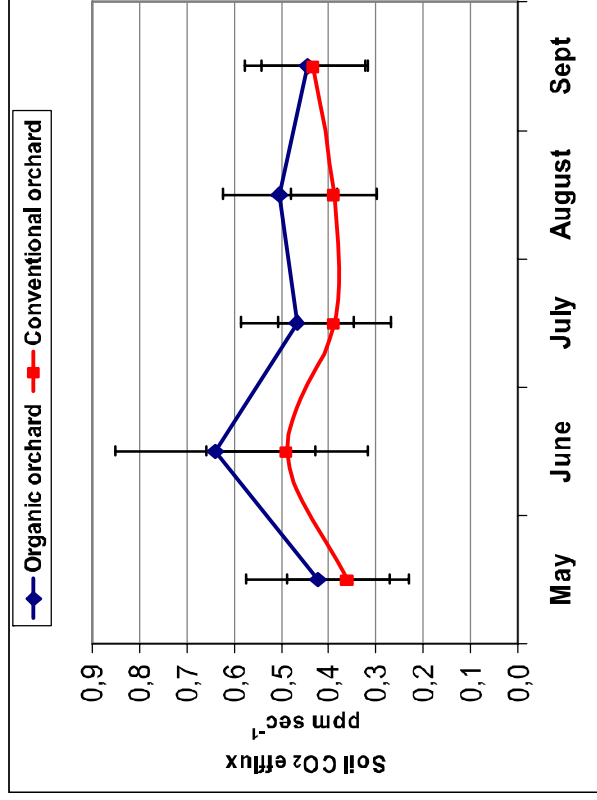
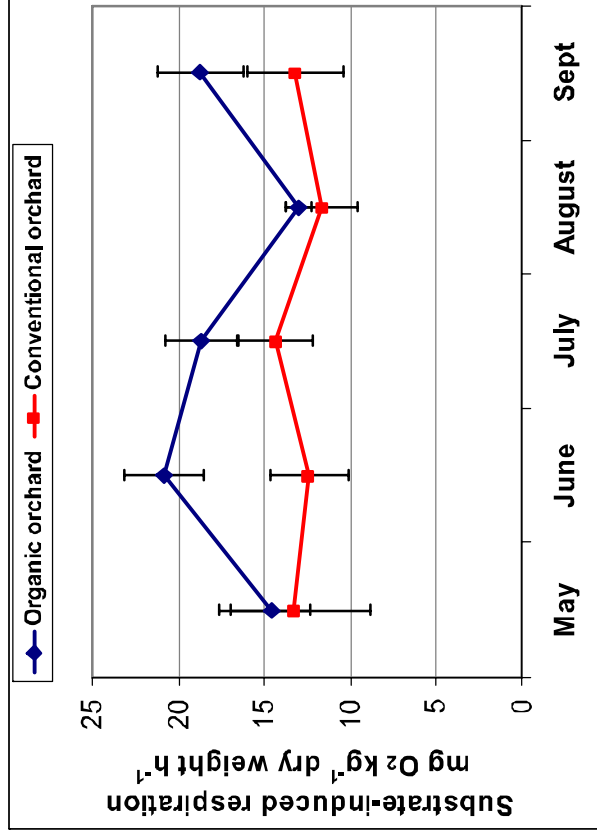


