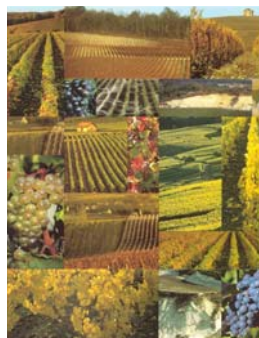




## VITI<sup>Eco</sup>BioSol

**Les sols vivants du vignoble champenois**  
Comment intégrer ces connaissances acquises sur ce patrimoine pour contribuer à la pérennité de l'A.O.C Champagne?

**The living soil of the Champagne vineyards**  
How to integrate the new knowledge gained on this heritage to contribute to the sustainability of the AOC Champagne?



**Daniel Cluzeau**  
*UMR 6553 CNRS-Univ Rennes 1 EcoBio*  
*Station Biologique de Paimpont - 35380 Paimpont*  
[daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr](mailto:daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr)

**Rapport final d'activité**  
*03/03/2013*

Numéro de contrat Ministère/ADEME : 1060C0090

---

#### **L'ADEME EN BREF**

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

## RESUME

En Champagne comme dans les autres vignobles, il est vital de maintenir voire d'améliorer la qualité des sols à travers le choix de pratiques agro-viticoles appropriées. Cela passe nécessairement par l'implication active de tous les acteurs concernés. La profession viticole champenoise a mis au point un système de management environnemental à l'échelle de l'aire AOC. Quatre grands enjeux ont été définis parmi lesquels deux concernent les sols, via le volet « *maîtrise des nuisances et des risques liés notamment à l'utilisation d'intrants* » et le volet « *Préservation et mise en valeur des Terroirs, de la Biodiversité et des Paysages* ».

Notre projet VitiEcoBioSol rend compte de la mise en œuvre d'une recherche finalisée en étroite collaboration entre les représentants du développement agro-viticole de l'AOC Champagne et des chercheurs spécialistes de la biologie du sol (microorganismes et macrofaune lombricienne).

Cette démarche « opérationnelle » s'intègre de manière cohérente dans le modèle conceptuel du programme GESSOL et permet de montrer comment les actions de recherche sont venues en appui aux politiques environnementales de l'interprofession en contribuant à l'évolution du conseil, qui s'est traduit à l'échelle de la Vigne « Champagne », par une évolution consécutive des pratiques viticoles entre 1985 et 2010.

Notre projet VitiEcoBioSol aborde 2 questions principales : ❶ quelles sont les pratiques agro-viticoles qui contribuent le mieux à préserver les sols, leur biodiversité et leurs fonctions écosystémiques associées ? et ❷ comment sensibiliser la profession viticole à ces enjeux et comment faire évoluer le conseil et les pratiques à l'échelle de l'AOC Champagne ?

Ce projet a donc pour objectifs détaillés :

- 1 - la construction d'un premier référentiel d'interprétation sur l'impact des pratiques viticoles sur les activités microbiennes & lombriciennes des sols viticoles champenois
- 2 – l'analyse critique des conséquences de la démarche agro-environnementale mise en œuvre sur l'AOC Champagne depuis 20-25 ans (en termes d'évolution du conseil écrit)
- 3 – la construction des supports de sensibilisation des viticulteurs et opérateurs de terrain afin d'assurer la prise en compte de ces activités biologiques des sols dans les nouveaux modes de gestion durable du vignoble.

L'implication directe des acteurs professionnels est une originalité de ce projet. Les sorties de ce projet (référentiel sur l'évolution des états biologiques des sols en relation avec les pratiques viticoles les plus communes & supports de sensibilisation) devront permettre aux viticulteurs de s'approprier d'une part les outils permettant de caractériser l'état biologique de leur sol, et d'autre part les concepts et le vocabulaire liés à la conservation et la gestion de la biodiversité présentes dans ces sols viticoles.

En guise de conclusion-perspectives, nous présentons le résultat des premières actions de recherche participative initiées depuis 2010 permettant d'étendre ce premier référentiel de biodiversité des sols à l'ensemble du vignoble champenois, voir à d'autres vignobles.

### Mots-clés

Agro-système Viticole, Microorganismes, Lombriciens, Pratiques agro-viticoles, AOC, Conservation des sols, évolution de la biodiversité, gestion de bases de données, évaluation écologique, référentiel pour le conseil.

## SUMMARY

In Champagne vineyards as in the others, it is vital to maintain or improve soil quality through the selection of appropriate agro-viticultural practices. This necessarily requires the active involvement of all stakeholders. The Champagne wine profession has developed an environmental management system across the area AOC. Four major issues have been identified, including two related soils through the flap "control nuisances and risks relating to the use of inputs" and "preservation and development of Terroirs, Biodiversity and Landscapes".

Our VitiEcoBioSol project reflects the implementation of a applied research in close collaboration between representatives of the agri-development of AOC wine Champagne and researchers on soil biology (microorganisms and macrofauna earthworm)

This "operational" approach fits consistently in the conceptual model GESSOL program. It permits to show how the research come in support of environmental policies and contribute to the development of advice which has changed viticultural practices between 1985 and 2010, in the Champagne vineyards.

Our VitiEcoBioSol project addresses two main questions:

- what are agro-viticultural practices that best preserve the soil, their biodiversity and associated ecosystem services contribute?
- how aware the wine profession to these issues and how change the advice and the practices across the AOC Champagne?

This project has detailed objectives:

- 1 - building a first referential for interpretation of the impact of viticultural practices on microbial and earthworm activities of Champagne vineyard soils
- 2 - critical analysis of the impact of agri-environmental policy on the AOC Champagne from 20-25 years (in terms of evolution of the written advice)
- 3 - building of media awareness for winemakers and field operators to ensure the inclusion of these soil biological activity in new forms of sustainable management of the vineyard.

The direct involvement of professional players is a unique feature of this project. The outputs of this project (reference on the evolution of biological conditions of the soil in relation to the most common viticultural practices & media awareness) will enable winemakers to appropriate firstly the tools to characterize the biological state of their soil, and secondly the concepts and vocabulary related to the conservation and management of biodiversity in the vineyard soils.

In conclusion and perspectives, we present the results of the first actions of participatory research initiated since 2010 to extend the first referential of soil biodiversity to all the vineyards of Champagne, or even to other vineyards.

### **Keys-words**

Vineyards, microorganisms, earthworm, agro-viticultural practices, AOC, soil conservation, biodiversity evolution, data base managment, ecological assessment, data mining, referential for advice.



## SOMMAIRE :

|                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. CONTEXTE GENERAL</b> .....                                                                                                                                                                           | 7  |
| <b>2. QUESTIONNEMENT &amp; OBJECTIFS DU PROJET VITIECOBIOSOL</b> .....                                                                                                                                     | 9  |
| <b>3. QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)</b> .....                                                                                                                 | 12 |
| 3.A - PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES .....                                                                                                                                                                    | 12 |
| 3.B - PARAMETRES MACROBIOLOGIQUES .....                                                                                                                                                                    | 14 |
| <b>4. RESULTATS OBTENUS</b> .....                                                                                                                                                                          | 15 |
| 4A - CONSTRUCTION D'UN PREMIER REFERENTIEL D'INTERPRETATION SUR L'IMPACT DES PRATIQUES VITICOLES SUR DES ACTIVITES BIOLOGIQUES DES SOLS .....                                                              | 15 |
| 4.a.1 - Constitution de la base de données .....                                                                                                                                                           | 15 |
| 4.a.2 - Protection sanitaire de la vigne (insecticides, fongicides) .....                                                                                                                                  | 17 |
| 4.a.3 - Entretien du sol - Désherbage .....                                                                                                                                                                | 25 |
| 4.a.4 - Entretien du sol - Fertilisation .....                                                                                                                                                             | 37 |
| 4B - EVOLUTION SUR 20 ANS DU CONSEIL ECRIT POUR LES VITICULTEURS EN CHAMPAGNE (CONTRIBUTION DU DISCOURS A LA PRESERVATION DES SOLS INCLUANT LEUR BIODIVERSITE) .....                                       | 43 |
| 4C - INTEGRER LA BIODIVERSITE DES SOLS DANS LES PRATIQUES DE GESTION DU VIGNOBLE : QUELS OUTILS DE COMMUNICATIONS ET D'AUTOEVALUATION ? .....                                                              | 48 |
| <b>5. IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION</b> .....                                                                                                              | 51 |
| <b>6. PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETES, ENVISAGES</b> .....                                                                                                                                             | 52 |
| <b>7. LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ET DE TRANSFERT ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION, COMMUNICATION, EXPERTISES...)</b> ..... | 53 |
| <b>8. BIBLIOGRAPHIE CITEE</b> .....                                                                                                                                                                        | 55 |

## ANNEXES

### Annexe 1: Données disponibles en fonction des sites expérimentaux

**Annexe 2: Variables des facteurs étudiés** (lombriciens, microbiologie du sol, paramètres du sol (0-25cm), de la vigne & de sa conduite)

### Annexe 3 : Communications orale et écrites

Annexe 3a – Communication dans colloque scientifique international

Annexe 3b – Communication dans colloque scientifique national

Annexe 3c – Communication dans colloque scientifique & professionnel international

Annexe 3d – Article de vulgarisation dans LE VIGNERON CHAMPENOIS (Mai 2013, 39, p38-72)

### Annexe 4 : Vulgarisation professionnelle (posters & présentation)

Annexe 4a – Posters de vulgarisation présentant la biodiversité du sol et les lombriciens

Annexe 4b – Formation sur la Biodiversité des sols et les pratiques viticoles & sur le rôle de cette biodiversité dans le fonctionnement des sols viticoles.

Annexe 4c – Formation sur la mise en œuvre du protocole simplifié LOMBRICIENS

Annexe 4d – Formation-Restitution aux participants à l'OAB (concertation CIVC-MNHN-Ladyss-UR1)

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

**Tableau 1** : Détail des traitements insecticides sur la parcelle d'Allemand

**Tableau 2** : Codification des modalités et correspondances (Boursault)

**Tableau 3** : Biomasses microbiennes mesurées sur 4 modalités de la parcelle d'Avize

**Tableau 4** : Correspondance entre nom commercial et matière active des herbicides testés sur la parcelle de Boursault

**Tableau 5** : Biomasses microbiennes (mg C/kg) sur l'essai de Boursault-Herbicides (nom commercial)

**Tableau 6 :** Diversité, diversité maximale et équitabilité des peuplements par modalité

**Tableau 7 :** Codification des modalités et correspondances

**Tableau 8 :** Diversité, diversité maximale et équitabilité des peuplements par modalité

**Tableau 9 :** Synthèse de l'influence des différents modes de travail du sol sur les caractéristiques du peuplement lombricien. (Fleury)

**Tableau 10 :** Modalités sur les parcelles d'Avenay, Dizy et Hautvillers

**Tableau 11 :** Niveau de Biomasses microbiennes relatifs au témoin (désherbage chimique)

**Tableau 12 :** Traitements et compositions des apports associés aux modalités.

**Tableau 13 :** Richesse spécifique, diversité et équitabilité des peuplements lombriciens par modalité.

**Tableau 14 :** Evolution sur 20 ans du guide pratique édité par le CIVC (titre, nombre de pages et de rubriques, format et iconographie)

**Tableau 15 :** Nombre de parcelles des vignes de Champagne sur lesquelles le protocole Lombriciens a pu être appliqué

**Tableau 16 :** Répartition du nombre de vignes sur lesquelles sera appliqué le protocole Lombricien Contraint, chaque année entre 2013 et 2016

**Tableau 17 :** Nombre de formations au protocole Lombricien, réalisées depuis 2011 auprès de viticulteurs et agents de développement des principaux vignobles français

**Figure 1 :** Intégration des actions du projet *VitiEcoBioSol* au schéma conceptuel du programme GESSOL.

**Figure 2 :** Schéma conceptuel de la base de données *VitiEcoBioSol*

**Figure 3 :** Abondance (nb/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle d'Allemant, après 8 années de différenciation (données 1998).

**Figure 4 :** Biomasses microbiennes sur la parcelle d'Avize après 4 années d'expérimentation

**Figure 5 :** Abondances (nb/m<sup>2</sup>) et biomasses (g/m<sup>2</sup>) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle d'Avize, après 4 années de différenciation (données 1992).

**Figure 6 :** Abondances (nb/m<sup>2</sup>) et biomasses (g/m<sup>2</sup>) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle de Boursault-Fongicides, après 8 années de différenciation (données 1998).

**Figure 7 :** Analyse multivariée entre paramètres microbiens, paramètres physicochimiques du sol

**Figure 8 :** Analyse multivariée entre paramètres microbiens, paramètres physicochimiques du sol

**Figure 9 :** Relation entre la biomasse microbienne et la teneur en cuivre des sols

**Figure 10 :** Relation entre l'abondance lombricienne et la teneur en cuivre des sols

**Figure 11 :** Abondance (nb/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle de Boursault, après 6 années de différenciation.

**Figure 12 :** Echelle d'effet dépresseur de certains herbicides sur la densité lombricienne (abondance numérique) après 6 années d'expérimentation (Parcelle de Boursault)

**Figure 13 :** Echelle d'effet dépresseur de certains herbicides sur la biomasse lombricienne

**Figure 14 :** Abondance absolue et relative des catégories écologiques lombriciennes après 6 années d'expérimentations (parcelle de Boursault)

**Figure 15 :** Abondance (ind/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) moyennes par modalité (R = Labour, BL = Désherbage chimique, V = Enherbement maîtrisé) sur la parcelle de Fleury après 9 années de différenciation.

**Figure 16 :** Abondances relatives des espèces par modalité par modalité (R = Labour, BL = Désherbage chimique, V = Enherbement) sur la parcelle de Fleury après 9 années de différenciation.

**Figure 17 :** Abondance (ind/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) moyennes par modalité (E1, E2 = Enherbement, T1, T2 = Témoin, désherbage chimique, M1, M2 = Mulch) sur la parcelle d'Avenay après 5 années de différenciation.

**Figure 18 :** Abondance (ind/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) moyennes par modalité (E1, E2 = Enherbement, T1, T2 = Témoin, désherbage chimique, M1, M2 = Mulch) sur la parcelle de Dizy après 5 années de différenciation.

**Figure 19 :** Abondance (ind/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) moyennes par modalité (E1, E2 = Enherbement, T1, T2 = Témoin, M1, M2 = Mulch) sur la parcelle d'Hautvillers.

**Figure 20 :** Abondance (ind./m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) lombricienne moyennes par modalité (T= Témoin, BL = Engrais minérale, R = Fientes déshydratées, M = Fumier déshydraté, JV = Ecorces compostées + Fumier, G = Ecorces de peuplier, J = Ecorces de chêne, BE = Ecorces de résineux, O = Enherbement) sur la parcelle de Montbré après 17 années de différenciation.

**Figure 21 :** Echelle d'efficacité des amendements organiques sur l'abondance lombricienne. Les modalités avec une barre de la même couleur ne sont pas significativement différentes (Fisher, 5%).

**Figure 22 :** Echelle d'efficacité des amendements organiques sur la biomasse lombricienne. Les modalités avec une barre de la même couleur ne sont pas significativement différentes (Fisher, 5%).

**Figure 23 :** Abondances lombriciennes absolues (A) et relatives (B) mesurées sur les modalités de la parcelle de Montbré.

# 1. CONTEXTE GENERAL

En vignoble d'appellation d'origine contrôlée (A.O.C.) -et à cet égard la Champagne est emblématique- les sols représentent un patrimoine de production irremplaçable. La profession viticole est aujourd'hui de plus en plus consciente que cette valeur patrimoniale ne tient pas uniquement à une délimitation sur des critères géographiques ou pédologiques, mais qu'elle repose également sur une « qualité » intrinsèque des sols, qu'elle doit donc protéger. Or, maintenir les sols viticoles dans le meilleur état possible nécessite d'une part, de pouvoir définir leur état de façon objective et d'autre part, de pouvoir évaluer les effets des pratiques sur cet état à court, moyen et long terme.

En France, comme dans d'autres pays d'Europe, la gestion optimale des sols viticoles représente un enjeu particulièrement important à la fois au plan environnemental et au plan socio-économique :

- Au plan environnemental, l'agrosystème viticole est généralement intensif en termes de niveaux d'intrants et de passages d'engins. Selon l'expertise scientifique collective «pesticides, agriculture et environnement », la viticulture ne représente que 3,3% de la SAU en France mais consomme plus de 14% des pesticides (Aubertot et al., 2005). Ces produits phyto-sanitaires peuvent avoir un effet spécifique sur les caractéristiques chimiques et biologiques des sols. De plus, le passage des engins pour leur application ou pour d'autres pratiques agro-viticoles a un impact (pas toujours maîtrisé) sur les propriétés physiques des sols. Il en résulte des risques potentiels en matière de tassement, d'érosion, de contamination (cuivre, etc.), de perte de matière organique, de perte de biodiversité... L'importance de ces risques est bien entendu très dépendante des conditions locales et des pratiques des viticulteurs.
- Au plan socio-économique, la production de vins AOC implique un « lien au sol » très fort qui est généralement traduit par la notion de « terroir ». Plus largement, les attentes des consommateurs portent aujourd'hui non seulement sur la qualité du produit mais aussi sur le mode de production et ses éventuels impacts sur l'environnement (sols, eaux, biocénoses).

Produire dans le plus grand respect de l'environnement est donc un devoir pour une appellation d'origine contrôlée de grande notoriété. Un cas exemplaire est celui du vignoble de Champagne, où cette préoccupation déjà ancienne s'est renforcée depuis une quinzaine d'années et où elle s'inscrit dans un objectif de développement durable. A cet égard, l'intérêt des professionnels champenois pour le volet terroir/biodiversité/paysage est aussi naturel que stratégique puisque c'est aussi un enjeu en termes d'image et d'économie.

En Champagne comme dans les autres vignobles, il est vital de maintenir voire d'améliorer la qualité des sols à travers le choix de pratiques agro-viticoles appropriées. Cela passe nécessairement par l'implication active de tous les acteurs concernés. L'adoption de pratiques ou de modes de production plus respectueux de l'environnement (Forget et al., 2009) implique en effet des évolutions techniques qui ne peuvent s'envisager sans la mise en place de dynamiques collectives d'accompagnement (Lamine et al., 2009). Il est pour cela nécessaire d'aborder la question de l'évolution des pratiques non seulement sous l'angle agronomique, mais aussi sous l'angle socio-économique (Coulon et al., 2007) et sociologique (Compagnone, 2004 ; Compagnone et al., 2008).

Les participants au présent projet connaissent bien ces questions, sur lesquelles ils travaillent depuis plus de 20 ans. La collaboration entre le CIVC, l'INRA de Dijon et l'Université de Rennes1 a en effet été engagée dès 1988-1989 avec le programme « Etats structuraux des sols ». Elle s'est poursuivie avec le Programme VITI 2000 (1990-2006) mené en Champagne, le programme RVVS (1995-2002) conduit en collaboration avec les vignobles bourguignons et alsaciens et enfin le programme BIOFILIERE, initié en 1998 et qui se poursuit actuellement.

Le programme « Etats structuraux des sols » lancé à l'initiative du CIVC en 1988-1989 représente la première acquisition de données géo-référencées sur la qualité des sols en Champagne viticole,

associant des mesures biologiques et physico-chimiques à des enquêtes auprès des viticulteurs sur les pratiques agro-viticoles en usage sur les parcelles étudiées (Cluzeau et al., 1994).

Le programme « Viti 2000 » du CIVC (1990 / 2006) et le programme « Influence des pratiques agro-viticoles sur la qualité des sols et de l'environnement » du Réseau Vignes et Vins Septentrionaux (1995-2002) sont issus des études précédentes. La démarche suivie dans ces programmes a consisté à mettre en place des expérimentations de moyenne durée, comparant les effets de différents facteurs : entretien des sols (Andreux et al., 1996 ; Sauvage et al., 1998), protection phyto-sanitaire (Chaussod et al., 1995), modes de production (Descôtes et al., 1997 ; Doledec et al., 2002). Ces travaux ont mobilisé, sur les mêmes essais, des acteurs de la recherche (INRA-Dijon, INRA-Reims, Université de Bourgogne, Université de Rennes) et des acteurs professionnels (Services viticoles de chambres d'agriculture, ITV, CIVC, etc.). Ils ont également impliqué des structures de formation initiale et continue. Des travaux de ce type « expérimentation mixte » (recherche / développement) se poursuivent actuellement (Crozier et al., 2010).

Le programme en cours « Biofilière » du CIVC est, sous l'angle agro-environnemental, la déclinaison des problématiques évoquées ci-dessus, avec trois objectifs :

- La réduction de l'usage des produits phytosanitaires : La Champagne a déjà diminué d'environ 35 % l'utilisation de ces produits depuis 10 ans et elle souhaite désormais relever le challenge du Grenelle de l'environnement, c'est-à-dire les réduire encore de 50 % à l'horizon 2018 ;
- La préservation ou la reconquête de la qualité de l'eau : les changements dans les pratiques de protection phytosanitaire et de fertilisation du vignoble ainsi que les changements d'entretien des sols et de l'aménagement parcellaire devraient avoir des effets aussi sur l'amélioration de la qualité de l'eau ;
- La lutte contre les changements climatiques, en favorisant des itinéraires techniques favorables au stockage du carbone et limitant les émissions de protoxyde d'azote.

Toujours dans le cadre de cette politique environnementale poursuivie ces dernières années, le CIVC a financé des travaux portant sur l'évaluation environnementale du vignoble, dans deux domaines complémentaires :

- la flore du vignoble, qu'il s'agisse des adventices, de la flore semée dans l'inter-rang, ou de la flore « naturelle » au contact du vignoble
- l'entomofaune du vignoble, qu'il s'agisse des parasites ou de la faune auxiliaire.

Ces travaux ont été riches d'enseignements sur la biocénose du vignoble et on a pu en tirer des conseils utiles pour les vignerons (ex : planter telle espèce favorable à la faune auxiliaire plutôt que telle autre favorisant des ravageurs). Nous avons donc de bonnes raisons de penser que les viticulteurs sont prêts à participer directement à une prochaine étape, qui est l'évaluation environnementale de leurs parcelles. Pour cela, un programme de recherche est en cours (en partenariat entre le MAAP et le MNHN), pour définir un ensemble de méthodes simples de bioindication utilisables par des non-spécialistes en milieux cultivés.

Par ailleurs, au niveau de la recherche, des travaux plus généraux nous ont permis de progresser dans la mise au point et l'utilisation d'indicateurs biologiques de la qualité des sols, grâce notamment au programme GESSOL (Chaussod et al., 2004 ; Walter et al., 2004), au programme RMQS- Biodiv (Cluzeau et al., 2009) et au programme en cours « Bio-Indicateurs » de l'ADEME.

Forts de ces acquis, on dispose aujourd'hui de méthodes pertinentes et fiables pour apprécier la qualité des sols, notamment au plan biologique. Plusieurs méthodes font déjà l'objet de normes ISO validées (biomasse microbienne, minéralisation de C & N, nitrification...) et en cours de réévaluation (populations de lombriciens), d'autres seront normalisées prochainement ou sont au moins standardisées. Il reste à mettre au point des référentiels d'interprétation et à utiliser ces données interprétées pour construire des systèmes de surveillance adaptés aux préoccupations évoquées ci-dessus.

## 2. QUESTIONNEMENT & OBJECTIFS DU PROJET *VitiEcoBioSol*

En Champagne comme dans les autres vignobles, il est vital de maintenir voire d'améliorer la qualité des sols à travers le choix de pratiques agro-viticoles appropriées. Cela passe nécessairement par l'implication active de tous les acteurs concernés.

La profession viticole champenoise a mis au point un système de management environnemental à l'échelle de l'aire AOC. Quatre grands enjeux ont été définis parmi lesquels deux concernent notre projet *VitiEcoBioSol*, via le volet « *Maîtrise des nuisances et des risques liés notamment à l'utilisation d'intrants* » et le volet « *Préservation et mise en valeur des Terroirs, de la Biodiversité et des Paysages* ».

Dans le cadre de ce projet, le questionnement principal porte sur deux points essentiels suivants :

- a) Quelles sont les pratiques agro-viticoles qui contribuent le mieux à préserver les sols, leur biodiversité et leurs fonctions écosystémiques associées ?
- b) Comment sensibiliser la profession viticole à ces enjeux ? Comment faire évoluer le conseil et les pratiques à l'échelle de l'aire AOC ?

Vis-à-vis du modèle conceptuel conçu par le programme GESSOL, notre projet *VitiEcoBioSol* contribue à :

- quantifier des états biologiques et structuraux des sols viticoles soumis à différentes pratiques agro-viticoles et modes de production ❶ ;
- identifier, à l'aide de la bibliographie scientifique, des liens potentiels entre les états biologiques de ces sols et divers risques environnementaux, pour mieux illustrer les conseils techniques ❷
- quantifier l'évolution des réponses techniques et économiques des viticulteurs à cette évolution du conseil technique (à l'aide d'indicateurs de moyens sur les pratiques culturales) ❸

En perspective pour ce projet, il faudra se doter d'outils de bioindication ou plus globaux pour évaluer si une boucle vertueuse s'est mise en place (avec l'hypothèse que l'évolution des pratiques viticoles a des répercussions positives sur les états biologiques et structuraux des sols) ❹.



Figure 1 : Intégration des actions du projet *VitiEcoBioSol* au schéma conceptuel du programme GESSOL.

Ainsi, ce projet rend compte de la mise en œuvre d'une recherche finalisée en étroite collaboration entre les représentants du développement agro-viticole de l'AOC Champagne et des chercheurs spécialistes de la biologie du sol (microorganismes et macrofaune lombricienne).

Cette démarche « opérationnelle » s'intègre de manière cohérente dans le modèle conceptuel du programme GESSOL et permet de montrer comment les actions de recherche sont venues en appui aux politiques environnementales de l'interprofession en contribuant à l'évolution du conseil, qui s'est traduit à l'échelle de la Vigne « Champagne », en une évolution des pratiques viticoles entre 1985 et 2010.

Ainsi, cette démarche intégrative opérationnelle comprend les emboitements suivants :

- a-Formalisation de questions prospectives par le CIVC
- ↳ b-Programmation de Recherche-Expérimentation
- ↳ c-Faisabilité d'un développement –investissement
- ↳ d-Elaboration de Conseils appliqués
- ↳ e-Changement de pratiques viticoles

Ce projet a donc pour objectifs détaillés :

- 1 - la construction d'un premier référentiel d'interprétation sur l'impact des pratiques viticoles sur les activités microbiennes & lombriciennes des sols viticoles champenois
- 2 – l'analyse critique des conséquences de la démarche agro-environnementale mise en oeuvre sur l'AOC Champagne depuis 20-25 ans (en termes d'évolution du conseil écrit)
- 3 – la construction des supports de sensibilisation des viticulteurs et opérateurs de terrain afin d'assurer la prise en compte de ces activités biologiques des sols dans les nouveaux modes de gestion durable du vignoble.

L'implication directe des acteurs professionnels est une originalité de ce projet. Les sorties de ce projet (référentiel sur l'évolution des états biologiques des sols en relation avec les pratiques viticoles les plus communes & supports de sensibilisation) devront permettre aux viticulteurs de s'approprier d'une part les outils permettant de caractériser l'état biologique de leur sol, et d'autre part les concepts et le vocabulaire liés à la conservation et la gestion de la biodiversité présentes dans ces sols viticoles.

En guise de conclusion-perspectives, nous présentons le résultat des premières actions de recherche participative initiées depuis 2010 permettant d'étendre ce premier référentiel de biodiversité des sols à l'ensemble du vignoble champenois, voir à d'autres vignobles.

### 3. QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)

#### 3.a -Paramètres microbiologiques

Le fonctionnement biologique du sol repose sur l'abondance, l'activité et la diversité des organismes vivants (Chaussod, 1996). Ce tryptique est beaucoup plus complexe à appréhender pour la microflore que pour la macro-faune, en raison de nombreuses difficultés méthodologiques.

##### *Mesures d'abondance*

L'abondance des micro-organismes, depuis les travaux de Jenkinson & Powlson (1976), peut être évaluée de façon précise et fiable par des méthodes biocidales (fumigation au chloroforme). Nous avons optimisé cette méthode (Chaussod et al., 1988) qui se prête bien à une utilisation de routine (Wu et al., 1990) et qui a fait l'objet d'une norme internationale (norme ISO 14.240-2 Biomasse microbienne).

La notion de biomasse microbienne recouvre l'ensemble des micro-organismes du sol (bactéries, champignons, etc.). Il s'agit d'une méthode «biocidale», consistant à tuer les êtres vivants du sol à l'aide de vapeurs de chloroforme, et à mesurer la quantité de carbone (d'origine microbienne) qui est libérée par ce traitement. Ici la technique utilisée est la fumigation-extraction. La fumigation dure 16h à 20°C. On détermine ensuite les quantités de carbone organique extractible dans les échantillons fumigés et dans les échantillons du même sol non fumigé. La différence du carbone organique soluble entre les deux séries d'échantillons (fumigés et témoins non fumigés) donne la quantité de carbone « extractible » d'origine microbienne (E.C.). Cette quantité peut être convertie en biomasse en utilisant un coefficient de proportionnalité (0,38) selon chaussod et Houot (1993) :

Carbone extractible (C.E.) = Cf-Ct

où Cf = carbone extrait du sol fumigé et Ct = carbone extrait du sol non fumigé

C-biomasse = C.E. / Kc

avec Kc = fraction extractible du carbone de la biomasse (0,38)

Il est important de souligner que c'est exactement la même méthode de fumigation-extraction qui a été utilisée tout au long de cette étude, de 1988 à 2012. Cette méthode ne diffère de la norme internationale que par la concentration en K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,025 M au lieu de 0,25M), ce qui présente de nombreux avantages (N.B. : tous les laboratoires français utilisent aujourd'hui cette concentration de 0,025 M).

##### *Mesures d'activité*

L'activité des micro-organismes est un terme qui recouvre en fait une multitude d'activités en lien avec le « fonctionnement biologique » du sol (Waid, 1984). De la même façon qu'un inventaire exhaustif de tout les micro-organismes du sol est impossible, il n'est pas envisageable de mesurer toutes les activités microbiennes d'intérêt agronomique. Dans le cadre de cette étude sur les sols champenois, seules des activités globales de minéralisation du carbone et de l'azote ont été déterminées. Ponctuellement, dans quelques essais, l'activité de nitrification (oxydation de l'ammonium) a été mesurée, de même que l'activité enzymatique FDA-hydrolase.

Le potentiel de minéralisation du carbone est quantifié d'après la norme ISO 14239 (et ISO 16072). La respiration du sol est mesurée à partir la quantité de C-CO<sub>2</sub> qui se dégage lors d'une incubation de l'échantillon de sol en conditions standard (28 jours à 28°C), à une teneur en eau proche de la



capacité au champ. Pratiquement, les échantillons de sol sont introduits dans des flacons fermant de façon parfaitement hermétique (flacons à serum de 575 ml), avec un pilulier contenant 10 ml de soude 0,25 N. Les flacons sont alors placés dans une enceinte thermostatée à 28°C. Les pièges sont changés après 10 ou 12 jours, ce qui permet également l'aération (renouvellement de l'atmosphère des flacons d'incubation pour rester parfaitement en aérobiose). Le C-CO<sub>2</sub> piégé dans la soude peut être dosé par différentes méthodes. On utilise en routine le dosage par NDIR après déplacement (injection de la soude dans le réacteur acide du doseur). Les quantités de C-CO<sub>2</sub> respirées sur 0-10 j et 10-28 j sont cumulées et exprimées en mgC-CO<sub>2</sub>/kg sol.

L'azote minéralisé durant l'incubation peut être mesuré lors de la même incubation (c.f norme ISO 14238). On dose alors l'azote minéral présent au départ et à la fin de l'incubation. La quantité d'azote minéralisée durant l'incubation de 28 jours à 28°C est appelée « azote minéralisable ».

L'activité de nitrification potentielle est mesurée selon un test rapide dérivé de la norme ISO 15685. Ce test consiste à enregistrer la vitesse d'oxydation de l'ammonium en nitrite lors d'une incubation de 3 jours à 20°C, l'oxydation du nitrite en nitrate étant bloquée par un inhibiteur spécifique (le chlorate).

### **Mesures de diversité**

La diversité des micro-organismes est un concept assez large, qui recouvre trois aspects complémentaires (Le Guyader, 2008) : la diversité taxonomique, la diversité génétique et la diversité écologique. La diversité taxonomique correspond à une liste d'espèces (ou autres niveaux taxonomiques supérieurs) et à leurs proportions relatives. Cette approche présente de nombreuses difficultés, autant théoriques que pratiques, et fait l'objet actuellement de développements au niveau de la recherche. La diversité génétique correspond au polymorphisme d'un ou plusieurs gènes au sein d'une population. Dans quelques cas particuliers, le lien avec un « service écosystémique » pourrait être intéressant à étudier (en termes d'évolution ou pour estimer une « redondance fonctionnelle » en lien avec la stabilité de l'écosystème) mais cela reste aussi du domaine de la recherche. Enfin, la diversité écologique correspond à la diversité des habitats, à toutes les échelles (du micro-agrégat au continent) ; la diversité microbienne serait pour une large part la conséquence de la diversité des habitats, que ce soit au niveau de la protection physique, des conditions environnementales ou des ressources trophiques.

Au plan pratique, dans la mesure où c'est le bon fonctionnement de l'éco-système sol qui nous préoccupe, le plus important est de s'intéresser à la diversité fonctionnelle. Nous avons donc adapté un test basé sur la mesure d'aptitudes métaboliques de la microflore globale. A partir d'une suspension-dilution de sol, on inocule une microplaque « Biolog » dont les puits contiennent 31 substrats différents (ECO-Plate) ; on enregistre les cinétiques de croissance et les résultats sont exprimés sous forme plus ou moins synthétique et des indices de diversité peuvent être calculés le cas échéant (Valé *et al.*, 2011). Cette approche n'a été appliquée qu'à partir de 2008-2009 en Champagne. Grâce à sa standardisation elle est parfaitement adaptée non seulement à la comparaison de modalités à un temps « t » mais aussi aux suivis diachroniques. La méthode telle que nous l'avons adaptée pour des usages de routine s'avère d'un bon rapport performances / coût. Elle illustre aussi l'évolution des investigations en fonction des progrès méthodologiques et de l'évolution des questionnements.

### ***3.b -Paramètres microbiologiques***

La méthode de prélèvement choisie est celle proposée par Bouché (1969) et adaptée au contexte (Cluzeau et al., 1999). Elle est basée sur un comportement de fuite vers la surface des vers de terre, suite à une excitation de leur épiderme par un produit chimique. Dans la pratique, trois épandages d'une solution de formol (0.25% pour les deux premiers et 0.4% pour le dernier) sont appliqués sur une surface de 1 m<sup>2</sup>, délimitée par un cadre métallique (1m de côté). Ce cadre est subdivisé en 2 sous-cadres égaux (1m x 0.5 m), positionnés de manière à intégrer d'une part le rang de vigne (R) et d'autre part l'inter-rang (IR). Les applications sont espacées entre elles de 15 minutes pendant lesquelles, les vers migrant en surface sont récupérés. Une dernière phase de 5 minutes consiste à gratter superficiellement la surface du sol (1 à 2 cm) afin de récupérer les vers dissimulés par les restes des amendements ou par la végétation. Les vers appartenant à un même sous-cadre sont collectés et conservés dans un pilulier contenant du formol à 4%.

L'extraction au formol est ensuite complétée par une extraction physique correspondant au tri manuel de deux blocs de sol (25 cm x 25 cm sur 20 cm de profondeur), l'un sous le rang et l'autre sous l'inter-rang. Ce tri manuel va permettre d'apporter un correctif à la méthode formol, en permettant de prélever des individus ayant peu réagi au formol. Trois répétitions sont réalisées par parcelle élémentaire.

#### **Détermination**

Au laboratoire, les lombriciens sont déterminés au niveau de l'espèce, suivant une clé de détermination mise au point par Cluzeau (non publiée), basée sur les travaux de Bouché (1972) (annexe 5) ; leurs stades de développement (juvénile, sub-adulte et adulte) sont ~~est~~ précisés suivant le stade d'évolution des organes sexuels (pores mâles, puberculum, clitellum) et ils sont pesés individuellement (précision de la pesée : +/- 10 mg).

## 4. RESULTATS OBTENUS

### ***4a - Construction d'un premier référentiel d'interprétation sur l'impact des pratiques viticoles sur des activités biologiques des sols***

#### ***4.a.1 - Constitution de la base de données***

Des paramètres biologiques (microbiologiques et lombriciens), agronomiques et œno-viticoles ont été acquis depuis 25 ans sur différents terrains expérimentaux de Champagne.

Un premier travail de référencement des données a été effectué. Les données lombriciennes, initialement dans différents formats, ont été ensuite converties en format Excel, et harmonisées. Chaque site comporte une ou plusieurs parcelles. Au sein de chaque parcelle se situent différents blocs de traitements. 66 différentes modalités (traitements) ont été référencées : Pour chaque année et parcelle, les techniques de prélèvements ont été identifiées (formol ou formol + tri manuel).

Les principales pratiques viticoles étudiées sont : insecticide (Allemant), fongicide (Avisé, Boursault), herbicide (Boursault, Chambrecy), nématicide (Essoyes), multifacteurs (Pied Noir), désherbage (Plumecoq, Essoyes), travail du sol (Essoyes), enherbement (Avenay, Dizy, Vernezay, Hautvillers), fertilisation (Montbré, Oger, Plumecoq), Biodynamie (Gyé), lutte intégrée (Boursault).

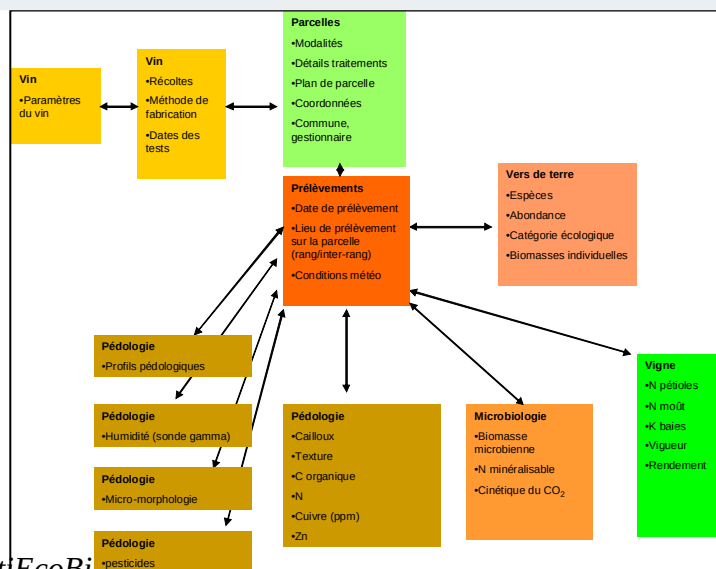
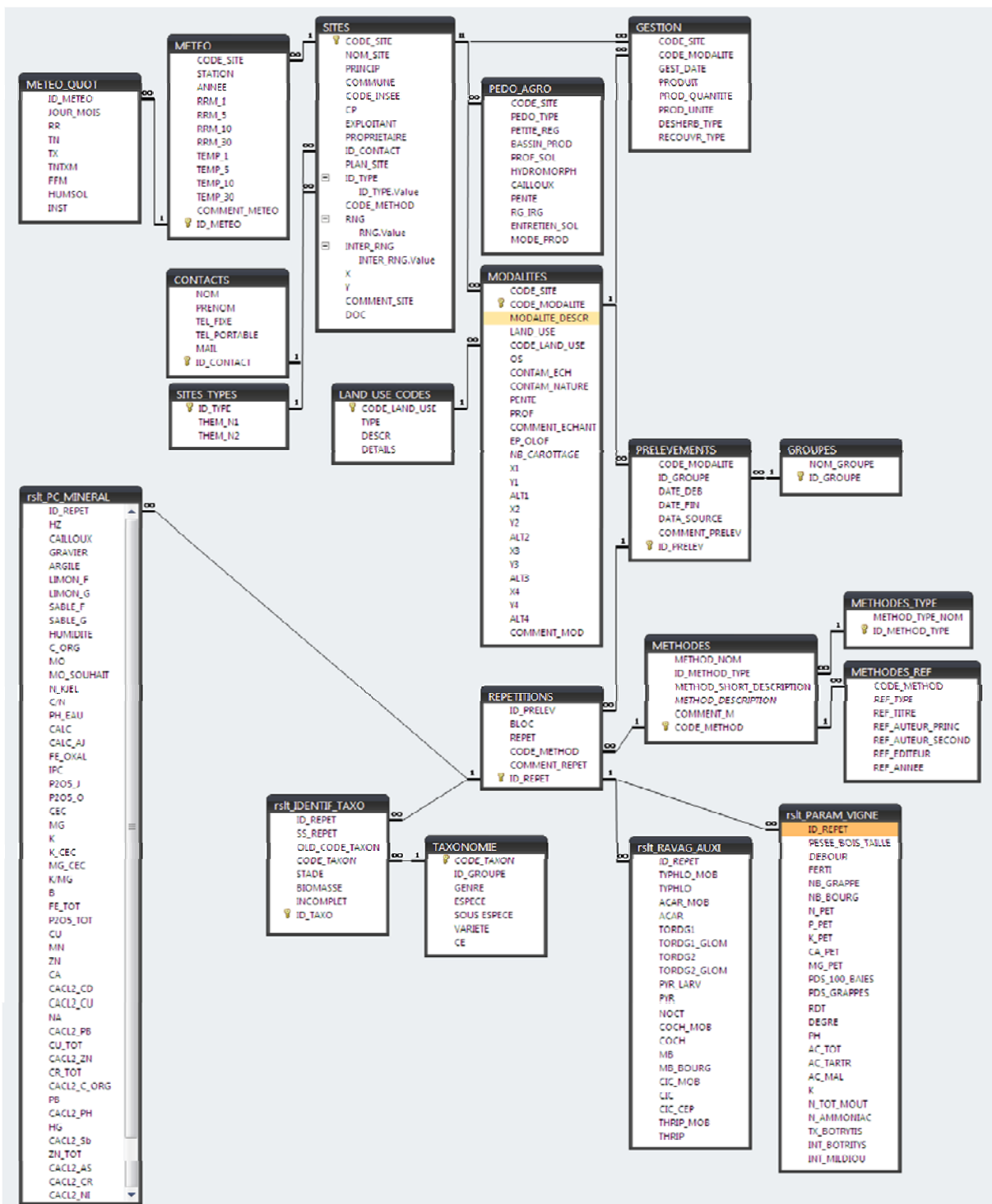
Cependant, ces données ont été conservées par chacune des 3 entités (CIVC, Dijon, Rennes) et leur récupération a nécessité beaucoup plus de temps que prévu. En effet, ces données sont sur des formats divers (papier, formats Lotus, XLS...) et nécessitent parfois d'être saisies puis harmonisées. Les données des communautés lombriciennes ont été harmonisées et intégrées dans la base de données mais des erreurs dans les fichiers sources & matrices de conversion ont été commises par le post-doc chargé de cette mission, nous obligeant à recommencer l'ensemble de cette harmonisation. Les données de biomasse microbienne (et données associées des paramètres du sol) sont en cours de récupération auprès de Rémi Chaussod. Les données agronomiques et des paramètres du sol ont été fournis par le CIVC pour onze sites expérimentaux. Il n'y a pas de problème insurmontable d'accès à certaines données mais cela nécessite beaucoup plus de temps de travail que prévu initialement.

Les données disponibles en fonction des sites sont présentées en annexe 1. Les variables concernant les vers de terre et la microbiologie (et données du sol associées) sont constantes en fonction des parcelles. Les variables agronomiques et les données pédologiques dépendent des parcelles étudiées. L'ensemble des variables mesurées est présenté en annexe 2.

Il en résulte par exemple, une **table de données des communautés lombriciennes** de 39 752 lignes, chaque ligne correspondant à un individu avec ses caractéristiques (espèce, masse, maturité sexuelle, catégorie écologique), ainsi que les descripteurs du prélèvement (bloc, modalité, parcelle, site, année).

En suivant le modèle préexistant de la base *EcoBioSoil* (et plus précisément le module *DonEcosol*) afin de permettre une future inter-connectivité entre tous ces modules de BDD de biodiversité des sols, le modèle conceptuel de la BDD pour le **module Viti** se présente sous la forme décrite figure 2 et comprend l'ensemble des tables nécessaires ; la mise en place de cette base de données sous Access est en cours de finalisation.

**Figure 2 : Schéma conceptuel de la base de données *VitiEcoBioSol***



## 4.a.2 – Protection sanitaire de la vigne (insecticides, fongicides)

### 4.a.2.1 Insecticides

Une seule expérimentation a ciblé l'évaluation comparative de programmes de traitement insecticide : essai Allemant (1990) permettant de travailler sur 4 types de traitement insecticides (tableau 1)

Essai d'Allemant : suivi diachronique d'un essai mis en place en 1990 et sur lequel des mesures biologiques ont été effectuées en 1990, 1994, 1998 et 2000 (les paramètres viticoles étant enregistrés chaque année durant les 11 ans de l'essai).