## Bilan de fumure (2003-2009)

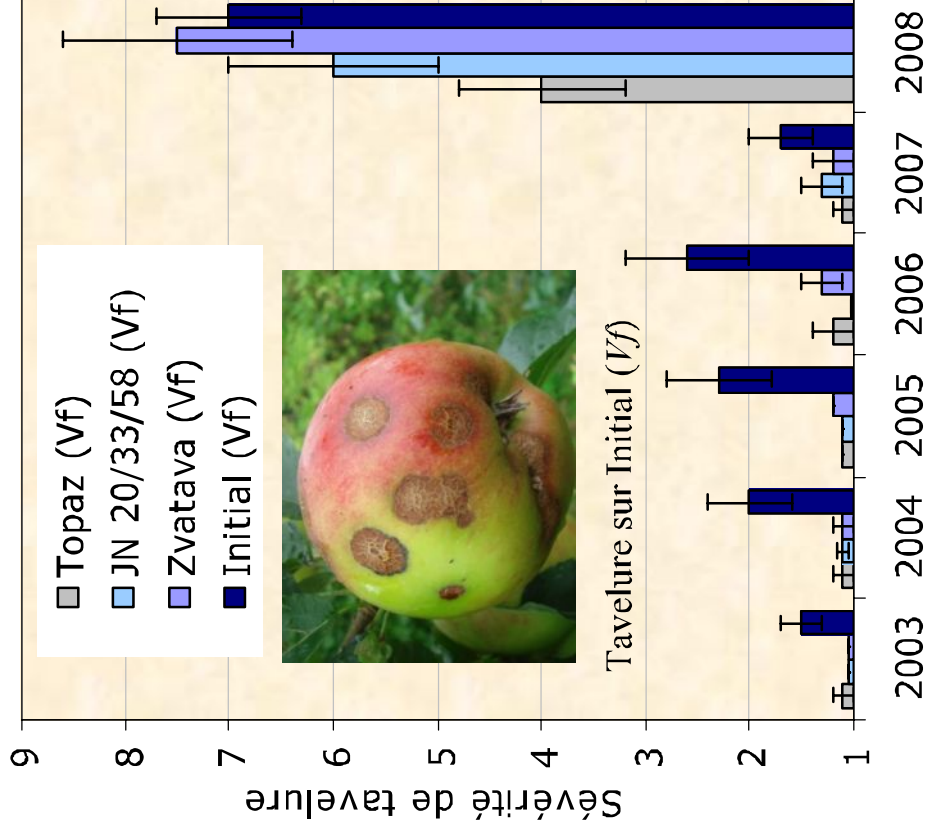
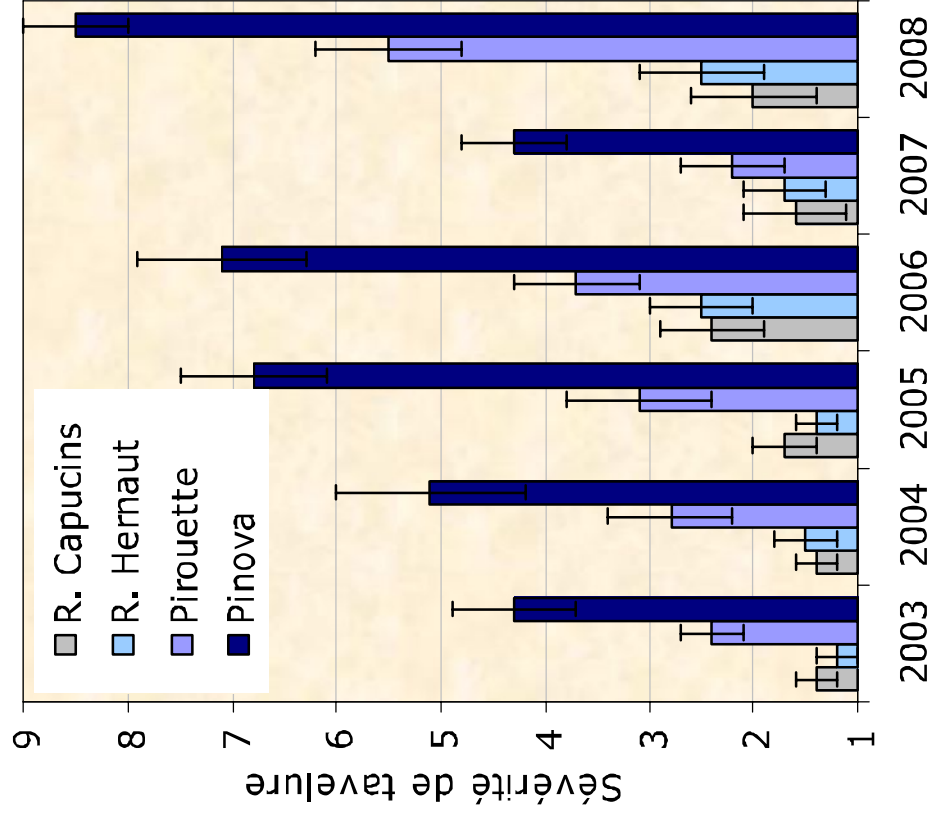