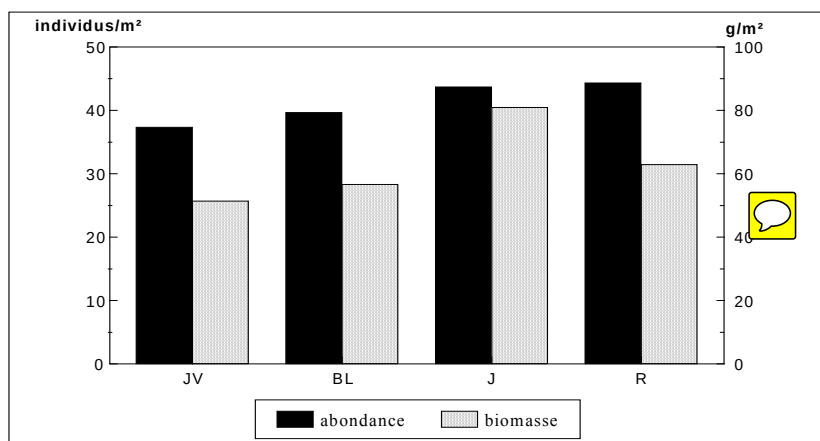
**Tableau 1 : détail des traitements insecticides sur la parcelle d'Allemant**

| Modalité       | BL                    | R                       | J                            | JV            |
|----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|---------------|
| Nom commercial | Delfin                | Lannate, Insegar        | Méthyl, Ekalux               | Sumi          |
| Matière active | Bacilus Thuringiensis | Méthomyl, Phenoxy-carbe | Parathion Méthyl, Quinalphos | Esfenvalérate |

#### 4.a.2.1.A Compartiment microbien (Biomasse microbienne)

Sur cet essai, les mesures de biomasse microbienne ne mettent en évidence aucune différence pouvant être attribuée aux traitements appliqués. En revanche, on remarque une variabilité spatio-temporelle importante. La variabilité spatiale des paramètres biologiques est manifestement liée à la variabilité des caractéristiques physico-chimiques (texture, matière organique, etc.). Au plan temporel, on observe (en tendance) une augmentation moyenne de la biomasse microbienne en fonction du temps (de près de 30% entre 1994 et 2000). Cette augmentation peut être liée, au moins en partie, à l'évolution globale des pratiques d'entretien du sol de la parcelle, indépendamment des modalités testées.

#### 4.a.2.1.B Communauté lombricienne



**Figure 3 : Abondance (nb/m²) et biomasse (g/m²) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle d'Allemant, après 8 années de différenciation (données 1998).**

Après 8 années de différenciation, aucune différence significative entre les traitements d'insecticides n'est mise en évidence (figure 3). Cela étant, tout comme pour le compartiment microbien, une forte variabilité temporelle est observée. Ainsi en 2000, bien qu'aucune différence significative ne soit statistiquement démontrée, l'insecticide "Sumi" (Esfenvalérate) semble être le moins toxique des traitements, tant concernant les densités lombriciennes, que les biomasses ; à contrario l'insecticide "Delfin" (Bacilus Thuringiensis) semble être le plus toxique.

Au même titre que pour le compartiment microbien, les biomasses lombriciennes et dans une moindre mesure les densités lombriciennes augmentent dans le temps, ceci pouvant être associé aux changements de pratiques, indépendamment des traitements eux-mêmes.

#### **4.a.2.1.C Evolution - Conseils**

Compte tenu des fortes variabilités spatiales et temporelles notées sur la parcelle d'Allemant, il n'est pas possible de hiérarchiser de manière affirmative les insecticides entre eux. Cependant, compte tenu de la très forte toxicité de ces matières actives, il semble nécessaire d'accorder une attention particulière à des traitements de type Defin. Par ailleurs, afin de se prémunir des contraintes de toxicité mais aussi des contraintes plus généralement environnementales liées à l'utilisation de ces traitements, il conviendrait aussi de s'orienter vers d'autres moyens de lutte.

#### **4.a.2.2 Fongicides**

Deux expérimentations ont concerné l'évaluation comparative de programmes de protection : avize, Boursault.

**Essai d'Avize** : point final d'une expérimentation agronomique mise en place sur le lycée viticole d'Avize, comprenant 4 programmes avec 4 répétitions (parcelles élémentaires) par modalité : Mancozèbe, Folpel, Cuivre, Valiant (programme doux).

**Essai de Boursault-Fongicides** : suivi diachronique d'un essai mis en place en 1990 et sur lequel des mesures biologiques ont été effectuées en 1990, 1994, 1998 et 2000 (les paramètres viticoles et sanitaires étant enregistrés chaque année durant les 11 ans de l'essai). 5 traitements fongicides y ont été testés (tableau 2)

**Tableau 2 : Codification des modalités et correspondances (Boursault)**

| Modalité        | Composantes                                                                        | Fongicides    |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Blanc (BL)      | Aviso (2.5 kg), Olymp (0.3 l), Microthiol (8 kg)                                   | Métirame zinc |
| Rouge (R)       | Antéor flo (3 l), Olymp (0.3 l), Microthiol (8 kg)                                 | Folpel cuivre |
| Bleu (BU)       | Antéor flo (3 l), Microthiol (8 kg)                                                | Folpel Soufre |
| Jaune-vert (JV) | Rémiltine (3 kg), Olymp (0.3 l), Microthiol (8 kg)                                 | Mancozèbe     |
| Jaune (J)       | Antéor flo (3 l), Valiant (3 kg), Olymp (0.3 l), Score (0.12 l), Microthiol (8 kg) | Folpel        |

#### **4.a.2.2.A Compartiment microbien**

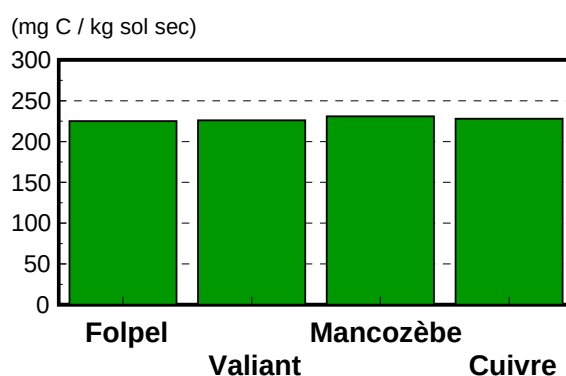
##### **Essai Avize**

Après 4 années d'expérimentation, aucune différenciation n'est mise en évidence pour ce qui concerne l'effet des traitements sur les paramètres microbiologiques. Par ailleurs, un gradient est observé avec une décroissance des valeurs moyennes depuis le bloc I jusqu'au bloc IV (tableau 3) :

**Tableau 3 : Biomasses microbiennes mesurées sur 4 modalités de la parcelle d'Avize**

|                      | bloc<br>I | bloc<br>II | bloc<br>III | bloc<br>IV | moy. | e.t. |
|----------------------|-----------|------------|-------------|------------|------|------|
| Mancozèbe            | 255       | 237        | 228         | 204        | 231  | 21   |
| Folpel               | 257       | 228        | 191         | 224        | 225  | 27   |
| Cuivre               | 257       | 193        | 223         | 239        | 228  | 27   |
| Valiant (pg<br>doux) | 254       | 247        | 222         | 182        | 226  | 33   |
| moy. blocs           | 256       | 226        | 216         | 212        |      |      |

La valeur moyenne de la biomasse microbienne sur l'essai s'établit à 288 mgC/kg, ce qui représente de 1,01 à 1,26% du carbone organique total du sol selon les parcelles (figure 4). Ces valeurs peuvent être qualifiées de faibles, surtout compte tenu du type de sol (argilo-calcaire). Ceci est à attribuer à une longue antériorité viticole, ainsi qu'en témoignent les teneurs (élevées) en cuivre : les valeurs de Cu extractible à l'EDTA varient entre 75 et 99 mg/kg selon les parcelles élémentaires. Dans ces conditions expérimentales, les quantités de cuivre apportées durant les 4 années de l'essai représentent une fraction infime du cuivre déjà présent. On a aussi observé que dans cet essai désherbé chimiquement (sans travail du sol) le cuivre apporté était resté en surface, bloqué dans la couche superficielle du sol (horizon 0-3 cm).

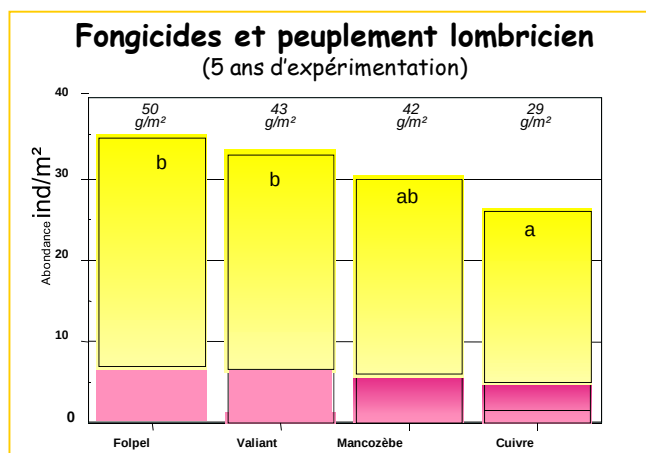
**Figure 4 : Biomasses microbiennes sur la parcelle d'Avize après 4 années d'expérimentation**

#### Essai Boursault-Fongicides

Les résultats des mesures microbiologiques n'ont mis en évidence aucun effet significatif des traitements, y compris le cuivre. On a pu observer en revanche une variabilité inter-annuelle relativement importante, très probablement en lien avec les conditions climatiques des semaines précédant les prélèvements (température et humidité du sol notamment).

#### 4.a.2.2.B Communauté lombricienne

##### Essai Avize

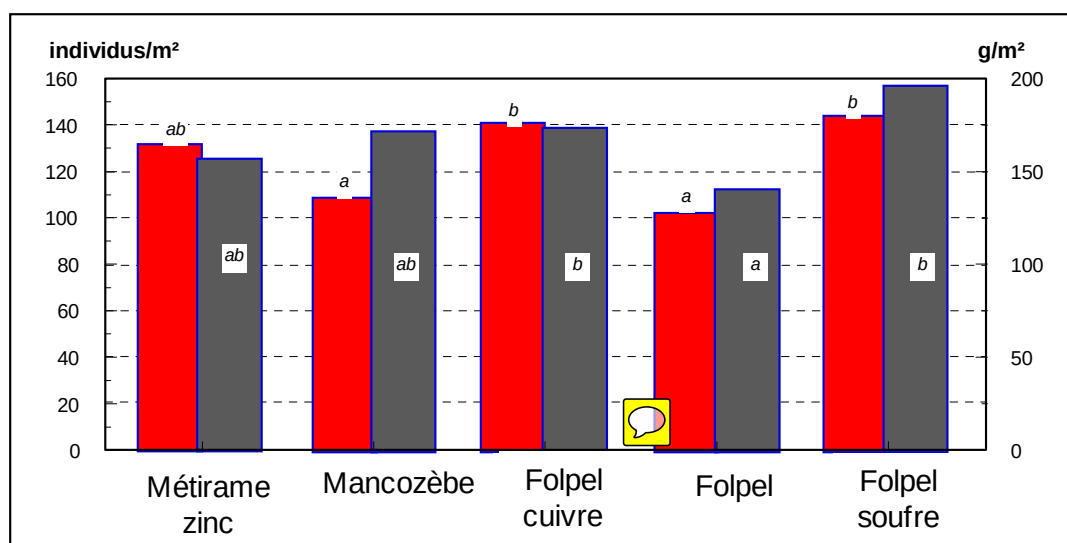


**Figure 5 : Abondances (nb/m²) et biomasses (g/m²) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle d'Avize, après 4 années de différenciation (données 1992).**

Sur l'essai Avize, les valeurs d'abondance lombricienne varient entre 25 et 35 individus/m², correspondant à des biomasses qui varient entre 29 et 50 g/m² (figure 5). Ces valeurs sont faibles au regard des valeurs rencontrées dans des milieux peu contraignants en vigne et caractérisent un faible état biologique. Tout comme pour le compartiment microbien, ces faibles valeurs sont à attribuer à une longue antériorité viticole, aboutissant à de très fortes teneurs en cuivre dans les sols.

Un effet traitement significatif a été mis en évidence sur la parcelle : le traitement "cuivre" présente les valeurs d'abondance et de biomasse lombriciennes les plus faibles, alors que les traitements "Folpel" et "Valiant" semblent être moins préjudiciables au développement lombricien que le traitement "cuivre" et "mancozèbe". Le traitement "cuivre" est particulièrement nocif pour les espèces anéciques.

##### Essai Boursault - Fongicides



**Figure 6 : Abondances (nb/m²) et biomasses (g/m²) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle de Boursault-Fongicides, après 8 années de différenciation (données 1998).**



La parcelle de Boursault (traitements fongicides) avec des abondances lombriciennes variant entre 103 et 145 individus/m<sup>2</sup> (correspondant à une biomasse variant entre 141 et 197 g/m<sup>2</sup>) possède un très bon état microbiologique (figure 6). De plus, cet état semble relativement homogène sur l'ensemble de la parcelle, tant en terme de densité qu'en terme de biomasse. L'étude de l'impact des traitements fongicides a montré que ces derniers avaient un effet spécifique sur l'abondance et la biomasse lombriciennes. On observe que les groupes différenciés tant par l'approche globale (densité et biomasse) que par l'approche structurelle, sont identiques. Couplant ces deux approches, il est possible de définir les caractéristiques générales des différents traitements étudiés :

- Folpel soufre (bleu) et Folpel cuivre (rouge) traitements fongicides ayant un effet dépresseur moindre sur le développement lombricien, tant en terme de densité et en terme de biomasse, qu'en terme de développement des anéciques ou endogés. Leur peuplement, caractérisé par une équitabilité moyenne, est dominé par trois espèces : *Aporrectodea giardi*, *Lumbricus terrestris* et *Allolobophora icterica*. Ces deux traitements se différencient par l'influence qu'ils ont sur la structure spécifique du peuplement lombricien : Folpel cuivre permet un développement relativement plus important de *Lumbricus terrestris*.
- Métirame zinc (blanc) traitement fongicide n'ayant aucun effet dépresseur significativement marqué sur le développement lombricien tant en terme de densité et de biomasse, qu'en terme de développement des anéciques et des endogés. D'un point de vue de la structure spécifique lombricienne, comparé aux autres traitements, ce fongicide est associé à un peuplement particulier dans lequel se développe plus facilement l'espèce épigée "*Lumbricus castaneus* " et l'espèce anécique "*Aporrectodea longa* ". Cependant, son peuplement, caractérisé par une équitabilité relativement faible, reste dominé nettement par une espèce : *Aporrectodea giardi*, les deux autres espèces (*Lumbricus terrestris* et *Allolobophora icterica*) étant moins bien représentées.
- Mancozèbe (jaune-vert) traitement fongicide ayant un effet dépresseur significativement marqué sur la densité lombricienne, mais pas sur la biomasse. Il permet le développement des anéciques, mais influence négativement celui des endogés. Son peuplement, caractérisé par une équitabilité faible, reste dominé nettement par une espèce : *Aporrectodea giardi*, les deux autres espèces (*Lumbricus terrestris* et *Allolobophora icterica*) étant moins bien représentées.
- Folpel (jaune) traitement fongicide ayant un effet dépresseur significativement marqué tant sur la densité lombricienne que sur la biomasse. Sans avoir d'effet dépresseur significativement marqué sur le développement des endogés, il influence significativement le développement des anéciques. Son peuplement, caractérisé par une équitabilité faible, reste dominé nettement par une espèce : *Aporrectodea giardi*, les deux autres espèces (*Lumbricus terrestris* et *Allolobophora icterica*) étant moins bien représentées.

#### **4.a.2.2.C Evolution - Conseils**

A l'issu de l'étude des 2 parcelles Avize et Boursault-Fongicide, il apparait que le compartiment microbien est très sensible aux teneurs en cuivre accumulée dans le sol. Les fortes teneurs en cuivre (75 et 99 mg/kg) sont attribuées à une longue antériorité viticole. De ce fait dans le cadre de dispositif expérimental, il n'a pas été possible de mettre en évidence l'effet d'un apport supplémentaire de cuivre (parcelle d'Avize) ce dernier représentant une fraction infime du cuivre déjà présent. Les communautés lombriciennes sont apparues très sensibles aux traitements fongicides appliqués sur la parcelle d'Avize et de Boursault.

Ainsi, il ressort de ces 2 études que

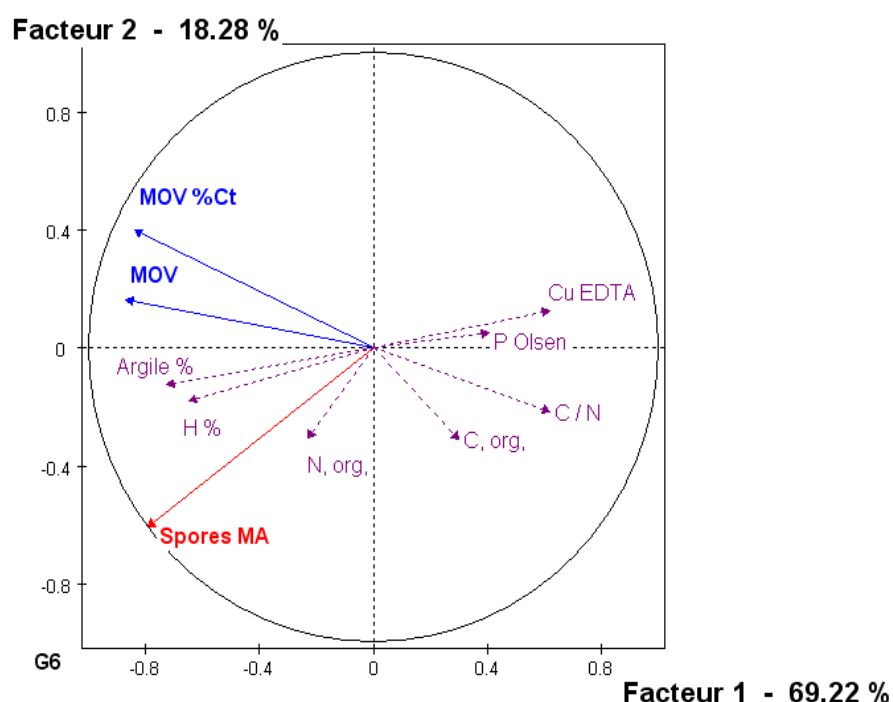
- un traitement de cuivre altère la communauté lombricienne,
- les traitements de types folpel et mancozèbe altèrent aussi la communauté lombricienne, alors que des traitements folpel-cuivre et folpel-soufre semblent être moins préjudiciables, ceci pouvant être relié à la concentration de folpel moins importante dans ces deux derniers traitements (nombre d'application, dose de fongicides).

#### **4.a.2.3 Problématique CUIVRE**

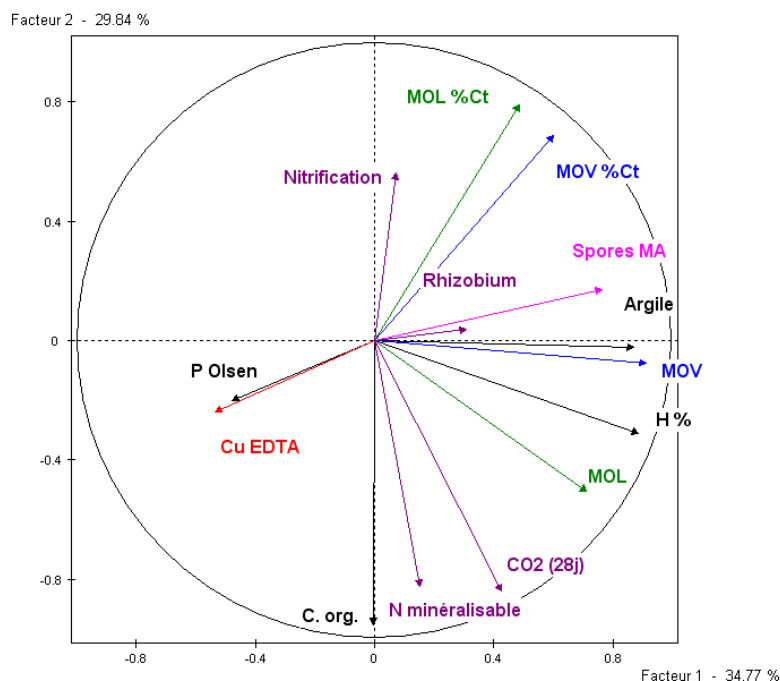
La problématique « cuivre » relevant davantage d'une contamination de long terme que d'effets à court terme, nous l'avons reprise par l'exploitation des données globales sur l'ensemble des parcelles du vignoble. Cette approche intègre les contaminations de long terme, liées aux apports cumulés par utilisation de la bouillie bordelaise depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle).

##### **4.a.2.3.A Compartiment microbien**

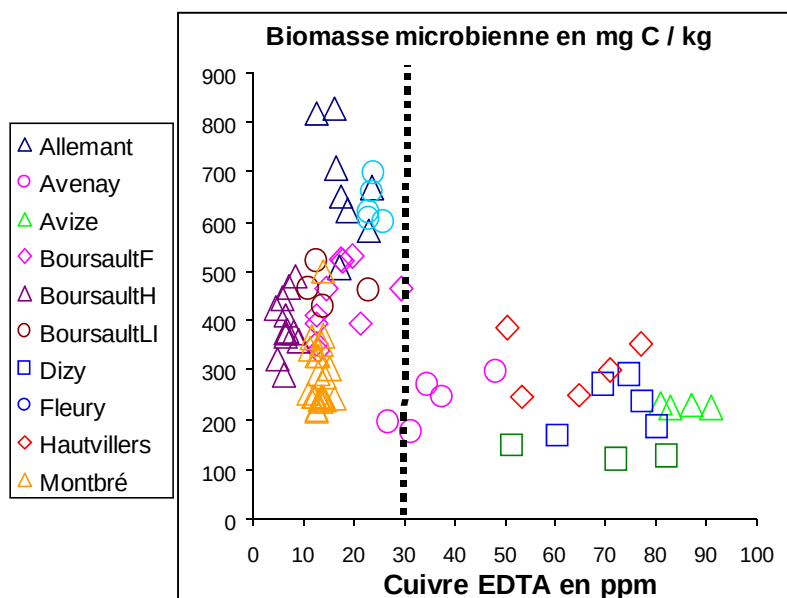
Les figures ci-après (figures 7, 8), illustrant les analyses multivariées effectuées sur les données, montrent bien un "antagonisme" entre les teneurs des sols en cuivre (ici Cu extractible à l'EDTA) et les principaux paramètres biologiques.