Ce bilan ne tient pas compte ni de la minéralisation des éléments, ni de la fixation de l'azote par les légumineuses, ni des apports provenant de l'atmosphère, ni des amendements calcaire.

# Evolution de la respiration microbienne du sol en verger en 2006



# Sensibilité variétale à la tavelure sur les parcelles « Témoin » non traitées



## Pucerons cendré (*Dysaphis plantaginea*)



- 2 traitements 'huile' par an (2003 à 2005)
- Très peu de foyer, dégâts négligeables depuis 2002

## Puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*)

- Aucun traitements
- Pas de dégât depuis 2002

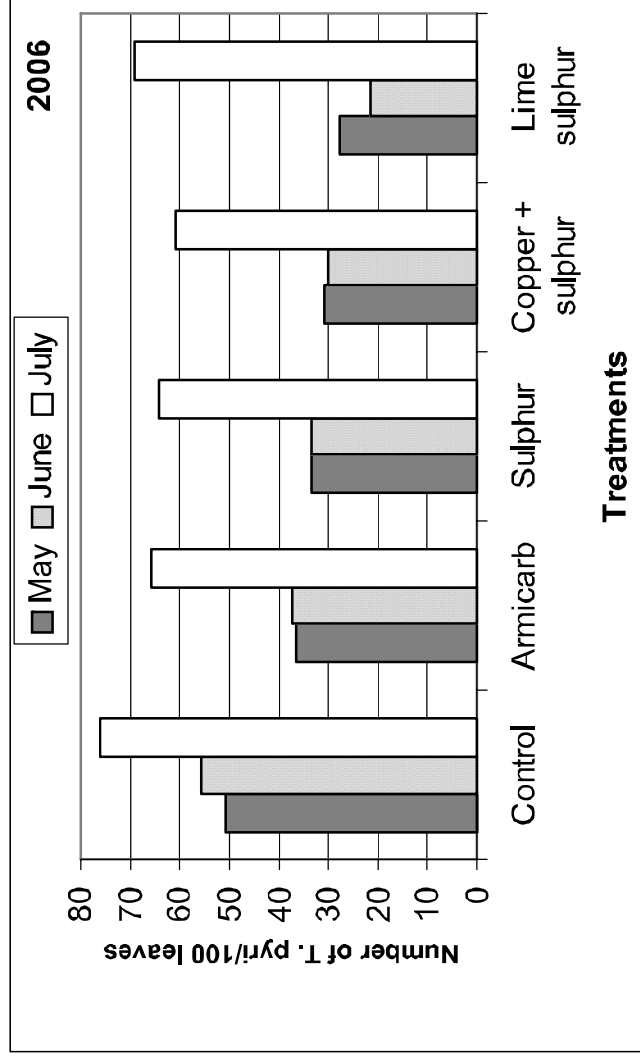
Quels prédateurs  
sont actifs ?