**Figure 7 : Analyse multivariée entre paramètres microbiens, paramètres physico-chimiques du sol**



**Figure 8 : Analyse multivariée entre paramètres microbiens, paramètres physico-chimiques du sol**



**Figure 9 : relation entre la biomasse microbienne et la teneur en cuivre des sols**

La biomasse microbienne est bien corrélée avec les paramètres physico-chimiques des sols (figures 7,8, 9) : pour le sol présentant des teneurs en cuivre EDTA inférieure à 30 ppm, le coefficient de détermination  $r^2$  entre la teneur en argile et la biomasse microbienne est de 0.74, et de 0.76 entre la teneur en carbone organique et la biomasse microbienne. Pour des teneurs en cuivre extractible à l'EDTA supérieures à 30 ppm, on confirme un effet dépressif du cuivre sur la biomasse microbienne.

La biomasse microbienne est donc principalement sous la dépendance des caractéristiques physico-chimiques des sols, plus que des pratiques culturales.

#### 4.a.2.3.B Communauté lombricienne

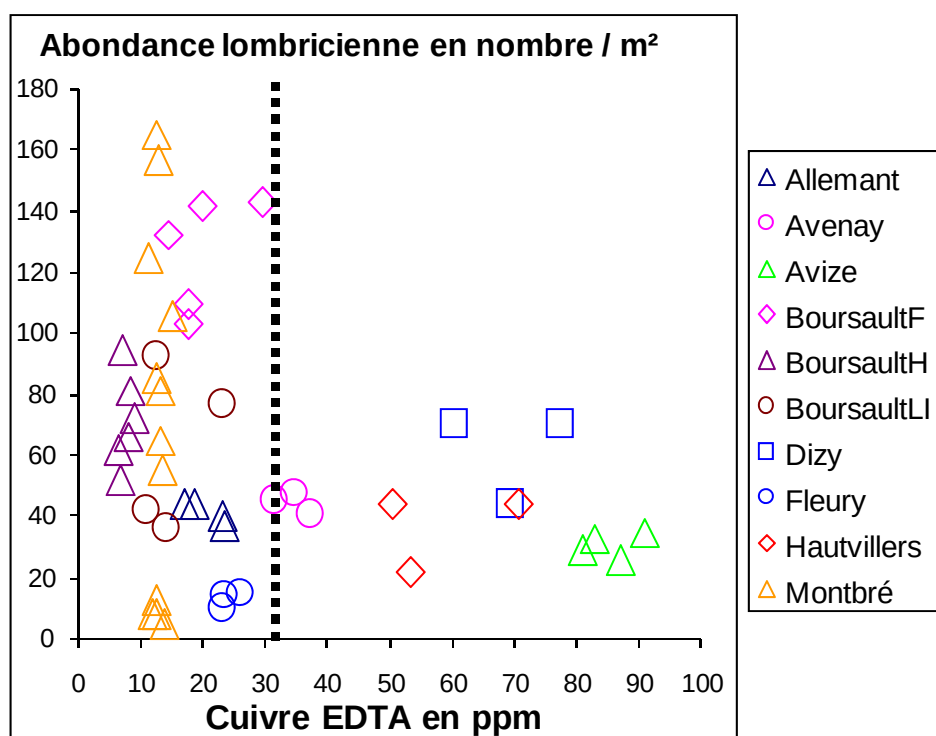


Figure 10 : Relation entre l'abondance lombricienne et la teneur en cuivre des sols

Il n'existe pas de corrélation entre les paramètres lombriciens et les paramètres physico-chimiques du sol tels que l'argile et le carbone organique mesurés dans l'horizon de surface. L'effet dépressif du cuivre apparaît pour des teneurs supérieures à 30 ppm environ (figure 10).

En dehors de l'effet dépressif du cuivre, les faibles abondances lombriciennes observées dans certaines parcelles dont les teneurs sont inférieures à 30 pp sont liées à d'autres pratiques viticoles dégradantes, tel que l'utilisation d'insecticides, ou encore des désherbages mécaniques ou chimiques en plein.

#### 4.a.2.3.C Evolution – Conseil

Cette approche multi-sites a permis de définir une valeur seuil de 30 ppm de Cuivre (mesuré à l'EDTA) au dessus de laquelle les compartiments biologiques (biomasse microbienne, communauté lombricienne) sont altérés. Cette valeur seuil présente l'intérêt de pouvoir affiner des conseils de gestion de pratiques viticoles. Cela étant, au-delà de la quantité de cuivre mesurée à l'EDTA, la toxicité du cuivre est essentiellement dépendante de la biodisponibilité de ce cuivre, elle-même fortement liée à la matière organique dans les sols (taux et formes de matière organique), et la teneur en argile.

### 4.a.3 – Entretien du sol - Désherbage

#### 4.a.3.1 Désherbage Chimique

Trois expérimentations ont porté sur la comparaison de familles d'herbicides : essais de Chambrecy (1990-93), de Boursault (1992-2003) et de Jouy (mesures en 1992).

Nous n'évoquerons ici que l'essai de Boursault-Herbicides, qui a été conçu sur le même principe que l'essai « fongicides » établi à proximité et dont les principaux résultats ont été présentés précédemment.

Essai de Boursault-Herbicides : suivi diachronique d'un essai mis en place en 1992 et sur lequel des mesures biologiques ont été effectuées en 1992, 1995, 1998, 2000 et 2003 (les paramètres viticoles et sanitaires étant enregistrés chaque année durant les 12 ans de l'essai). Ce site a permis l'étude de 6 traitements d'herbicides (tableaux 4, 5)

**Tableau 4 : Correspondance entre nom commercial et matière active des herbicides testés sur la parcelle de Boursault**

|                |            |             |        |           |                      |                        |
|----------------|------------|-------------|--------|-----------|----------------------|------------------------|
| Nom commercial | Azural     | Surfassol   |        | C7        | Basta                | Fénican                |
| Matière active | Glyphosate | Dichlobénil | Diuron | Isoxabène | Glufosinate ammonium | Diuron + Terbutylazine |

#### 4.a.3.1.A Compartiment microbien (Biomasse microbienne)

Cinq modalités ont été comparées pour les paramètres microbiologiques, correspondant à des stratégies différentes depuis l'association diuron-therbutylazine jusqu'au glyphosate seul.

Le niveau moyen de la biomasse microbienne s'établit à 350 mgC/kg de sol pour l'ensemble de l'essai (tous traitements et années confondus), correspondant à environ 2% du carbone organique total. Les résultats ont mis en évidence un effet « année » supérieur à un (éventuel) effet traitement : autour de la moyenne générale de 350 mgC/kg, les valeurs moyennes observées par année fluctuent entre 300 et 400 mgC/kg. En affectant un indice 100 à la valeur moyenne annuelle, on peut plus aisément comparer les traitements et leur évolution sur la période de l'essai (tableau 5) :

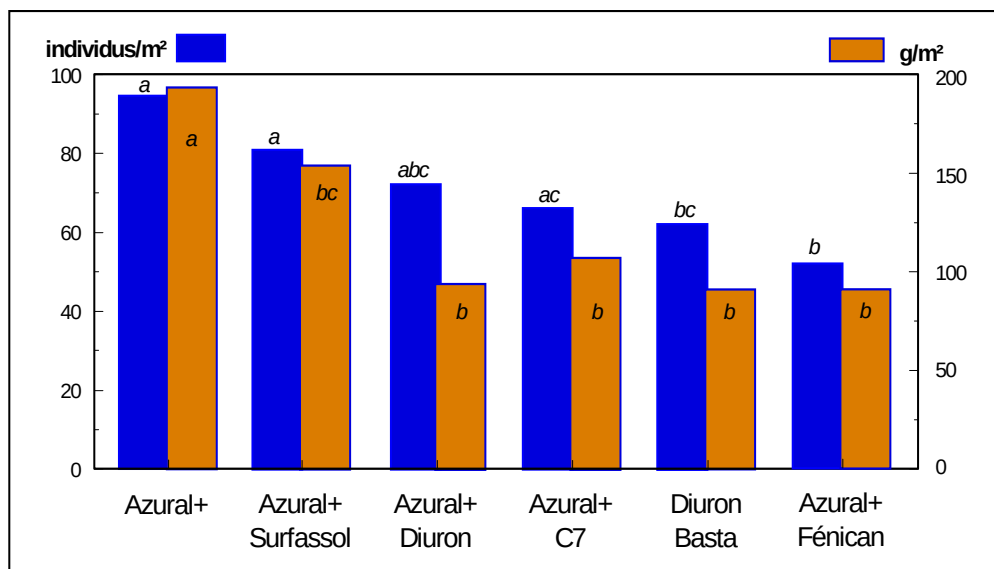
**Tableau 5 : Biomasses microbiennes (mg C/kg) sur l'essai de Boursault-Herbicides (nom commercial)**

|                                                 | Code       | 1990 | 1994 | 1998 | 2000 | <i>moyenne</i> |
|-------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|----------------|
|                                                 |            | BM   | BM   | BM   | BM   | <i>4 dates</i> |
| isoxaben (c7) + glyphosate (Azural +)           | BU (bleu)  | 105  | 95   | 105  | 99   | <i>101</i>     |
| (diuron + therbutylazine) (Fénican)             | JV         | 96   | 96   | 82   | 80   | <i>89</i>      |
| diuron + gluphosinate ammonium (Basta)          | R (rouge)  | 104  | 103  | 90   | 102  | <i>100</i>     |
| diuron + glyphosate (Azural +)                  | O (orange) | 103  | 90   | 104  | 92   | <i>97</i>      |
| glyphosate (Azural +)                           | BL (blanc) | 92   | 117  | 119  | 126  | <i>113</i>     |
| Dichlobenil (Surfassol) + glyphosate (Azural +) | HE (noir)  | -    | -    | -    | -    | -              |

La modalité « Isoxaben + Glyphosate » fluctue autour d'un indice 100 ( $95 \pm 5$ ). La modalité « Diuron + Therbutylazine » est dans l'ensemble inférieure à l'indice 90, avec une décroissance continue dans le temps. A l'inverse, la modalité « Glyphosate seul » est supérieure à 110, avec une augmentation constante dans le temps. Notons qu'il ne s'agit pas là d'une étude écotoxicologique. D'une part il n'y a pas de répétitions de traitements sur cet essai (un essai en blocs serait plus adapté). D'autre part, les différences observées ne reflètent pas nécessairement un effet direct des herbicides sur la microflore : il peut s'agir d'une efficacité plus ou moins grande des traitements. Ainsi, un désherbage « préventif » avec des produits agissant au niveau du sol se traduira par la quasi-absence d'adventices et donc par l'absence de « rhizodépôts » (= entrées de carbone faibles ou nulles via cette végétation). A l'inverse, un désherbage avec des produits foliaires systémiques appliqués sur des adventices déjà bien développées autorisera des entrées de carbone utiles pour la microflore.

#### 4.a.3.1.B Communautés lombriciennes

Les communautés lombriciennes ont été prélevées en 1992, 1995, 1998 et 2000. Les résultats présentés ci-dessous renseignent de l'état macrobiologique après 6 années de différenciation (1998), montant ainsi la rapidité de réponse des organismes aux traitements.



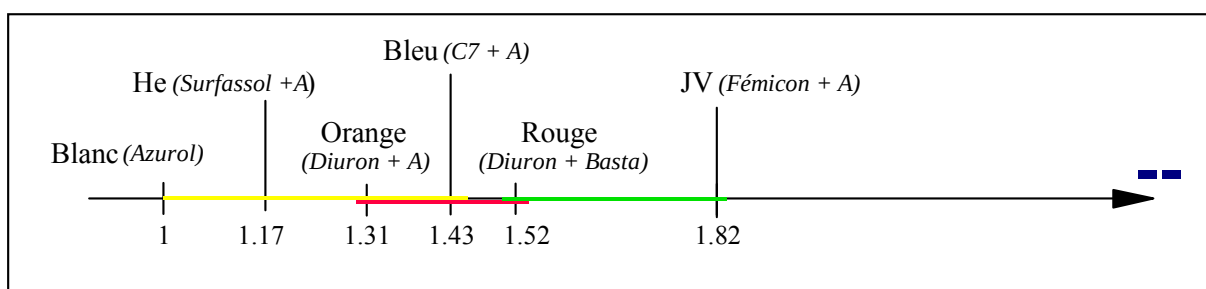
**Figure 11 : Abondance (nb/m²) et biomasse (g/m²) lombriciennes sur les différentes modalités de la parcelle de Boursault, après 6 années de différenciation.**

Les valeurs obtenues sur la parcelle de Boursault-Herbicides après 6 années d'expérimentation correspondent ou sont supérieures aux valeurs observées dans les vignes de Champagne (valeurs variant entre 52 et 95 individus/m²) (figure 11). A la période de prélèvement, la parcelle Boursault herbicides apparaît donc comme ayant un état biologique correcte au regard de nos connaissances en milieu viticole.

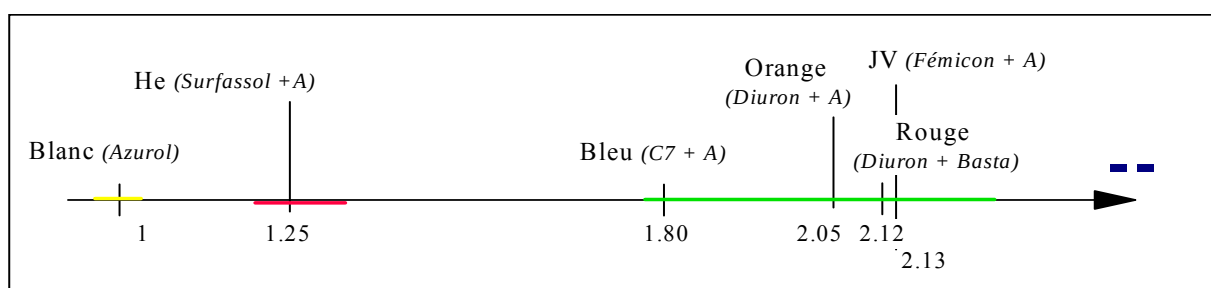
Cela étant, il existe un effet traitement herbicides significatif ( $p < 0.05$ ) sur l'ensemble de la parcelle et certains herbicides ou association d'herbicides impactent les communautés lombriciennes. Ainsi, l'abondance moyenne est hétérogène sur l'ensemble de la parcelle puisqu'elle double quasiment entre le traitement "Azural + Fénican" (52 i/m²) et le traitement "Azural" (95 i/m²) qui correspond au glyphosate seul. Cette hétérogénéité est aussi observée en termes de biomasse ; deux "groupes" de modalités se distinguent : les modalités "Azural + Fénican", "Diuron+ Basta", "Azural + C7", et "Azural + Diuron" pour lesquelles les biomasses se situent aux

alentours de 100 g/m<sup>2</sup> et les modalités "Azural + Surfassol" ou "Azural" pour lesquelles les biomasses sont de l'ordre de 154 à 194 g/m<sup>2</sup>.

Aux vu des données, il semble possible de classer ces traitements herbicides en termes d'effet dépresseur sur la densité lombricienne. Tenant compte de l'abondance ou de la biomasse numérique, une échelle d'effet dépresseur est ainsi proposée (figures 12, 13). Cette hiérarchisation des traitements fait apparaître en tendance l'effet dépressif de chacun des traitements, la significativité entre chaque traitement étant donnée par les différentes couleurs (les traitements ayant des couleurs ou des associations de couleurs différentes étant significativement différents entre eux).



**Figure 12 : Echelle d'effet dépresseur de certains herbicides sur la densité lombricienne (abondance numérique) après 6 années d'expérimentation (Parcelle de Boursault)**

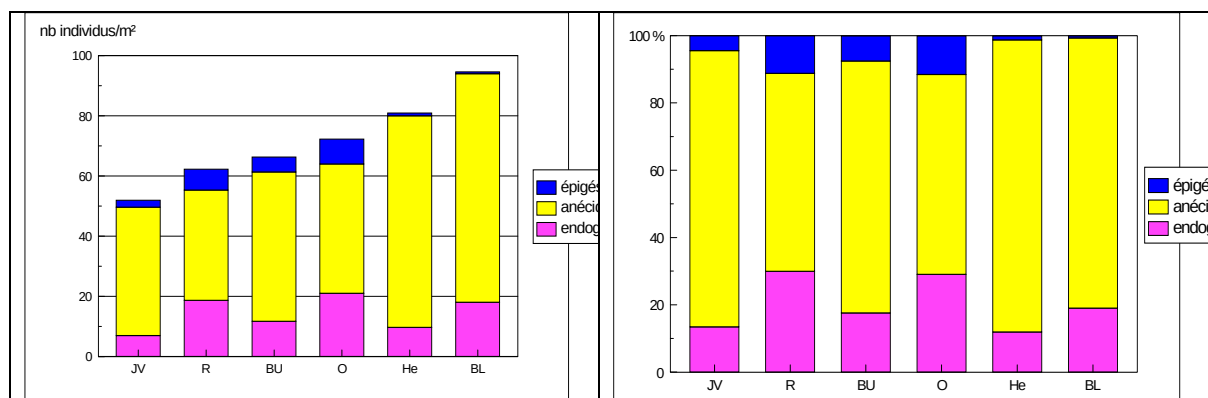


**Figure 13 : Echelle d'effet dépresseur de certains herbicides sur la biomasse lombricienne**

Concernant la structure fonctionnelle des communautés (importance des catégories écologiques : épigés, anéciques, endogés), les anéciques dominent significativement les communautés quelque soit le traitement herbicide (figure 14). Les communautés lombriciennes sur ce dispositif présentent donc un déséquilibre fonctionnel qui pourra avoir des conséquences sur le fonctionnement du sol. La présence des anéciques va permettre l'augmentation de l'infiltration et par la présence de middens à la surface va réduire les ruissellements, mais la faible présence des endogés va limiter la capacité de rétention en eau (et des éléments dissous) dans le sol, et donc limiter la capacité de dégradation des molécules, bien que celles-ci puissent aussi être dégradées dans les manchons des galeries faites par les anéciques.

Cela étant certains traitements tels que l'Azural (glyphosate seul-BL), l'association Diuron + Azural (Diuron + Glyphosate - 0) et l'association Diuron + Basta (Diuron + Gluphosinate - R) permettent le développement d'endogés qui peuvent représenter dans le cas des deux derniers traitements 30 % de la communauté. Ces traitements vont donc être présenter un meilleur équilibre fonctionnel.

Donc, dans une approche environnementale, au-delà de l'effet des traitements herbicides sur les abondances ou biomasses lombriciennes, il convient aussi de tenir compte de la structure des communautés.



**Figure 14 : abondance absolue et relative des catégories écologiques lombriciennes après 6 années d'expérimentations (parcelle de Boursault)**

Concernant la structure spécifique, la parcelle de Boursault-Herbicides présente une richesse spécifique correcte (tableau 6), bien qu'inférieure à la richesse observée dans les meilleures conditions en Champagne (10 espèces). Il n'y a pas d'effet des traitements herbicides sur cette richesse, mais cependant certains traitements altèrent de manière très importante l'équitabilité, comme l'association "Surfassol + Azural" (Dichobenil et Glyphosate – He). Cette faible équitabilité aura pour conséquence de fragiliser le système et notamment face à sa capacité de résilience.

|                   | O    | JV   | He   | BU   | BL   | R    | Parcelle |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Richesse          | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7        |
| Diversité Shannon | 2.23 | 1.79 | 1.36 | 2.10 | 1.78 | 2.40 | 2.03     |
| équitabilité      | 0.79 | 0.63 | 0.48 | 0.74 | 0.63 | 0.85 | 0.72     |

**Tableau 6: Diversité, diversité maximale et équitabilité des peuplements par modalité**

Compte tenu de toutes les informations recueillies sur cet essai, il est possible de caractériser l'impact de chaque traitement sur la communauté lombricienne.

- ♦ Azural, correspondant au Glyphosate (BL) traitement herbicide ayant un effet dépresseur moindre sur le développement lombricien tant en terme de densité qu'en terme de biomasse. De plus, il permet le développement d'espèces anéciques et endogées, mais pas celui d'espèces épigées. Son peuplement est caractérisé par une équitabilité moyenne où sont représentées les espèces *Aporrectodea giardi*, *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora c. chlorotica typica* et *Allolobophora rosea rosea*.
- ♦ Azural+ Surfassol, correspondant à l'association de Glyphosate et Dichlobenil (Noir, He) traitement herbicide ayant un effet dépresseur moindre sur le développement lombricien tant en terme de densité qu'en terme de biomasse. Il permet le développement d'espèces anéciques mais a un effet dépresseur sur le développement des endogées ainsi que sur celui des épigées. Son peuplement est caractérisé par une équitabilité faible où domine très nettement *Aporrectodea giardi*,



- ◆ C7+Azurol, correspondant à l'association Isoxaben et Glyphosate (Bleu, Bu) traitement herbicide ayant un effet dépresseur peu marqué sur le développement lombricien en terme de densité, mais influençant significativement la biomasse. Il affecte le développement d'espèces anéciques et endogées. Son peuplement est cependant caractérisé par une équitabilité moyenne où sont représentées les espèces *Aporrectodea giardi*, *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora c. chlorotica typica*, *Allolobophora rosea rosea* et *Lumbricus castaneus*.
- ◆ Diuron+Basta, correspondant à l'association Diuron et Gluphosinate (Rouge, R), Diuron+Azurol, correspondant à l'association Diuron et Glyphosate (Orange, O) traitements herbicides ayant un effet dépresseur peu marqué sur le développement lombricien en terme de densité, mais influençant significativement la biomasse. Ils affectent le développement d'espèces anéciques, mais dans une moindre mesure le développement d'espèces endogées. Leurs peuplements sont caractérisés par les équitabilités les plus importantes de la parcelle où sont représentées les espèces *Aporrectodea giardi*, *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora c. chlorotica typica*, *Allolobophora rosea rosea* et *Lumbricus castaneus*
- ◆ Fénican+Azurol, correspondant à l'association Diuron et Therbutylazine et Glyphosate (Jaune-vert, JV) traitement herbicide ayant un effet dépresseur très marqué sur le développement lombricien tant en terme de densité qu'en terme de biomasse. Il affecte le développement des espèces anéciques et endogées. Son peuplement est cependant caractérisé par une équitabilité moyenne où sont représentées les espèces *Aporrectodea giardi*, *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora rosea rosea*, *Allolobophora icterica* et *Lumbricus castaneus*.

#### **4.a.3.1.C Evolution - Conseil**

A l'issu des analyses biologiques menées sur la parcelle de Fleury, il ressort que certains traitements d'entretien du sol – herbicides, altèrent la composante biologique que ce soit microbienne ou lombricienne. Ainsi l'association Diuron et Therbutylazine semble être le plus préjudiciable ; alors que le traitement à base de Glyphosate seul semble être le moins préjudiciable.

Rappelons que cette étude n'est pas une étude écotoxicologique. Ainsi, les différences observées ne reflètent pas nécessairement un effet direct des herbicides sur la composante biologique, mais il peut s'agir d'effet indirect. Concernant la microflore, en fonction des herbicides utilisés, il peut y avoir soit une réduction des entrées de carbone (utilisation d'un désherbage préventif), soit des entrées de carbone (désherbage avec des produits foliaires systémiques appliqués sur des adventices déjà bien développées). Concernant les lombriciens, l'utilisation des herbicides peut aboutir à la limitation de la ressource trophique qui interfère avec des effets potentiels des molécules sur les organismes eux-mêmes.

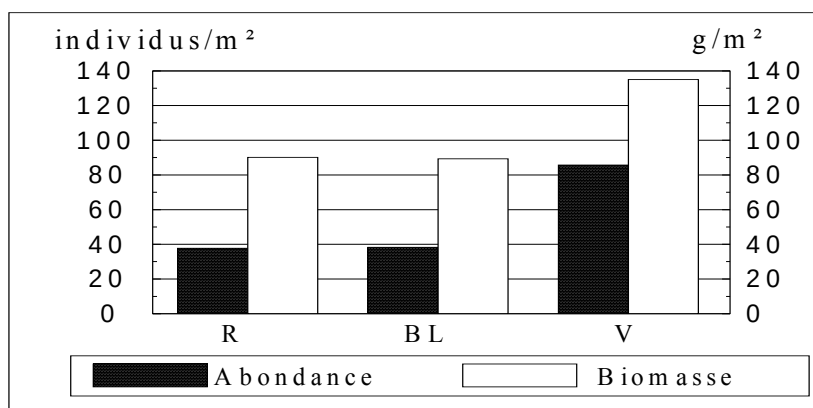
#### **4.a.3.2 Désherbage chimique vs mécanique**

Une expérimentation a porté sur la comparaison d'entretien du sol permettant de comparer l'effet d'un désherbage mécanique, chimique ou d'un enherbement maîtrisé : essai Fleury (1990) (tableau 7).

Essai de Fleury: suivi diachronique d'un essai mis en place en 1990 et sur lequel des mesures biologiques ont été effectuées en 1990, 1993, 1996, 1999 et 2002. Seuls les résultats des communautés lombriciennes seront présentés après 9 années de différenciation (1999).

**Tableau 7 : Codification des modalités et correspondances**

| Modalité       | R                  | BL                           | V                    |
|----------------|--------------------|------------------------------|----------------------|
| Correspondance | Labour superficiel | Désherbage chimique en plein | Enherbement maîtrisé |

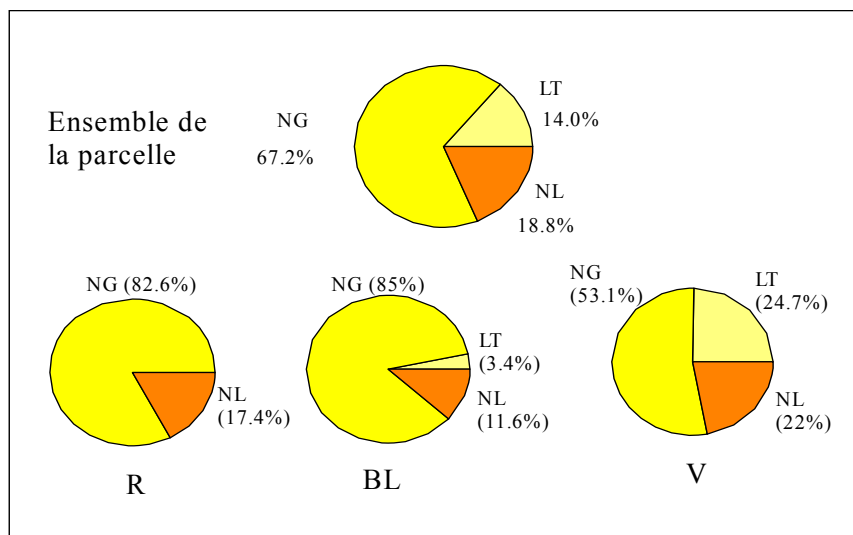
**4.a.3.2.A Communautés lombriciennes****Figure 15 : Abondance (ind/m²) et biomasse (g/m²) moyennes par modalité (R = Labour, BL = Désherbage chimique, V = Enherbement maîtrisé) sur la parcelle de Fleury après 9 années de différenciation.**

La parcelle de Fleury, après 9 années de différenciation (figure 15) avec des abondances lombriciennes hétérogènes qui varient entre 37.6 et 85.6 individus/m<sup>2</sup> (correspondant à une biomasse variant entre 89.3 et 134.9 g/m<sup>2</sup>) ne présente pas, d'une manière générale, un très bon état microbiologique au regard de nos connaissances actuelles des sols viticoles, cependant les différents modes d'entretien du sol présentent des communautés lombriciennes très différentes. En effet, les modes d'entretiens du sol ont un effet significatif ( $p < 0.05$ ) sur l'abondance lombricienne, et semblent aussi avoir un effet sur la biomasse ( $p > 0.05$ ). Ainsi, l'Enherbement maîtrisé (V) présente les conditions les plus favorables au développement lombricien, en termes de densité ( $p < 0.05$ ) et en tendance en termes de biomasse ( $p > 0.05$ ). A contrario, le désherbage mécanique (labour) et désherbage chimique ne se différencient pas en termes d'abondance lombricienne ou de biomasse.

D'un point de vue structure fonctionnelle, sur l'ensemble de la parcelle et quel que soit le mode d'entretien, le peuplement lombricien est uniquement composé d'espèces anéciques, les endogés et épigés étant absents. Cette communauté est nettement dominée par *Aporrectodea giardi* (NG) qui représente en moyenne 67% de l'ensemble du peuplement. La communauté anécique est aussi constituée par *Aporrectodea longa* (NL) (19%) et dans une moindre mesure par *Lumbricus terrestris* (LT) (14%) mais qui est absent sous le désherbage mécanique (labour - R) (figure 16).

Le désherbage mécanique (labour - R) semble donc être très préjudiciable à l'espèce *L. terrestris* ; ceci pourrait s'expliquer notamment par l'organisation spatiale des réseaux de galeries créés par cette espèce qui sont orientés verticalement et sont très peu ramifiés comparés à ceux de *Aporrectodea sp.* dont les réseaux de galeries, bien que permanents, sont beaucoup plus ramifiés et d'orientation sub-verticales, les rendant ainsi moins sensibles à l'action du labour.

Concernant les deux autres espèces (*Aporrectodea sp.*), les deux modes de désherbages (mécanique et chimique) ne se différencient pas entre eux.



**Figure 16 : Abondances relatives des espèces par modalité par modalité (R = Labour, BL = Désherbage chimique, V = Enherbement) sur la parcelle de Fleury après 9 années de différenciation.**

La richesse spécifique est très faible (Tableau 8) : observation de 3 taxons, ce qui est très inférieur à la valeur moyenne rencontrée en vignoble dans des conditions non contraignantes (10 espèces). Cette faible richesse spécifique est associée à une équitabilité très faible pour la modalité Désherbage chimique (BL), relativement faible pour la modalité Labour (R), alors que les conditions de la modalité Enherbement permettent une structure relativement équitale du peuplement lombricien.

**Tableau 8 : Diversité, diversité maximale et équitabilité des peuplements par modalité**

|                     | R   | BL  | V   | Parcelle |
|---------------------|-----|-----|-----|----------|
| Richesse spécifique | 2   | 3   | 3   | 3        |
| Diversité Shannon   | 0.7 | 0.7 | 1.5 | 1.2      |
| Équitabilité        | 0.7 | 0.5 | 0.9 | 0.8      |

L'ensemble de ces résultats montre que la parcelle de Fleury présente des caractéristiques peu favorables à un très bon développement lombricien lié potentiellement aux paramètres du sol (faible teneur organique, texture grossière...). Les peuplements observés sont fonctionnellement déséquilibrés (seule présence d'anéciques) et la richesse spécifique y est très faible (3 taxons). Ce déséquilibre fonctionnel général pourra avoir une influence sur le fonctionnement physico-chimique du sol. La présence des anéciques va permettre la création de middens à la surface des sols, augmentant la rugosité de surface et la création de réseaux de galeries ouverts à la surface ; ces bioturbations vont limiter la vitesse de ruissellement et ainsi limiter l'érosion, et assurer une bonne infiltration de l'eau dans les sols. Cela étant l'absence d'endogés peut être préjudiciable. En effet, cette dernière catégorie écologique par la création d'un réseau de galerie temporaire très ramifié et par sa participation à la dégradation de la matière organique, intervient sur la circulation de l'eau dans le sol et plus particulièrement la conductivité et la capacité de rétention en eau, ainsi que sur la dynamique de la matière organique. La très faible richesse spécifique aura pour conséquence d'affaiblir le système face à une forte contrainte environnementale, et à limiter la capacité de résilience du milieu.

Dans ce contexte contraignant, le mode d'entretien du sol a un impact très important sur les communautés lombriciennes (Tableau 9) :

\* les modes d'entretien associés à un Enherbement maîtrisé (V) sont les plus favorables au développement lombricien tant en termes de densité, que de biomasse et d'équitabilité. L'ensemble de ces valeurs se rapproche des valeurs observées en milieu viticole peu contraignant et caractérise un état microbiologique relativement correcte malgré l'absence d'espèces endogées. Parmi les conditions associées à la modalité Enherbement et en se basant sur nos connaissances, la teneur en matière organique ainsi que la couverture permanente du sol pourraient être des facteurs influençant significativement le peuplement lombricien.

\* les modes d'entretien correspondant aux désherbages chimique (BL) et mécanique (Labour – R) sont associées aux densités, biomasses et diversité lombriciennes les plus faibles de l'ensemble de la parcelle. Leur structure fonctionnelle reste déséquilibrée par l'unique présence des anéciques. La communauté lombricienne sous désherbage chimique (BL), bien que présentant la même richesse spécifique que sous l'enherbement maîtrisé (V), présente l'équitabilité la plus faible, ceci s'expliquant par la domination d'une espèce et la très faible présence d'une autre. La communauté lombricienne sous désherbage mécanique (R) est caractérisée par sa faible richesse spécifique (seuls 2 taxons).

**Tableau 9 : Synthèse de l'influence des différents modes de travail du sol sur les caractéristiques du peuplement lombricien. (Fleury)**

|                               | R (labour) | BL (désherbage chimique) | V (enherbement) |
|-------------------------------|------------|--------------------------|-----------------|
| Abondance (i/m <sup>2</sup> ) | -          | -                        | ++              |
| Biomasse (g/m <sup>2</sup> )  | -          | -                        | ++              |
| Structure fonctionnelle       | -          | -                        | -               |
| Structure spécifique          | --         | -                        | -               |
| Equitabilité                  | - (+)      | -                        | +               |

#### **4.a.3.2.B Evolution - Conseil**

Après 9 années de différenciation, les résultats obtenus sur la parcelle de Fleury permettent de dire que pour désherber la vigne, désherbage mécanique superficiel et désherbage chimique en plein sont tous deux défavorables aux communautés lombriciennes. L'alternative proposée, à savoir un enherbement maîtrisé mécaniquement sur l'inter-rang et le désherbage chimique sur le s40% sous le rang est favorable aux communautés lombriciennes et permet donc de restaurer ces communautés. Elle présente aussi l'intérêt d'améliorer la portance du sol vis-à-vis des tracteurs.

L'analyse des résultats après 12 années de différenciation, confirment ceux obtenus après 9 années de différenciation mettant en exergue l'effet hautement positif de l'enherbement maîtrisé sur la restauration des sols, cependant le désherbage mécanique, sans se différencier significativement du désherbage chimique en plein, semblerait être moins défavorable que ce dernier, particulièrement concernant le développement pondéral des lombriciens.

#### **4.a.3.3 Protection de l'inter-rang (enherbement, mulch ....)**

Quatre expérimentations ont porté sur la protection de l'inter-rang (enherbement, mulch) : Essais de Dizy, Hautvillers, Avenay et Montbré. Ces expérimentations ont permis de comparer, dans 4 situations différentes, trois modalités majeures en termes d'entretien des sols : désherbage chimique, mulch d'écorces, enherbement. Sur chaque essai, les trois modalités sont répétées deux fois (2 blocs) (tableau 10). Pour la modalité enherbement, les mesures ont porté à la fois sous le rang et dans l'inter-rang pour la microbiologie, et pour les lombriciens, aucune distinction n'a été faite (le cadre de prélèvement couvrant l'inter-rang et le rang). Les trois premiers essais ont été échantillonnés une seule fois, en 1998 pour la microbiologie et en 1999 pour les lombriciens, après 4 à 5 années d'application des traitements. L'expérimentation de Montbré a été suivie de 1991 à 2007 et comporte d'autres modalités ; les résultats concernant cette expérimentation sont présentés plus loin (partie Fertilisation).

**Tableau 10 : Modalités sur les parcelles d'Avenay, Dizy et Hautvillers**

| Modalité       | E           | M     | T                            |
|----------------|-------------|-------|------------------------------|
| Correspondance | Enherbement | Mulch | Temoin (désherbage chimique) |
| Bloc 1/2       | E1/E2       | M1/M2 | T1/T2                        |

Le remplacement du désherbage chimique intégral (qui était la norme dans les années 80) par d'autres techniques d'entretien des sols se traduit par des modifications relativement rapides et importantes des activités biologiques, en raison principalement du carbone organique apporté par les produits utilisés en mulch ou issu de la végétation qui se développe dans l'inter-rang.

##### **4.a.3.3.A Compartiment microbien (Biomasse microbienne)**

Le tableau ci-dessous présente les résultats synthétiques concernant le niveau de biomasse microbienne (tableau 11).

**Tableau 11 : Niveau de Biomasses microbiennes relatifs au témoin (désherbage chimique)**

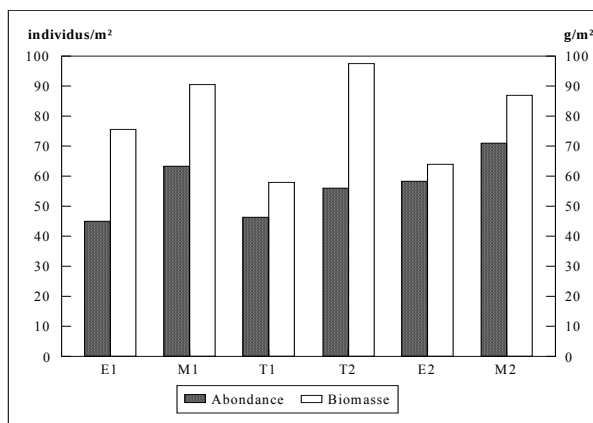
|             | Sol nu<br>(désherbage<br>chimique) | Mulch          | Enherbement<br>Rang | Enherbement<br>I.R. |
|-------------|------------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
|             | BM % sol<br>nu                     | BM % sol<br>nu | BM % sol nu         | BM % sol nu         |
| Avenay      | 100                                | 157            | 112                 | 173                 |
| Dizy        | 100                                | 125            | 112                 | 143                 |
| Hautvillers | 100                                | 161            | 115                 | 174                 |

On constate que, par rapport au sol nu (désherbé chimiquement), la biomasse microbienne s'accroît de 25 à 61% dans le traitement « mulch » (en moyenne de 48 % pour les 3 essais). Dans l'inter-rang enherbé, cette augmentation va de 43 à 74% avec une moyenne de 63%, et même sous le rang (non enherbé) ont noté une augmentation significative de 12 à 15%.

Ces modifications en temps relativement court sous l'effet de pratiques agro-viticoles méritent d'être soulignées. Elles sont beaucoup plus importantes que les (éventuelles) modifications liées aux produits phytosanitaires par exemple.

#### **4.a.3.3.B Communautés lombriciennes**

##### **Parcelle d'Avenay**



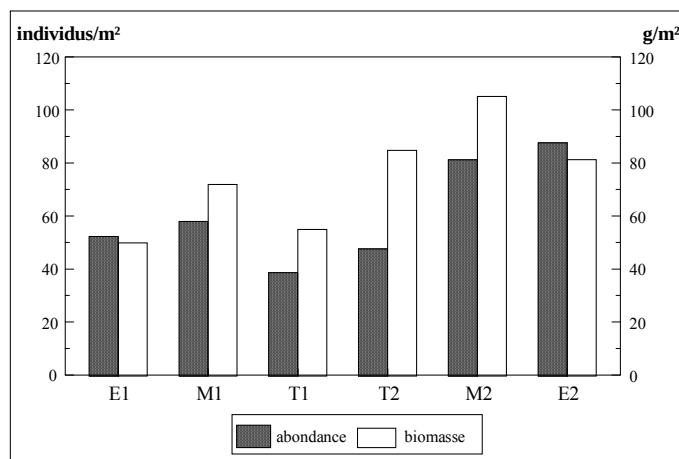
**Figure 17 : Abondance (ind/m²) et biomasse (g/m²) moyennes par modalité (E1, E2 = Enherbement, T1, T2 = Témoin, désherbage chimique, M1, M2 = Mulch) sur la parcelle d'Avenay après 5 années de différenciation.**

La parcelle d'Avenay est caractérisée par une homogénéité pédologique. Avec des abondances lombriciennes homogènes qui varient entre 51.1 à 67.1 individus/m² (correspondant à une biomasse variant entre 69.7 à 88.7 g/m²) la parcelle présente, d'une manière générale, une assez faible activité macrobiologique au regard de nos connaissances actuelles des sols viticoles (figure 17).

Du point de vue de la structure fonctionnelle, sur l'ensemble de la parcelle, un déséquilibre est observé (anéciques : 92.5%, endogés : 1.4%, épigés : 6.1%). Ce déséquilibre se retrouve dans toutes les modalités. Aucune modalité n'est associée à des conditions favorables à un développement fonctionnel plus équilibré. Quel que soit le traitement, la richesse spécifique est assez faible avec des valeurs comprise entre 2 et 5 taxons.

Sur le site d'Avenay, bien que la présence de Mulch semble être légèrement plus favorable au développement lombricien, aucun traitement ne se distingue statistiquement d'un autre, tant en termes d'abondance, de biomasse, de structure fonctionnelle ou spécifique, ou encore de diversité et d'équitabilité.

### Parcelle de Disy



**Figure 18 : Abondance (ind/m<sup>2</sup>) et biomasse (g/m<sup>2</sup>) moyennes par modalité (E1, E2 = Enherbement, T1, T2 = Témoin, désherbage chimique, M1, M2 = Mulch) sur la parcelle de Dizy après 5 années de différenciation.**

La parcelle de Dizy avec des abondances lombriciennes hétérogènes qui varient entre 48.3 et 83.7 individus/m<sup>2</sup> (correspondant à une biomasse variant entre 78.5 et 94.4 g/m<sup>2</sup>) présente, d'une manière générale, une activité macrobiologique moyenne à correcte au regard de nos connaissances actuelles des sols viticoles (figure 18). Globalement, un effet traitement est observé, quelques soient les conditions pédologiques : les conditions associées à l'Enherbement et au Mulch permettent un meilleur développement lombricien tant en termes de nombre d'individus/m<sup>2</sup> qu'en termes de développement pondéral.

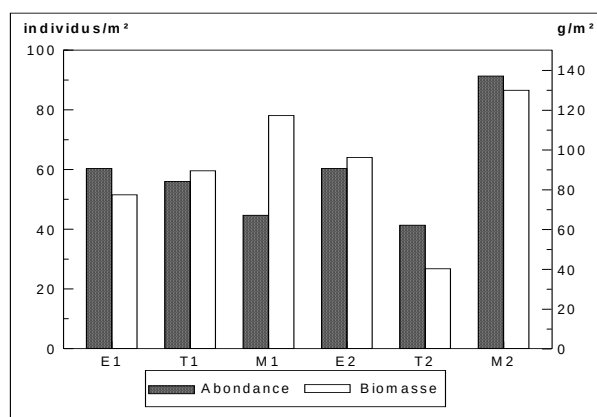
L'ensemble des résultats obtenus sur la parcelle de Dizy montre qu'elle présente des caractéristiques relativement favorables au développement lombricien, mais que les états macrobiologiques sont variables et dépendent des types de traitement. Les peuplements observés sont fonctionnellement déséquilibrés (forte dominance des anéciques, en moyenne 74.6 % de la communauté) et la richesse spécifique y est moyenne (6 taxons). Dans ce contexte général, il apparaît que :

- \* les conditions associées à la modalité Témoin sont les moins favorables au développement lombricien tant en terme de densité, que de biomasse, de structure fonctionnelle et d'équitabilité.

- \* les conditions associées à la modalité Enherbement, comparées à celles des zones témoins, permettent en tendance un meilleur développement lombricien en terme de nombre d'individus par m<sup>2</sup>, en terme de structure fonctionnelle et en terme d'équitabilité, néanmoins n'est pas associée à un meilleur développement pondéral. Son peuplement est caractérisé par un fort pourcentage d'individus juvéniles.

- \* les conditions correspondant à la modalité Mulch sont associées aux densités et biomasses les plus fortes de l'ensemble de la parcelle. La structure fonctionnelle y est la plus équilibrée et l'équitabilité est du même ordre que dans les zones enherbées.

## Parcelle d'Hautvillers



**Figure 19 : Abondance (ind/m²) et biomasse (g/m²) moyennes par modalité (E1, E2 = Enherbement, T1, T2 = Témoin, M1, M2 = Mulch) sur la parcelle d'Hautvillers.**

Avec des abondances lombriciennes hétérogènes qui varient entre 48.6 à 68.0 individus/m² (correspondant à une biomasse variant entre 54.7 à 123.4 g/m²) cette parcelle présente, d'une manière générale, un état macrobiologique moyen au regard de nos connaissances actuelles des sols viticoles (figure 19).

L'ensemble des résultats montre que sur la parcelle de Hautvillers, les états macrobiologiques sont variables et dépendent des types de traitement (non démontré statistiquement), cependant les peuplements observés sont fonctionnellement (très forte majorité d'anéciques, en moyenne 76% de la communauté) et spécifiquement peu équilibrés. Il apparaît que :

- les conditions associées à la modalité Mulch sont les plus favorables tant en termes de densité, de biomasse, de structure fonctionnelle, de structure spécifique (meilleur développement des individus appartenant à l'espèce *Aporrectodea longa*) et d'équitabilité. L'ensemble de ces valeurs est relativement proche de celui observé en milieu viticole peu contraignant et caractérise une relativement bonne activité Lombricienne.
- les conditions associées à la modalité Enherbement permettent un développement lombricien proche de celui observé dans la modalité Mulch. Seules les structures fonctionnelles et spécifiques semblent moins équilibrées que celles de la modalité Mulch. Néanmoins au niveau spécifique, l'espèce *Lumbricus terrestris* se développe plus dans cette modalité.
- les conditions de la modalité Témoin sont associées aux plus faibles valeurs d'abondance et de biomasse de l'ensemble de la parcelle mais l'étude statistique ne permet pas de différencier significativement ce traitement des autres. D'autre part, cette modalité est peu équilibrée sur le plan fonctionnel et spécifique.