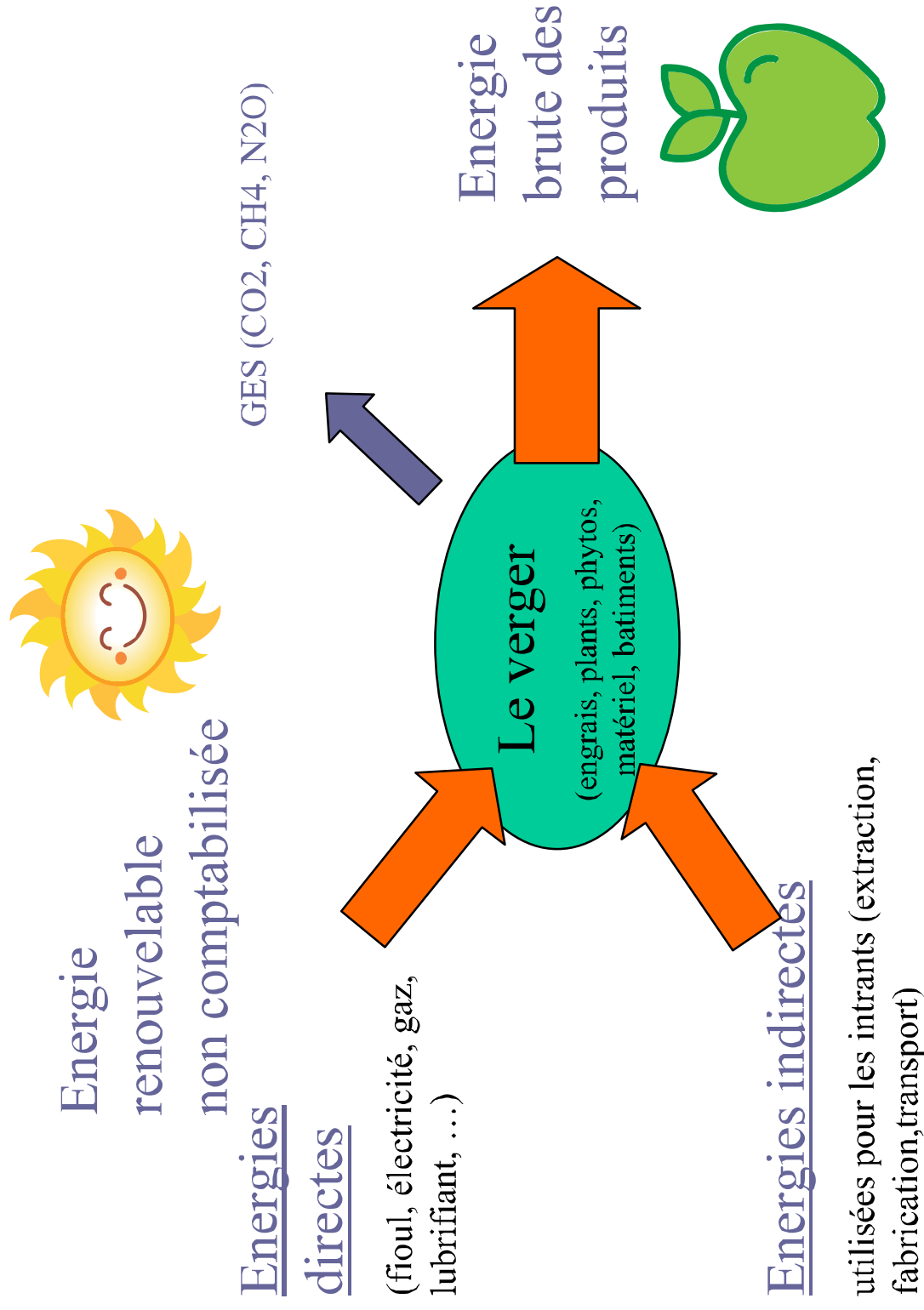
## Araignée rouge (*Panonychus ulmi*)