### 4.a.3.3.C Evolution - Conseil

La prise en compte des résultats biologiques obtenus sur ces 3 essais, mettent en évidence que le désherbage chimique altère le compartiment microbien de manière systématique, et qu'à contrario le mulch ou l'enherbement permettent une restauration voir une augmentation rapide (après seulement 4 années) de la biomasse microbienne. Ces impacts positifs et particulièrement ceux du mulch, sont aussi observés sur les communautés lombriciennes, cependant d'autres paramètres semblent pouvoir interférer avec les effets traitements, comme cela a été montré sur la parcelle d'Avenay.



Il n'en demeure pas moins que ces techniques d'entretien du sol se traduisent le plus souvent par des modifications rapides et importantes du fonctionnement biologique des sols viticoles et il convient de prendre en compte ces techniques dans les futures modes de gestion.

#### 4.a.4 – Entretien du sol - Fertilisation

Une expérimentation a porté sur la comparaison de différents types de fertilisation minérale et organique : essai Montbré (1991) ayant permis de tester 8 types de fertilisation (tableau 12).

Essai de Montbré : Essai mis en place dans le cadre du programme « Viti 2000 » de 1991 à 2000, et poursuivi jusqu'en 2007. Il comporte 9 modalités, dont un « témoin » sans aucun apport, avec deux répétitions par modalité. Les modalités comparent différents produits organiques et organo-minéraux ainsi que l'enherbement. Cet essai a fait l'objet de nombreux travaux (Goulet, 2000 ; Thiébeau *et al.*, 2005 ; Tourrel, 2007 ; etc.) et d'une synthèse publiée dans « Le Vigneron Champenois ».

**Tableau 12 : Traitements et compositions des apports associés aux modalités.**

| Modalité | Traitement                                                                                                      | Dose/ha     | Périodicité | C/N  | apports en kg/ha/an<br>2006-2007-2008 |        |    |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------|---------------------------------------|--------|----|
|          |                                                                                                                 |             |             |      | MO                                    | C orga | N  |
| T        | témoin (sans apport)                                                                                            | X           | X           | X    | 0                                     | 0      | 0  |
| BL       | engrais minéral (ammonitrate)                                                                                   | 90kg        | 1 an        | X    | 0                                     | 0      | 30 |
| R        | fientes déshydratées (engrais organiques)                                                                       | 0,750t      | 1 an        | 8    | 337                                   | 225    | 30 |
| M        | fumier déshydraté (amendement organique déshydraté)                                                             | 2,5t        | 1 an        | 12,9 | 1500                                  | 645    | 50 |
| JV       | 20% de fumier + 80% d'écorces (40% de résineux+peuplier, 20% de résineux, 20% de hêtre) le tout composté 3 mois | 80m3 44,8t  | 3 ans       | 36   | 4525                                  | 2274   | 63 |
| G        | écorces fraîches de peuplier                                                                                    | 150m3/58,5t | 3 ans       | 62   | 7605                                  | 3720   | 60 |
| J        | écorces fraîches de chêne                                                                                       | 150m3/55,5t | 3 ans       | 79   | 8241                                  | 4098   | 52 |
| BE       | écorces de résineux (60% sapin, 30% d'épicéa, 10% fibre de bois)                                                | 150m3/58,5t | 3 ans       | 104  | 9263                                  | 4671   | 45 |
| O        | Enherbement (+engrais minéral)                                                                                  | 150kg       | 1 an        | N.D  | N.D                                   | N.D    | 50 |

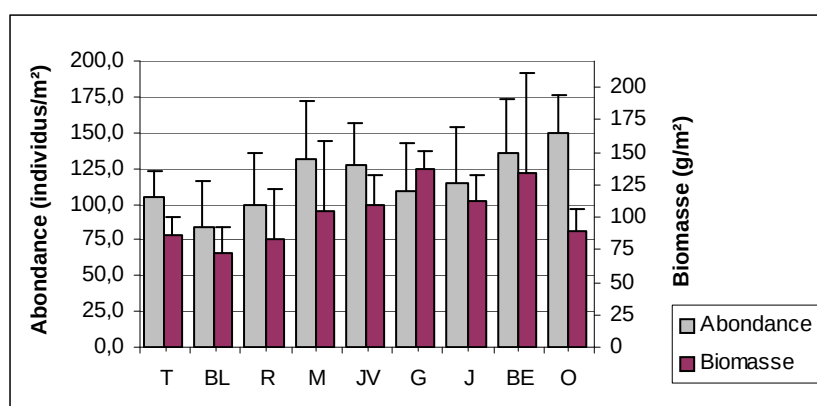
##### 4.a.4.1 Compartiment microbien (Biomasse microbienne)

Cet essai ayant fait l'objet de nombreux travaux (Goulet, 2000 ; Thiébeau *et al.*, 2005 ; Tourrel, 2007 ; etc.) et d'une synthèse publiée dans « Le Vigneron Champenois », seuls les éléments les plus saillants concernant le volet microbiologique seront présentés et résument les observations faites jusqu'en 2007.

- Par rapport aux parcelles « témoin » (T1 et T5), la modalité « fertilisation minérale » montre un décrochement du niveau de biomasse microbienne. Entre 1991 et 2007, la biomasse microbienne a diminué de 20% dans la modalité « fertilisation minérale ». Notre hypothèse est que la minéralisation de la matière organique est favorisée par une meilleure disponibilité en azote minéral. Mais ceci correspond à une diminution des stocks de matière organique... avec de possibles incidences sur diverses propriétés (notamment physiques) du sol.

- La fertilisation organo-minérale sous forme de fumier de volaille n'augmente que très légèrement la biomasse microbienne (valeurs peu différentes entre 1991 et 2007), alors que cette augmentation est plus nette avec le fumier de bovins déshydraté (+ 17% d'augmentation de la biomasse).
- Les apports organiques à base d'écorce augmentent très significativement les niveaux de la biomasse microbienne en valeurs absolues (mgC/kg sol). Le traitement contenant à la fois des écorces et du fumier de bovins se comporte pratiquement comme le traitement à base d'écorces seules, avec une augmentation de 50% de la biomasse microbienne par rapport au témoin en 2007. Entre 1991 et 2007, le niveau de la biomasse microbienne a augmenté de 28% pour la modalité « écorces de peuplier », de 41% pour la modalité « écorces de résineux », et de 42% pour la modalité « écorces + fumier » (amendement du commerce).
- Une augmentation aussi importante de la biomasse est enregistrée dans la modalité « enherbement », avec en 2007 des valeurs de 366 mgC/kg sous le rang et 584 mgC/kg dans l'inter-rang. Ces valeurs représentent respectivement 1,68 et 2,23% du carbone organique total. Les valeurs correspondantes ne sont que de 1,3 – 1,4% dans les modalités « témoin » et « engrais minéral ».
- Le pouvoir alimentaire du sol en azote, mesuré par l'azote minéralisable en incubation de laboratoire (28 jours à 28°C) est nettement affecté par l'augmentation des pools labiles de la matière organique. Par exemple, les traitements « écorces » et « enherbement » présentent une fourniture potentielle en azote égale au double de celle enregistrée dans les témoins sans apports.

#### 4.a.4.2 Communautés lombriciennes



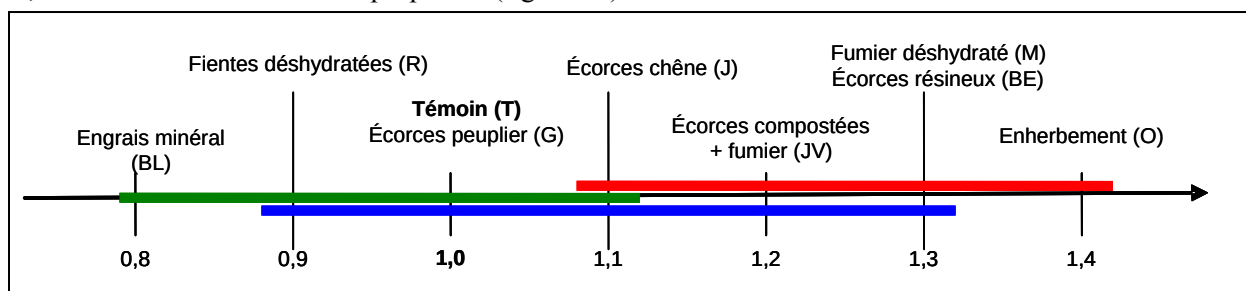
**Figure 20 : Abondance (ind./m²) et biomasse (g/m²) lombricienne moyennes par modalité (T= Témoin, BL = Engrais minérale, R = Fientes déshydratées, M = Fumier déshydraté, JV = Ecorces compostées + Fumier, G = Ecorces de peuplier, J = Ecorces de chêne, BE = Ecorces de résineux, O = Enherbement) sur la parcelle de Montbré après 17 années de différenciation.**

D'une manière générale, sur la parcelle de Montbré après 17 années de différenciation, les valeurs d'abondance varient entre 63 et 149,3 i/m², correspondant à des biomasses qui varient entre 71,9 et 137,6 g/m² (figure 20). Ces valeurs correspondent à des états biologiques correctes à bons, au regard de nos connaissances actuelles des sols viticoles (mettre les gammes de variation) et sont proches des valeurs obtenues classiquement en système viticole (Cluzeau et al., 1990). Cependant, les différents modes d'entretien et de fertilisation influencent de façon significative et différemment les communautés lombriciennes.

Ainsi, concernant **l'abondance lombricienne** ( $P=0,034$ ), les plus fortes abondances sont obtenues par ordre décroissant sur : 1) enherbement (O) qui est le seul mode d'entretien à présenter des abondances significativement supérieures au témoin ( $P>0,05$ ), 2) un amendement organique à fort C/N (BE-écorces de résineux) et 3) les amendements organiques contenant du fumier (JV-écorces compostées +

fumier et M-fumier déshydraté). Par ailleurs, l'ensemble de ces 4 modalités favorise significativement les abondances lombriciennes, comparées à la fertilisation minérale (BL). Les amendements organiques avec des écorces fraîches (J-écorces de chêne et G-écorces de peuplier) présentent des abondances faiblement supérieures au témoin. Enfin, les engrais, apportant peu ou pas d'éléments organiques : BL (engrais minéral) et R (engrais organique = fientes déshydratées) donnent des abondances inférieures au **T (témoin)**.

Afin de rendre compte de l'impact respectif des différents modes de gestions et fertilisation par rapport au témoin, une échelle d'efficacité est proposée<sup>1</sup> (figure 21).



**Figure 21 : Echelle d'efficacité des amendements organiques sur l'abondance lombricienne. Les modalités avec une barre de la même couleur ne sont pas significativement différentes (Fisher, 5%).**

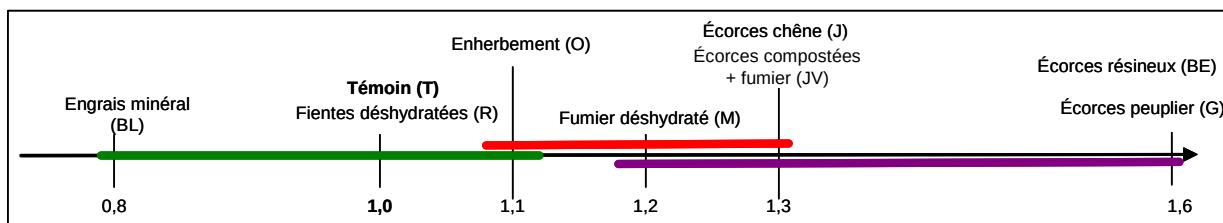
Il s'avère donc qu'après 17 années de différenciation les modes d'entretien des sols tels que l'enherbement (O) ou les amendements organiques tels que les écorces de résineux (BE), les écorces compostées associées à du fumier (JV), ou encore le fumier déshydraté (M) permettant la restauration des abondances lombriciennes. A contrario, les engrais minéraux (BL) ou organiques (fientes déshydratées R) ne sont pas du tout favorables à une restauration.

Concernant **les biomasses lombriciennes**, l'entretien du sol influence la biomasse lombricienne de façon significative ( $P=0,003$ ). Il est possible de distinguer deux groupes de modes d'entretien et de fertilisation significativement différents ( $P<0,05$ ) entre eux :

- Les modes d'entretien n'ayant pas ou peu reçu de MO exogène (témoin, engrais minéral et organiques = fientes déshydratées), ainsi que l'enherbement qui présentent de faibles biomasses lombriciennes totales.
- Les modes d'entretien ayant été amendés par des amendements organiques, et donc ayant reçu des quantités plus importantes de MO, qui présentent des biomasses significativement supérieures au témoin ( $P<0,05$ ). Les amendements organiques qui présentent les plus fortes biomasses sont ceux avec des écorces fraîches (BE-écorces de résineux et G-écorces de peuplier), les autres, à savoir, JV (écorces compostées + fumier) ou J (écorces de chêne) et M (fumier déshydraté) présentent des biomasses inférieures.

Afin de rendre compte de l'impact respectif des différents traitements par rapport au témoin, une échelle d'efficacité est proposée (figure 22).

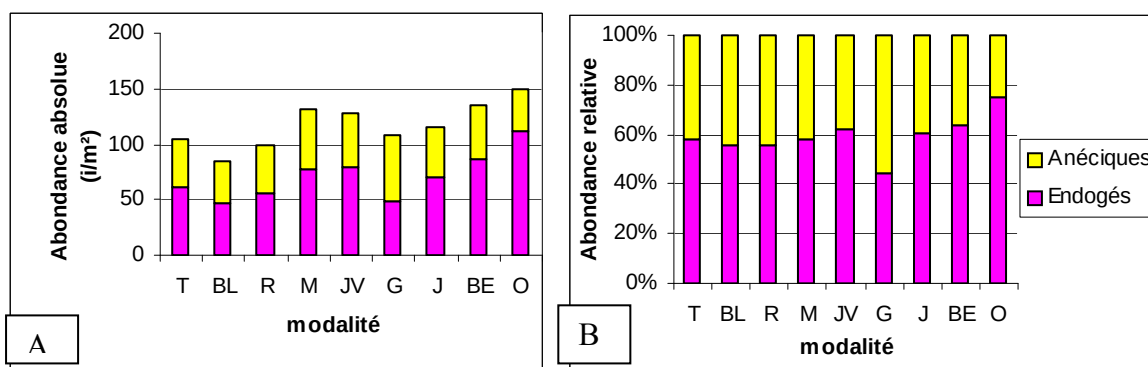
<sup>1</sup> Pour ce faire, le témoin sert de référent (il est toujours égal à 1), et les autres valeurs sont obtenues en divisant la moyenne de la modalité par la moyenne du témoin.



**Figure 22 : Echelle d'efficacité des amendements organiques sur la biomasse lombricienne. Les modalités avec une barre de la même couleur ne sont pas significativement différentes (Fisher, 5%).**

Il s'avère donc qu'après 17 années de différenciation les amendements organiques tels que les écorces fraîches ou compostées, associées ou non à du fumier ou encore le fumier déshydraté permettant la restauration des biomasses lombriciennes. A contrario, les engrais minéraux (BL) ou organiques (fientes déshydratées R) ne sont pas du tout favorables à une restauration. L'enherbement semble quand à lui ne pas permettre la restauration des biomasses. Ce résultat contradictoire avec celui obtenu pour la biomasse sous-entend que l'enherbement permet le développement de petits individus (soit des juvéniles, soit des endogés).

D'un point de vue de la structure fonctionnelle, les modes d'entretien du sol et les fertilisations n'impactent pas ou très peu la structure des communautés en comparaison au témoin, seul l'enherbement (O) favorise significativement le développement des endogés, alors que les écorces de peuplier (G) favorisent significativement le développement des anéciques. Pour les autres fertilisation qu'elles soient de type engrais (minéral BL, ou organique –fientes déshydratées R) ou de type amendement organique (écorces de chêne J ou de résineux BE, écorces compostées + fumier JV, ou fumier déshydraté M) les communautés sont majoritairement composées d'endogées.



**Figure 23 : Abondances lombriciennes absolues (A) et relatives (B) mesurées sur les modalités de la parcelle de Montbré.**

Concernant la structure spécifique, 7 taxons ont été échantillonnés sur l'ensemble de la parcelle, ce qui correspond à la valeur moyenne de la richesse spécifique observée en vignoble (rapport CIVC 2004). Comparé au témoin (6 espèces), il n'apparaît pas que le mode d'entretien du sol ou la fertilisation impacte de manière importante sur le nombre d'espèces. Les équitabilités des différents modes d'entretien ou fertilisation varient entre 0,68 et 0,86 (tableau 13), les plus fortes équitabilités étant observées sous les modalités d'écorces fraîches (chêne et peuplier), qui présentent donc la répartition la plus équilibrée entre les espèces ; en revanche, il ne semble pas possible de faire le lien entre les équitabilités des peuplements lombricien et le type de MO, des équitabilités très variables étant observées au sein d'un même groupe de fertilisation/amendements.

**Tableau 13 : Richesse spécifique, diversité et équitabilité des peuplements lombriciens par modalité.**

| Modalité            | Parcelle | T    | BL   | O    | R    | M    | JV   | GR   | J    |
|---------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Richesse spécifique | 7        | 6    | 6    | 7    | 6    | 7    | 6    | 5    | 6    |
| Diversité           | 2,07     | 2,03 | 1,90 | 2,20 | 1,82 | 1,91 | 2,00 | 2,00 | 2,14 |
| Équitabilité        | 0,74     | 0,78 | 0,73 | 0,78 | 0,71 | 0,68 | 0,77 | 0,86 | 0,83 |

#### **4.a.4.3 Evolution Conseils**

Les modes de gestion et de fertilisation de types écorces de chêne (J), compost (JV), écorces de résineux (BE) et écorces de peuplier (G) permettent une **augmentation des taux de carbone et azote** du sol en surface (0-5cm), supérieures aux autres modes d'entretien des sols et de fertilisation. Ceci s'explique d'une part par la forte quantité de carbone et d'azote apportée sur ces modes de fertilisation et d'autre part par la vitesse de dégradation rapide de certains d'entre eux (écorces de chêne J et compost JV). Cet enrichissement va avoir des conséquences sur le fonctionnement global du sol et notamment le fonctionnement biologique.

Ainsi concernant la **biomasse microbienne**, l'enrichissement en C organique et en azote total du sol est associé à une **augmentation significative de la biomasse microbienne**, sur les amendements organiques de types compost (JV), écorces de résineux (BE) et écorces de peuplier (G). Les écorces de peuplier (G) favorisent le plus la biomasse microbienne, alors qu'elles ne présentent pas le taux de carbone le plus fort. Cela s'explique par la composition des écorces de peuplier (plus riche en cellulose et hémicellulose, et plus pauvre en lignine que BE) (Goulet et al., 2004), qui est plus facilement métabolisable par les microorganismes que les écorces de résineux. La biomasse microbienne relativement faible obtenue sur le compost (JV) (comparée à BE et G) peut s'expliquer par le fait que l'apport a été effectué plus d'un an avant. Il est possible que ce compost stimule fortement le développement des microorganismes après l'apport puis que celle-ci diminue progressivement. Concernant l'effet de l'enherbement, ce mode d'entretien du sol favorise la biomasse microbienne (étude antérieure, Goulet et al., 2004) sur l'inter-rang enherbé, biomasse microbienne supérieure à celle observée sur les amendements. Ceci s'explique par le fait que les exsudats racinaires, les feuilles et les racines mortes riches en protéines et en polysaccharides, stimulent davantage l'activité microbienne vs la cellulose et l'hémicellulose contenues dans les amendements organiques (Haynes et Beare, 1997).

Concernant **les communautés lombriciennes**, l'augmentation du taux de C et N à la surface du sol n'impacte pas directement l'abondance lombricienne totale, ce qui s'explique par le fait que les vers de terre ne trouvent pas leurs ressources trophiques uniquement en surface, mais sur l'ensemble du profil, et ce d'autant que les communautés lombriciennes sont majoritairement composées d'espèces endogées qui sont géophages. En revanche, le mode d'entretien et de fertilisation du sol influencent de façon significative l'abondance et la biomasse lombriciennes. Le développement des lombriciens est donc dépendant de la nature et de la quantité de matière organique apportée au sol. Les **amendements organiques frais ou compostés et le fumier déshydraté** favorisent la biomasse lombricienne significativement et l'abondance en tendance. Si ce résultat a déjà été observé dans la littérature (Pérès et al., 1998 ; Edwards, 2004) en ce qui concerne les amendements frais et compostés, un tel résultat est plus innovant en ce qui concerne le fumier déshydraté ; en effet, le fumier déshydraté apporte de plus faibles quantités de C que les amendements et il ne permet pas un couvert de surface, pouvant ainsi atténuer les contraintes climatiques (notamment dessèchement ...). Par ailleurs, lors du suivi des communautés lombriciennes sur la parcelle, cet apport est apparu pendant très longtemps comme ne favorisant pas significativement le développement des communautés lombriciennes (rapports d'activité CIVC, 1991, 1994, 1998, 2000, 2004), ce n'est que depuis 2004 qu'un effet positif de cet apport est observé, et ce tant en ce qui concerne l'abondance, la biomasse que la structure des communautés. L'effet positif de cet apport sur la composante microbiologique ne s'est donc exprimé

qu'au bout de plus de 10 ans. Ce délai de réponse des communautés sera à prendre en compte lors d'un conseil de gestion organique procuré aux viticulteurs. Par ailleurs, l'**enherbement** est le mode d'entretien du sol, qui favorise le développement du plus grand nombre de lombriciens, avec une forte majorité d'endogés. Il constitue un milieu favorable au peuplement lombricien et apporte des ressources trophiques par l'intermédiaire des débris de racine et de feuille. Il faut noter qu'hormis l'enherbement (favorisant les anéciques) et les écorces de chêne (favorisant les endogés), les autres modes d'entretien ou de fertilisation/amendement, comparés au témoin ne modifient pas de manière significative la structure fonctionnelle des communautés composée en majorité d'endogés. Quel que soit le mode d'entretien et la fertilisation/amendement, les endogés présents, en favorisant la structure grumeleuse par ingestion de quantités importantes de sol, vont participer à la rétention en eau du sol. Par ailleurs, les galeries verticales creusées par les anéciques, vont favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol. Aucun effet majeur n'est aussi observé sur la structure spécifique des communautés : comparés au témoin, les modes d'entretien ou de fertilisation ne sont pas associées à un changement majeur ni de la richesse spécifique, ni de son équitabilité ou de sa composition spécifique.

Concernant l'**état structural du sol**, les mesures de stabilité structurale selon la méthode Le Bissonnais, ont démontré que seuls les apports d'amendements organiques améliorent la stabilité structurale du sol face à une pluie fine, ou des contraintes mécaniques, cela pourraient s'expliquer par la biomasse microbienne et le taux de carbone du sol améliorés sous ces amendements. Face à l'action d'une pluie battante, seul l'enherbement est le mode d'entretien du sol qui permette une amélioration de la stabilité structurale, ceci pouvant être liée au maillage créé par les racines ou créé par les champignons (Tisdall et Oades, 1982 ; thèse Abiven 2004 ; Pérès et al., 2013).

L'ensemble de ces mesures conduisent à hiérarchiser les modes d'entretien du sol et de fertilisation. Ainsi, suite à ce travail, il est donc possible de dire que tous les apports d'amendements organiques, et en particulier les écorces de chêne (J) et le compost<sup>2</sup> (JV), permettent d'enrichir fortement le sol en carbone et en azote. Ces apports favorisent aussi le peuplement lombricien et la biomasse microbienne, qui participent à l'incorporation et à la dégradation de la matière organique, en fournissant le sol en éléments minéraux. Les amendements organiques, et notamment les écorces de chêne, permettent une amélioration de la stabilité structurale du sol, face à une pluie fine ou le passage d'un engin, ce qui limite les problèmes de tassement. Ces apports n'améliorent pas directement la stabilité du sol face à une pluie battante, mais peuvent limiter la battance et l'érosion du sol, en protégeant la surface du sol.

Un apport d'engrais minéral n'entraîne aucune amélioration par rapport au témoin, et ce quel que soit le paramètre du sol étudié ; bien au contraire, cet apport semble générer un dysfonctionnement du sol (en tendance).

Les deux apports déshydratés donnent des résultats différents ; l'engrais organique (fientes déshydratées) ne semble pas améliorer les caractéristiques du sol par rapport au témoin (faible abondance et biomasse lombricienne, faible biomasse microbienne, faible stabilité structurale), alors qu'un apport d'amendement organique (fumier déshydraté) enrichit le sol en azote et favorise le peuplement lombricien, sans permettre cependant une amélioration significative de la stabilité structurale. Ces deux apports ont donc des impacts très différents sur le fonctionnement du sol.

L'enherbement semble la technique la plus favorable au peuplement lombricien. Elle permet également d'augmenter la porosité de surface, ce qui pourra favoriser la pénétration de l'eau dans le sol. C'est aussi le mode de gestion le plus approprié pour limiter l'érosion, étant donné qu'il améliore la stabilité structurale face à une pluie battante (seule modalité à présenter un sol stable face à ce type d'évènement pluvieux), un passage d'engin ou une pluie fine.

---

<sup>2</sup> 20% de fumier et 80% d'écorces

#### **4b - Evolution sur 20 ans du conseil écrit pour les viticulteurs en Champagne** (Contribution du discours à la préservation des sols incluant leur biodiversité)

Un guide viticole annuel, consacré au conseil, est publié par le *Vigneron Champenois*<sup>3</sup> depuis 1990. Le contenu de ce document, aujourd'hui considéré comme une « bible » par les viticulteurs, a connu de profondes évolutions. Sur une durée de 23 ans, de 1990 (1er guide) à 2012, de nombreux changements sont intervenus. Au cours de cette période, le conseil a subi une mutation en profondeur. Cette dernière est le résultat de connaissances nouvelles acquises par les différents programmes de recherche associées à un changement du cadre conceptuel de pensée des professionnels.

Initialement, le message technique est formalisé sous forme de recettes. À une liste de maladies correspond par exemple un catalogue de produits. Puis, progressivement, le périmètre du conseil s'élargit avec la prise en compte de facteurs complémentaires, en passant de la recette à un itinéraire technique.

A la fin de la décennie 90, les critères liés à la gestion de l'environnement prennent progressivement une place grandissante. L'impact des produits sur l'applicateur et son environnement (la faune et la flore auxiliaires, le sol et l'air) sont intégrés dans le raisonnement. Cela débouche vers une gestion sous forme de système, soit dans le cadre de la viticulture dite « durable », soit « biologique ». Toutes deux visent la promotion d'une viticulture 100% écologique.

Les moteurs de ce changement sont les piliers de la durabilité (les choix techniques intègrent les préoccupations environnementales, économiques et sociales) et l'utilisation des résultats de travaux de recherche. Le discours des techniciens change donc en profondeur.

**L'évolution de la forme et du contenu du conseil technique constitue un indicateur de la dynamique de progrès mise en œuvre.**

Ces outils de communication technique contribuent à imprégner et faire évoluer les mentalités, même s'ils ne sont pas transformés immédiatement en actes concrets. L'évolution de la forme et du fond de ce conseil écrit est analysée. Un pas de temps quinquennal est retenu. Il permet de mieux cerner les étapes des changements au travers de cinq guides viticoles, édités respectivement en 1990, 1995, 2000, 2005 et 2010.

En 1990, le document est initialement identifié comme un guide d'achat. Les intrants (produits phytosanitaires et fertilisants) en constituent le cœur de cible.

A partir de 1995, le contenu intègre une part plus importante au raisonnement et à une approche globale. Il devient un guide « viticole ».

---

<sup>3</sup> En Champagne, le Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC-1941) et l'Association Viticole Champenoise (AVC-1873) sont des acteurs qui, depuis plus d'un siècle, accompagnent l'évolution technique du vignoble. La revue viticole, *Le Vigneron Champenois*, mensuel édité par l'AVC, est l'organe d'information et de vulgarisation technique de référence en Champagne.



**Tableau 14 : Evolution sur 20 ans du guide pratique édité par le CIVC (titre, nombre de pages et de rubriques, format et iconographie)**

| 1990                                                                                       | 1995                                                                                                      | 2000                                                                           | 2005                                                                     | 2010                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Guide d'achat</b><br>des fournitures<br>viticoles                                       | <b>Guide</b><br><b>viticole</b>                                                                           | <b>Viticulture</b><br><b>intégrée &amp;</b><br>Environnement<br>Guide pratique | <b>Viticulture</b><br><b>raisonnée</b> en<br>Champagne<br>Guide pratique | <b>Viticulture</b><br><b>durable</b> en<br>Champagne<br>Guide pratique |
| 32 pages                                                                                   | 97 pages                                                                                                  | 208 pages                                                                      | 224 pages                                                                | 220 pages                                                              |
| 3 rubriques                                                                                | 9 rubriques                                                                                               | 9 rubriques                                                                    | 9 rubriques                                                              | 9 rub. (& 84 sujets)                                                   |
| 1- Protection<br>phytosanitaire                                                            | 1-Coût                                                                                                    |                                                                                |                                                                          | 1- Environnement                                                       |
| 2- Désherbage                                                                              | 2- Protection intro, idée de<br>raisonnement<br>Maladies<br>Ravageurs                                     |                                                                                |                                                                          | 2- Aménagement                                                         |
| 3- Fertilisation                                                                           | 3- Viroses désinfection                                                                                   |                                                                                |                                                                          | 3- Nutrition                                                           |
|                                                                                            | 4- Désherbage chimique                                                                                    |                                                                                |                                                                          | 4- Entretien des sols                                                  |
|                                                                                            | 5- Le saviez-vous ? =<br>phénomènes occasionnels<br>(chrysopes, cicadelles<br>vertes, œufs de noctuelles) |                                                                                |                                                                          | 5- Conduite de la<br>vigne                                             |
|                                                                                            | 6- Matériel de pulvérisation                                                                              |                                                                                |                                                                          | 6- Traction et mise<br>en œuvre des<br>produits                        |
|                                                                                            | 7- Fertilisation/carences                                                                                 |                                                                                |                                                                          | 7- Gestion des<br>déchets                                              |
|                                                                                            | 8- PG/Clones                                                                                              |                                                                                |                                                                          | 8- Protection<br>raisonnée                                             |
|                                                                                            | 9- Protection gel                                                                                         |                                                                                |                                                                          | 9- Tableau de<br>produits                                              |
| Feuillets A5 détachables<br>inclus dans le <i>Vigneron</i><br><i>Champenois</i> de janvier | Hors-série A5                                                                                             | Hors-série A4                                                                  | Hors-série A4                                                            | Hors-série A4                                                          |
| 18 images<br>dont 3 en couverture                                                          | 44 images<br>+ 4 planches<br>« mauvaises herbes »<br>+ 1 planche « stades<br>phénologiques »              | Que<br>16 doubles pages<br>sans image<br>(170 pages<br>illustrées)             | Que<br>9 doubles pages<br>sans image<br>(200 pages illustrées)           |                                                                        |

L'année 2000 amorce un virage. La dimension environnementale est affichée sur la première page de couverture avec un titre « viticulture intégrée et environnement » qui revendique une gestion au niveau de l'agrosystème. Mais, dans le même temps, une orientation appliquée est revendiquée avec la dénomination « Guide pratique ». C'est l'époque où la Champagne décide d'une démarche volontariste vers la généralisation de la viticulture raisonnée (2001) auprès de toutes les exploitations de la zone de production.

En 2010, le titre « Viticulture durable en Champagne » traduit l'engagement de la Champagne au travers de son guide référence dans la démarche du Grenelle de l'environnement.

L'évolution de cette titrologie est le reflet d'un changement du contenu. Les trois sphères (sociale/économique/environnementale) de la durabilité sont progressivement intégrées.

Dans les chapitres, une nouvelle terminologie apparaît qui porte sur :

1. L'intégration de nouveaux thèmes liés à la gestion de l'environnement
2. La mise en valeur des itinéraires permettant de réduire la dépendance et l'impact sur le milieu à l'égard des produits phytosanitaires
3. Le développement d'outils d'aide à la décision
4. Un raisonnement plus global qui vise à réaliser un équilibre entre les objectifs de productivité, le coût des moyens mis en œuvre, les contraintes organisationnelles, etc...



Le nombre de sujets traités augmente fortement. Le champ est plus large et les thèmes abordés sont plus détaillés. L'organisation tend vers un raisonnement global. Les choix techniques sont présentés en interaction les uns avec les autres, de manière à rendre compte de la complexité naturelle d'un agrosystème viticole.

La **faisabilité** d'approches, perçues de prime abord comme complexes et éloignées de la pratique, est illustrée via des photos, à partir d'exemples concrets de terrain, ce qui permet de rassurer le lecteur-acteur.

### **Focus sur l'évolution du conseil autour de l'entretien des sols**

Le sujet de l'entretien des sols champenois viticoles est emblématique de l'évolution du cadre de raisonnement et d'un choix de pratiques davantage diversifiées.

**En 1990**, les pratiques proposées portent uniquement sur le désherbage chimique. Le chapitre est constitué de **6 pages** : L'objectif recherché est un sol sans herbes, qualifiées alors de « mauvaises herbes ». C'est aussi la recherche d'un sol « propre » et d'une technique « confortable ».

**En 1995**, le chapitre est encore uniquement dédié au désherbage chimique. Le contenu porte sur **7,5 pages**.

Des **interrogations** sont formulées comme « *pourquoi désherber ?* » mettant en perspective la finalité de la pratique. Cela correspond à la période du passage de la recette à l'itinéraire. On commence à expliquer ainsi que « *l'enherbement du sol pendant l'hiver n'est aucunement préjudiciable à la vigne. Il est même souhaitable pour réduire l'érosion et piéger les nitrates* ». Le raisonnement est articulé autour de trois impératifs<sup>4</sup> : ❶ techniques (efficacité, spectre des molécules, résistances, etc.), ❷ économiques (coût) et ❸ environnementaux (résidus dans les eaux superficielles et les nappes).

La présence temporaire de l'herbe est envisagée avec un itinéraire « ENM » qui correspond à de *l'Enherbement Naturel Maîtrisé*. La perspective d'un avenir avec « moins » d'herbicides se profile.

**En 2000**, le chapitre est désormais dénommé « entretien des sols » et comporte **25 pages**.

Les finalités s'inscrivent dans une démarche à objectifs multiples :

- Maîtriser la vigueur de la vigne et la qualité de la récolte
- Conservation du patrimoine sol (et de sa biodiversité !)
- Lutte contre l'érosion
- Maîtrise des « mauvaises herbes » en deçà d'un seuil de nuisibilité
- Recommandation de l'enherbement hivernal

Un grand tableau (3 pages) décline l'incidence des différentes pratiques d'entretien du sol sur la vigueur de la vigne, l'enracinement, la compétition, la pourriture grise, les maladies, les ravageurs. On commence à gérer la complexité de cet agrosystème viticole.

L'entretien des sols n'est plus réduit au seul désherbage chimique. Le vocabulaire change : On parle de plantes adventices, même si « mauvaises herbes » est encore employé ; on évoque également le « bon contrôle des infestations », qui révèle que « l'éradication » à tous crins de l'herbe n'est plus un objectif.

L'enherbement permanent apparaît, même s'il est assorti de nombreuses mises en garde. Une demi-page est consacrée au travail du sol.

L'explication du contexte réglementaire commence à émerger. C'est l'époque des restrictions « volontaires » d'utilisation de certaines molécules (triazines et diuron) décidées par la profession.

---

<sup>4</sup> Le terme de « pilier » n'est pas encore utilisé !

**En 2005**, le chapitre « entretien des sols » occupe **31 pages**, liste de produits inclus dans le chapitre.

La réglementation et son lot de retrait de molécules du marché figurent en introduction. Le terme de « *pression réglementaire croissante* » apparaît. La Directive Cadre européenne 2000/60/CE et un plan d'action pour préserver la qualité de l'eau en Champagne servent de base aux choix proposés.

Le conseil en encadré est explicite: « ... *il faut changer la clé d'entrée des choix des stratégies d'entretien des sols : essayer de maintenir l'herbe dans le maximum de situations où cela est possible, plutôt que de focaliser d'emblée sur un programme de désherbage.* »

Le vocabulaire a définitivement changé: on ne voit plus de « mauvaises herbes » terme remplacé par celui de « flore ».

**Le désherbage chimique est relégué en 7<sup>ème</sup> position**, ce n'est plus le seul moyen, mais l'un des moyens, développé parmi 11 rubriques:

1. Gestion de l'enherbement
2. Flore
3. Travail du sol
4. Enherbement hivernal semé
5. Enherbement permanent
6. Enherbement des fourrières
7. Désherbage chimique
8. Enherbement naturel maîtrisé
9. Estivage
10. Matériel
11. Désherbage thermique

**En 2010**, la partie « entretien des sols » est développée sur **21 pages**, hors produits, qui sont relégués en fin de guide.

Le classement des techniques est organisé en trois étapes avec une notion implicite de progression vers une très forte réduction des herbicides. Il n'y a plus de planche de reconnaissance de la flore traduisant l'abandon de l'obsession de l'efficacité. Un écobilan des différents itinéraires est présenté.

Ainsi, en une génération, la place du « chimique », dominante fin des années 80, a été reléguée à celle d'un outil parmi d'autres. Le raisonnement se fait désormais au niveau de l'agrosystème dans son ensemble avec un objectif de durabilité. L'évolution du conseil du TOUT CHIMIQUE vers celui de la « viticulture durable en Champagne » traduirait l'évolution du raisonnement intellectuel des acteurs de la filière champenoise :

**La prise en compte de la composante humaine est importante** : La démarche entreprise pour évoluer vers une viticulture durable doit permettre d'entretenir en permanence un élan commun à tous les acteurs de la filière, où tous se sentent concernés. Les réseaux de terrain, nombreux en Champagne, sont les pivots qui donnent les premières impulsions. Ils permettent également de fédérer et consolider à plus long terme l'organisation. Ils contribuent à l'édification d'une pensée nouvelle autour d'une viticulture plus respectueuse de son environnement.

Les changements sur le contenu et la forme du conseil écrit en sont le témoignage.

Cette dynamique a été rendue possible grâce à plusieurs contributions croisées et aux interactions fortes entre Recherche-Développement-Production. Une vision à long terme des enjeux a été couplée à des travaux de recherche ambitieux, notamment sur la caractérisation du terroir (programme zonage) et sa préservation (programme Viti 2000, etc). L'applicabilité de ces résultats de recherche a été en permanence évaluée et dimensionnée aux réalités des exploitations viticoles.

Cette réflexion sur la co-évolution du conseil écrit associé aux résultats des programmes de recherche tel que le nôtre s'est prolongée à travers l'analyse de l'évolution des perceptions environnementales de la société internationale et des conséquences pour l'AOC en terme de stratégies économiques, sociales et environnementales : Cela a donné lieu à un article de 35 pages publié dans le Vigneron Champenois de Mai 2013 (annexe 3d) qui montre comment les pratiques oeno-viticoles ont évolué au fur et à mesure que les nouvelles connaissances aussi bien que les nouvelles contraintes réglementaires environnementales apparaissaient.

*Introduction à cet article : Développement économique et écologie ont longtemps été présentés comme incompatibles. Ce n'est que dans les années 1970-1980 qu'apparaît le concept d'écodéveloppement, baptisé par la suite développement durable. Comment ce modèle a-t-il évolué dans la pratique aux niveaux national et international ? Et comment la Champagne a-t-elle réagi ? C'est ce que nous vous proposons d'aborder maintenant, en examinant pour chaque décennie les modalités de gouvernance et de prise en compte des principaux enjeux environnementaux identifiés pour notre filière.*

#### ***4c – Intégrer la biodiversité des sols dans les pratiques de gestion du vignoble : quels outils de communications et d'autoévaluation ?***

Le volet « communication professionnelle » a été organisé sous la responsabilité du CIVC, en relation avec les autres programmes abordant le reverdissement du vignoble (entretien total des fourrières & partiel des vignes), la biodiversité floristique et la protection des IAE. Les autres partenaires et collaborateurs sont intervenus à la demande pour fournir des supports pédagogiques.

**Des journées-type de formation à la biodiversité des sols et à la quantification des communautés lombriciennes ont été déployées.** Le programme de la journée comprend une formation en salle le matin, la mise en œuvre d'un protocole quantitatif simplifié LOMBRICIEN et le retour en salle pour la saisie des données observées sur l'interface WEB créée par l'Université de Rennes dans le cadre de l'Observatoire Participatif des Vers de Terre<sup>5</sup> (OPVT).

Un premier support de type « poster » présente en 5 panneaux, ❶ le projet VitiEcoBioSol, ❷ Diversité de la faune du sol et des microorganismes, ❸ Les lombriciens (biologie et groupes écologiques), ❹ l'impact fonctionnel des lombriciens, ❺ Lombriciens & Services écosystémiques.(annexe 4a)

Un deuxième support de type « présentation numérique » porte sur la *Biodiversité des sols et les pratiques viticoles & sur le rôle de cette biodiversité dans le fonctionnement des sols viticoles*.(Annexe 4b)

Le plan de l'exposé comprend les 5 étapes suivantes :

1. Quid de la biodiversité des sols ?
2. Rôles fonctionnels des vers de terre
3. Conséquences des activités biologiques du sol sur la circulation et la qualité de l'eau des sols
4. Impacts et Conséquences des pratiques agricoles sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité
5. Conclusions
  - a. Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation?
  - b. Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux viticulteurs et agents de développement?

La durée et la complexité des informations exposées peuvent être modulées en fonction de l'animateur et du public.

Un troisième support de type « présentation numérique » porte sur la *présentation de la mise en œuvre du protocole simplifié LOMBRICIENS* (Annexe 4c) selon le plan suivant :

1. Pourquoi participer à l'OPVT ?
2. Conditions d'application du protocole LOMBRICIENS
3. Description de la fiche de terrain décrivant les pratiques de gestion de la parcelle
4. Mise en œuvre du protocole simplifié, étape par étape
5. Description de la fiche de terrain permettant la détermination des 4 groupes écologiques puis la saisie sur le site Web
6. Evaluation de la faisabilité de ce protocole simplifié
7. Complexification vs Simplification de ce protocole simplifié pour répondre à la diversité des organisations professionnelles ou grand public ou naturalistes
8. Exemple de restitution nationale (2011)

---

<sup>5</sup> Site web de l'OPVT [http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT\\_accueil.php](http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php)

En parallèle, une **démarche de recherche participative** sur la biodiversité commune dans les agrosystèmes a été initiée avec le MNHN et le LADYSS à partir de 2010, en appliquant 4 protocoles simplifiés sur la quantification des papillons, des invertébrés rampants ou courants, des abeilles solitaires (insecte pollinisateur) et des lombriciens sur le vignoble de Champagne.

Concernant la prise en compte de la biodiversité des sols, nous nous sommes donc appuyés sur le déploiement national de l'**Observatoire Agricole de la Biodiversité**<sup>6</sup> pour promouvoir le protocole simplifiés Lombriciens sur un plus grand nombre de parcelles de vigne à l'échelle de l'ensemble de l'AOC.

En 2011 et 2012, 70 & 80 vignerons ont participé aux journées de formation aux protocoles OAB et ont utilisé le matériel fourni par le CIVC pour effectuer ces observations. En 2013, seulement une trentaine y a participé. Les 3 départements principaux (51, 10, 02) sont représentés, avec toutefois, plus de parcelles autour d'Epernay.

**Tableau 15 : Nombre de parcelles des vignes de Champagne sur lesquelles le protocole Lombriciens a pu être appliqué**

|                                            | 2011 | 2012 | 2013            |                                          |
|--------------------------------------------|------|------|-----------------|------------------------------------------|
| Nb de parcelles observées OAB en Champagne | 70   | 80   | 33 (au 30 juin) | avec présentation protocoles par le CIVC |

La diminution du nombre de participants volontaires entre 2012 et 2013 pourrait être liée à des demandes d'informations jugées « confidentielles » par les vignerons (n° SIRET, IFT, etc.) qui n'ont pas l'habitude comme les agriculteurs de remplir des déclarations PAC et qui pourraient être très perturbés d'avoir à donner des telles informations via un site Internet du MNHN.

Des journées de restitution ont été organisées en 2011 et 2012 par le Ministère de l'Agriculture, permettant d'enregistrer des retours d'expérience sur la mise en œuvre de ces protocoles (annexe 4d).

Ces séances de restitution apparaissent très importantes pour continuer à échanger avec les producteurs et les animateurs de réseau locaux, **afin d'éviter la démobilisation des participants volontaires** ! Cela nécessitera donc un investissement particulier en moyens humains pour assurer la pérennité de tels outils d'auto-évaluation participatifs et le traitement de ces données potentiellement très hétérogènes.

Pour palier à cette hétérogénéité au moment de la prise d'informations, nous avons proposé une « recomplexification » de ce protocole simplifié avec l'utilisation d'un kit de prélèvement standardisé par l'Université de Rennes.

Ce protocole contraint par un cahier des charges plus exigeant a été mis en œuvre depuis 2012 dans le cadre d'un Réseau National de **Surveillance Biologique du Territoire** (SBT) visant à évaluer les **effets non-intentionnels** (ENI) des pratiques agricoles sur 3 types de production (céréales, laitue et vigne) réparties proportionnellement à la SAU de chaque région administrative (réseau coordonné par la DGAL du Ministère de l'Agriculture).