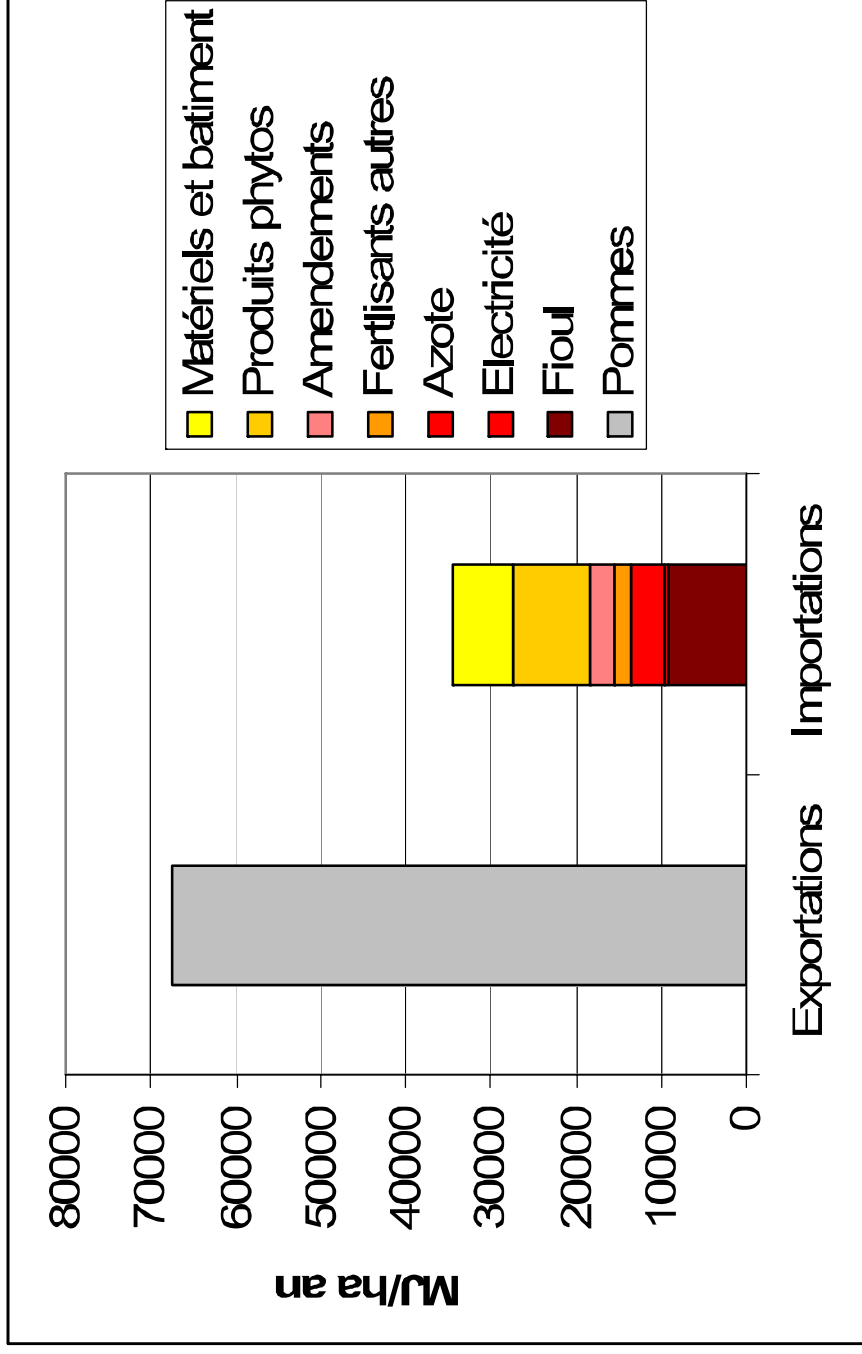
Effet des traitements anti-tavelures sur l'acarien prédateur *Typhlodromus pyri*



# Schéma général de l'analyse énergétique



# Bilan énergétique: période 2003-2009



Efficacité énergétique du verger Pinova = 2

Efficacité énergétique moyenne des productions végétales = 5,2

Efficacité énergétique moyenne des productions animales = 0,8