<sup>6</sup> L'OAB est mis en œuvre sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture (DGPAAT) et de l'APCA (<http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/l-oab/presentation>) pour évaluer la biodiversité fonctionnelle ordinaire dans les agrosystèmes via la participation volontaire et gratuite des agents de développement et les professionnels.

Un tel réseau d'observations réalisées par des personnels rémunérés et formés permettra de mieux qualifier l'influence des pratiques viticoles durant 4 années sur 100 parcelles réparties entre les principaux vignobles français.

**Tableau 16 : Répartition du nombre de vignes sur lesquelles sera appliqué le protocole Lombricien Contraint, chaque année entre 2013 et 2016**

| Réseau national SBT-ENI<br>Nb parcelles de vigne observées<br>(2013-2016) |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Champagne                                                                 | 6   |
| Alsace, Franche-Comté                                                     | 6   |
| Bourgogne & Beaujolais                                                    | 9   |
| Rhone-Alpes, PACA, Languedoc-R, Corse                                     | 45  |
| Midi-Pyrénées, Aquitaine                                                  | 19  |
| Cognac                                                                    | 6   |
| Loire                                                                     | 9   |
|                                                                           | 100 |

En guise de **conclusion et mise en perspectives**, nous voudrions indiqué que nous avons étendu depuis 2 ans, notre proposition d'outil d'autoévaluation des lombriciens à l'ensemble des vignobles du territoire métropolitain.

Ainsi, en parallèle de cette action de démarche participative appliquée au vignoble de Champagne, nous avons été sollicités pour réaliser une trentaine de journées-formations sur ce protocole simplifié LOMBRICIEN (supports de formation présentés en annexes 4b & 4c) sur l'ensemble des principaux vignobles français, comme l'indique le tableau ci-dessous.

**Tableau 17 : Nombre de formations au protocole Lombricien, réalisées depuis 2011 auprès de viticulteurs et agents de développement des principaux vignobles français**

| Nombre de Formations<br>de viticulteurs & agents de développement<br>au protocole OPVT | 2011     | 2012      | 2013                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|------------------------|
| Champagne                                                                              |          | 2         |                        |
| Alsace, Franche-Comté                                                                  | 1        | 2         | 1                      |
| Bourgogne & Beaujolais                                                                 | 1        | 2         | 1                      |
| Rhone-Alpes, PACA, Languedoc-R, Corse                                                  |          | 1         | 1                      |
| Midi-Pyrénées, Aquitaine                                                               |          | 2         |                        |
| Cognac                                                                                 |          | 2         | 1                      |
| Loire                                                                                  | 2        | 3         | 4                      |
| France (formation générale OAB)                                                        | 2        | 2         | 3                      |
| <b>TOTAL</b>                                                                           | <b>6</b> | <b>16</b> | <b>11</b> (au 30 juin) |

## 5. IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

L'implication directe des acteurs professionnels est une originalité de notre projet. Les travaux évoqués précédemment (Viti 2000, RVVS, Biofilière) ont en effet mis en évidence que les viticulteurs montraient en général beaucoup d'intérêt pour le sol / le terroir / mais qu'ils avaient du mal à s'approprier les concepts et le vocabulaire, ainsi qu'à établir un lien entre les itinéraires techniques et les divers aspects du « fonctionnement » du sol et de l'agrosystème.

Notre projet correspond à une approche pluridisciplinaire associant biodiversité, agronomie et viticulture, assurant un continuum recherche / R&D / profession. Il se place également dans la perspective de mise en œuvre du plan « Ecophyto 2018 », pour lequel on attend une amélioration de l'environnement (dont la qualité biologique des sols) suite à une réduction de l'usage des pesticides (Butault et al., 2010).

**Réalisation de transfert d'outil d'autoévaluation** des pratiques viticoles sur la biodiversité fonctionnelle des sols à l'aide du protocole simplifié LOMBRICIENS. (cf les 3 pages précédentes et l'annexe 4) dans le vignoble de Champagne et ensuite dans les autres vignobles français.

Vis-à-vis du modèle conceptuel conçu par le programme GESSOL, nous confirmons que nos travaux concertés ont contribué à :

- quantifier des états biologiques et structuraux des sols viticoles soumis à différentes pratiques agro-viticoles et modes de production **①** ;
- identifier, à l'aide de la bibliographie scientifique, des liens potentiels entre les états biologiques de ces sols et divers risques environnementaux, pour mieux illustrer les conseils techniques **②**
- quantifier l'évolution des réponses techniques et économiques des viticulteurs à cette évolution du conseil technique (à l'aide d'indicateurs de moyens sur les pratiques culturales) **③**

... Et que le développement de cet outil d'autoévaluation de l'impact des pratiques viticoles sur la biodiversité fonctionnelle des sols devrait nous permettre d'identifier la présence ou non d'une boucle vertueuse ... **④**.



## 6. PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETES, ENVISAGES

Les liens entre les 2 labos de recherche (Inra Dijon & Univ.Rennes1) et les acteurs de la filière (le CIVC) sont anciens et ont été resserrés par le projet.

Cette mise en perspective des démarches mises en œuvre depuis plus de 20 ans a abouti à faire émerger la relation de causes à effets montrant comment les actions de recherche sont venues en appui aux politiques environnementales de l'interprofession en contribuant à l'évolution du conseil, ce qui s'est traduit à l'échelle de la Vigne « Champagne », en une évolution des pratiques viticoles entre 1985 et 2010.

Nous avons aussi confirmé via ce projet, que notre démarche avait bien contribué, selon le principe des emboitements suivants :

a-Formalisation de questions prospectives par le CIVC

↳ b-Programmation de Recherche-Expérimentation

↳ c-Faisabilité d'un développement –investissement

↳ d-Elaboration de Conseils appliqués

↳ e-Changement de pratiques viticoles

à l'émergence d'une intégration de l'ensemble des maillons de la chaîne Recherche-Développement-Production, sans que nous l'ayons vraiment prévu dès le démarrage de notre collaboration en 1988...

l'interconnexion entre Ainsi, cette démarche intégrative opérationnelle comprend les résultats du projet seront diffusés dans des revues et réunions professionnelles (cf 6.1 Perspectives et valorisation des travaux).

Le partenariat avec le MNHN & le LADYSS, via la mise en œuvre de l'OAB sur le vignoble, a été riche d'enseignement, ce qui permet de conforter les prévisions de travailler ensemble comme nous l'avions proposé dès notre 1<sup>ère</sup> soumission à GESSOL.



## 7. LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ET DE TRANSFERT ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION, COMMUNICATION, EXPERTISES...)

L'annexe 3 présente les résumés des communications orale et affichées réalisées en 2012 ainsi que la copie de l'article de vulgarisation publié dans le Vigneron Champenois en mai 2013.

L'annexe 4 présente les supports réalisés pour réaliser des formations auprès des professionnels

| PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES                         |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Publications scientifiques parues                  |                                                                                                     |
| Publications scientifiques à paraître              |                                                                                                     |
| Publications scientifiques prévues                 | 2014 (EJSB, SBB)                                                                                    |
| COLLOQUES                                          |                                                                                                     |
| Participations passées à des colloques             | 3                                                                                                   |
| Participations futures à des colloques             | 2014 (10 <sup>th</sup> ISEE Athens USA 22-27 June)<br>(20 <sup>th</sup> WCSS Séoul Corée 8-13 June) |
| THESES                                             |                                                                                                     |
| Thèses passées                                     |                                                                                                     |
| Thèses en cours                                    |                                                                                                     |
| ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION             |                                                                                                     |
| Articles de valorisation parus                     | Vigneron Champenois Mai 2013                                                                        |
| Articles de valorisation à paraître                | Réussir Vigne 2013                                                                                  |
| Articles de valorisation prévus                    | EGS 2014                                                                                            |
| AUTRES ACTIONS VERS LES MEDIAS                     |                                                                                                     |
| Actions vers les médias (interviews...) effectuées |                                                                                                     |
| Actions vers les médias prévues                    | En 2014 (médias spécialisés & grand public)                                                         |
| ENSEIGNEMENT – FORMATION                           |                                                                                                     |
| Enseignements/formations dispensés                 | Formations à des groupes de viticulteurs et/ou agents du développement                              |
| Enseignements/formations prévus                    |                                                                                                     |
| EXPERTISES                                         |                                                                                                     |
| Expertises menées                                  |                                                                                                     |
| Expertises en cours                                |                                                                                                     |
| Expertises prévues                                 |                                                                                                     |
| METHODOLOGIES (GUIDES...)                          |                                                                                                     |
| méthodologies produites                            |                                                                                                     |
| méthodologies en cours d'élaboration               |                                                                                                     |
| méthodologies prévues                              |                                                                                                     |
| AUTRES                                             |                                                                                                     |
| Précisez...                                        |                                                                                                     |



## 8. BIBLIOGRAPHIE CITEE

- Addison P. & Samways M. (2006) Surrogate habitats demonstrate the invasion potential of the African pugnacious ant. *Biodiversity and Conservation*, 15, 411-428
- Addison P. & Samways M.J. (2000) A survey of ants (Hymenoptera : Formicidae) that forage in vineyards in the Western Cape Province, South Africa. *African Entomology*, 8, 251-260
- Blauth D.A. & Ducati J.R. (2011) A Web-based system for vineyards management, relating inventory data, vectors and images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 71, 182-188
- Botton M., Teixeira I., Bavaresco A. & Pastori P.L. (2010) Use of soil insecticides to control the Brazilian ground pearl (Hemiptera: Margarodidae) in vineyards. *Revista Colombiana De Entomologia*, 36, 20-24
- Capri E., Balderacchi M., Yon D. & Reeves G. (2005) Deposition and dissipation of chlorpyrifos in surface water following vineyard applications in Northern Italy. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24, 852-860
- Carron G. (2000) The vineyard as environment of value for the invertebrates. In: *Workshop on Ecological Corridors for Invertebrates: Strategies of Dispersal and Recolonisation in Today's Agricultural and Forestry Landscapes, Proceedings*, pp. 31-33. COUNCIL EUROPE, Strasbourg
- Chong C.S., D'Alberto C.F., Thomson L.J. & Hoffmann A.A. (2010) Influence of native ants on arthropod communities in a vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*, 12, 223-232
- Daane K.M., Cooper M.L., Sime K.R., Nelson E.H., Battany M.C. & Rust M.K. (2008) Testing baits to control argentine ants (Hymenoptera : formicidae) in vineyards. *Journal of Economic Entomology*, 101, 699-709
- Daane K.M., Sime K.R., Fallon J. & Cooper M.L. (2007) Impacts of Argentine ants on mealybugs and their natural enemies in California's coastal vineyards. *Ecological Entomology*, 32, 583-596
- Danne A., Thomson L.J., Sharley D.J., Penfold C.M. & Hoffmann A.A. (2010) Effects of Native Grass Cover Crops on Beneficial and Pest Invertebrates in Australian Vineyards. *Environmental Entomology*, 39, 970-978
- De Baets S., Poesen J., Meersmans J. & Serlet L. (2011) Cover crops and their erosion-reducing effects during concentrated flow erosion. *Catena*, 85, 237-244
- Eijsackers H., Beneke P., Maboeta M., Louw J.P.E. & Reinecke A.J. (2005) The implications of copper fungicide usage in vineyards for earthworm activity and resulting sustainable soil quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62, 99-111
- Favretto M.R., Paoletti M.G., Caporali F., Nannipieri P., Onnis A. & Tomei P.E. (1992) Invertebrates and Nutrients in a Mediterranean Vineyard Mulched with Subterranean Clover (*Trifolium-Subterraneum* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 14, 151-158
- Fernandez-Calvino D., Martin A., Arias-Estevez M., Baath E. & Diaz-Ravina M. (2010a) Microbial community structure of vineyard soils with different pH and copper content. *Applied Soil Ecology*, 46, 276-282
- Fernandez-Calvino D., Soler-Rovira P., Polo A., Diaz-Ravina M., Arias-Estevez M. & Plaza C. (2010b) Enzyme activities in vineyard soils long-term treated with copper-based fungicides. *Soil Biology & Biochemistry*, 42, 2119-2127
- Fragoulis G., Merli A., Reeves G., Meregalli G., Stenberg K., Tanaka T. & Capri E. (2011) A Bayesian approach to assessing the uncertainty in estimating bioconcentration factors in earthworms - the example of quinoxifen. *Pest Management Science*, 67, 656-664

- Gaigher R. & Samways M. (2010) Surface-active arthropods in organic vineyards, integrated vineyards and natural habitat in the Cape Floristic Region. *Journal of Insect Conservation*, 14, 595-605
- Guo X.W., Li K., Guo Y.S., Xie H.G., Sun Y.N. & Hu X.X. (2011) Effect of grape replant on the soil microbial community structure and diversity. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 25, 2334-2340
- Hadjicharalampous E., Kalburt K.L. & Mamolos A.P. (2002) Soil arthropods (Coleoptera, Isopoda) in organic and conventional agroecosystems. *Environmental Management*, 29, 683-690
- Lagomarsino A., Benedetti A., Marinari S., Pompili L., Moscatelli M.C., Roggero P.P., Lai R., Ledda L. & Grego S. (2011) Soil organic C variability and microbial functions in a Mediterranean agro-forest ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 47, 283-291
- Lizee M.H., Bonardo R., Mauffrey J.F., Bertaudiere-Montes V., Tatoni T. & Deschamps-Cottin M. (2011) Relative importance of habitat and landscape scales on butterfly communities of urbanizing areas. *Comptes Rendus Biologies*, 334, 74-84
- Maistrello L., Ocete R. & Lopez M.A. (2010) Seasonal Trends in the Social Composition and Inside-Trunk Distribution of *Kaloterme flavicollis* (Isoptera: Kalotermitidae) Colonizing Grapevines. *Environmental Entomology*, 39, 295-302
- Nash M.A., Hoffmann A.A. & Thomson L.J. (2011) Identifying signature of chemical applications on indigenous and invasive nontarget arthropod communities in vineyards. *Ecological Applications*, 20, 1693-1703
- Navarro F.J.G., Ortiz-Villajos J.A.A., Jimenez C.J.S. & Ballesta R.J. (2011) Red soil geochemistry in a semiarid Mediterranean environment and its suitability for vineyards. *Environmental Geochemistry and Health*, 33, 279-289
- Paoletti M.G., Sommaggio D., Favretto M.R., Petruzzelli G., Pezzarossa B. & Barbafieri M. (1998) Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. *Applied Soil Ecology*, 10, 137-150
- Peres G., Cluzeau D., Curmi P. & Hallaire V. (1998) Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biology and Fertility of Soils*, 27, 417-424
- Rahman L., Whitelaw-Weckert M.A. & Orchard B. (2011) Consecutive applications of brassica green manures and seed meal enhances suppression of *Meloidogyne javanica* and increases yield of *Vitis vinifera* cv Semillon. *Applied Soil Ecology*, 47, 195-203
- Ramos M.C., Oliva E. & Nacci S. (2011) Phosphorous and nitrogen changes in compost-amended schist soils in vineyards in the DO Priorat wine-producing area (NE Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8, 1242-1252
- Reinecke A.J., Albertus R.M.C., Reinecke S.A. & Larink O. (2008) The effects of organic and conventional management practices on feeding activity of soil organisms in vineyards. *African Zoology*, 43, 66-74
- Ripoche A., Metay A., Celette F. & Gary C. (2010) Changing the soil surface management in vineyards: immediate and delayed effects on the growth and yield of grapevine. *Plant and Soil*, 339, 259-271
- Schreck E., Geret F., Gontier L. & Treilhou M. (2008) Neurotoxic effect and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa nocturna*. *Chemosphere*, 71, 1832-1839
- Sharley D.J., Hoffmann A.A. & Thomson L.J. (2008) The effects of soil tillage on beneficial invertebrates within the vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*, 10, 233-243
- Thomson L.J. (2006) Influence of reduced irrigation on beneficial invertebrates in vineyards. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 1389-1395

- Thomson L.J. & Hoffmann A.A. (2006) Field validation of laboratory-derived IOBC toxicity ratings for natural enemies in commercial vineyards. *Biological Control*, 39, 507-515
- Thomson L.J. & Hoffmann A.A. (2009) Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. *Biological Control*, 49, 259-269
- Thomson L.J. & Hoffmann A.A. (2010) Natural enemy responses and pest control: Importance of local vegetation. *Biological Control*, 52, 160-166
- Tollerup K., Rust M.K. & Klotz J.H. (2007) *Formica perpilosa*, an emerging pest in vineyards. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 24, 147-158
- Udovic M. & Lestan D. Fractionation and bioavailability of Cu in soil remediated by EDTA leaching and processed by earthworms (*Lumbricus terrestris* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 17, 561-570
- Vavoulidou E., Avramides E.J., Dimirkou A. & Papadopoulos P. (2006) Influence of different cultivation practices on the properties of volcanic soils on Santorini Island, Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 2857-2866
- Vrsic S., Ivancic A., Pulko B. & Valdhuber J. (2011) Effect of soil management systems on erosion and nutrition loss in vineyards on steep slopes. *Journal of Environmental Biology*, 32, 289-294
- Weigand S., Auerswald K. & Beck T. (1995) Microbial Biomass in Agricultural Topsoils after 6 Years of Bare Fallow. *Biology and Fertility of Soils*, 19, 129-134
- Wightwick A., Mollah M., Smith J. & MacGregor A. (2006) Sampling considerations for surveying copper concentrations in Australian vineyard soils. *Australian Journal of Soil Research*, 44, 711-717
- Wightwick A.M., Mollah M.R., Partington D.L. & Allinson G. (2008) Copper fungicide residues in Australian vineyard soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 2457-2464



## **ANNEXES**

# Annexe 1: Données disponibles en fonction des sites expérimentaux

## Lombriciens

| Modalités                 | Traitement    | Parcelle    | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------------|---------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Phytosanitaires           | Insecticide   | Allemand    | X  |    |    |    | X  |    |    |    | X  |    | X    | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Avize       |    |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Boursault   |    |    |    |    | X  |    |    |    | X  |    | X    | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Boursault   |    |    | X  |    |    | X  |    |    | X  |    | X    |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Chambrecy   |    | X  |    | X  | X  |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Nématicide    | Essoyes     | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Alternative au désherbage | multifacteurs | Pied Noir   |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Désherbage    | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      | X    |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |
|                           | Travail Sol   | Fleury      | X  |    |    | X  |    |    | X  |    |    | X  |      |      | X    | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Enherbement               | Désherbage    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Avenay      |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Dizy        |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Verzenay    |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fertilisation             | Enherbe.      | Hautvillers |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Montbré     |    | X  |    |    | X  |    |    | X  |    | X  |      |      |      |      | X    |      |      | X    |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Oger        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mode de gestion           | Fertilisation | Plumecoq    |    |    |    |    | X  |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Biodynamie    | Aube (Gyé)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | X    | X    |
|                           | Lutte Intég.  | Boursault   | X  |    |    |    |    |    | X  |    |    | X  |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

## Données agronomiques

| Modalités                 | Traitement    | Parcelle    | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------------|---------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Phytosanitaires           | Insecticide   | Allemand    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X    | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Avize       | X  | X  | X  |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Boursault   | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X    | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Boursault   |    |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X    |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Chambrecy   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Nématicide    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Alternative au désherbage | multifacteurs | Pied Noir   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Désherbage    | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Travail Sol   | Fleury      | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Enherbement               | Désherbage    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Avenay      |    |    |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X    | X    | X    | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Dizy        |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X    | X    | X    | X    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Verzenay    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fertilisation             | Enherbe.      | Hautvillers |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Montbré     |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X  | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Oger        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mode de gestion           | Fertilisation | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Biodynamie    | Aube (Gyé)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Lutte Intég.  | Boursault   |    |    |    |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X    | X    | X    | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |

## Données microbiologiques + données sol associées (en cours de récupération)

| Modalités                 | Traitement    | Parcelle    | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------------|---------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Phytosanitaires           | Insecticide   | Allemand    | X  |    |    |    | X  |    |    |    |    |    |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Avize       |    |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Boursault   | X  |    |    |    | X  |    |    |    | X  |    |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Boursault   |    |    | X  |    |    | X  |    |    | X  |    |      |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Chambrecy   | X  | X  |    | X  |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Nématicide    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Alternative au désherbage | multifacteurs | Pied Noir   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Désherbage    | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Travail Sol   | Fleury      | X  |    |    | X  |    |    | X  |    |    | X  |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Enherbement               | Désherbage    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Avenay      |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Dizy        |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Verzenay    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fertilisation             | Enherbe.      | Hautvillers |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Montbré     | X  |    |    |    | X  | X  |    | X  | X  |    | X    |      |      |      |      |      |      | X    |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Oger        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mode de gestion           | Fertilisation | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Biodynamie    | Aube (Gyé)  |    |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      | X    |      |      |      | X    |      |      |      |      | X    | X    |
|                           | Lutte Intég.  | Boursault   | X  | X  |    | X  |    |    | X  |    |    | X  |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

## Données sol

| Modalités                 | Traitement    | Parcelle    | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------------|---------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Phytosanitaires           | Insecticide   | Allemand    | X  |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Avize       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fongicide     | Boursault   | X  |    |    |    |    |    |    |    | X  |    |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Boursault   |    |    |    | X  |    |    |    |    | X  |    |      |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Herbicide     | Chambrecy   |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Nématicide    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Alternative au désherbage | multifacteurs | Pied Noir   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Désherbage    | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Travail Sol   | Fleury      | X  |    |    |    |    |    | X  |    |    | X  |      |      |      | fin  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Enherbement               | Désherbage    | Essoyes     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Avenay      |    | X  |    |    |    |    |    |    | X  | X  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Dizy        |    | X  |    |    |    |    |    |    | X  | X  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Enherbe.      | Verzenay    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Fertilisation             | Enherbe.      | Hautvillers |    | X  |    |    |    |    |    |    | X  | X  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Montbré     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Fertilisation | Oger        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mode de gestion           | Fertilisation | Plumecoq    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Biodynamie    | Aube (Gyé)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                           | Lutte Intég.  | Boursault   | X  |    |    |    |    |    | X  |    |    | X  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |



## **Annexe 2: Variables des facteurs étudiés**

### **Lombriciens :**

- Abondance numérique (densité)
- poids individuel et biomasse globale
- stade de maturité sexuelle
- espèces et sous-espèces
- catégories écologiques

### **Microbiologie du sol :**

- Ct
- Cf
- EC
- BM
- BM%Ct
- MOL
- MOL%Ct
- Cmin 0-28
- Cmin%Ct
- Respi Spé
- Nmint0
- Nmint28
- Nmin0-28
- Nmin %Nt
- Nitrif non tamp
- Nitrif tampon
- FDA
- ALP

### **Paramètres du sol associés au prélèvement microbien** (entre 5 et 15cm)

- profondeur du sol
- % cailloux
- % pente
- PH K2SO4
- %H2O
- Argiles
- LF
- LG
- SF
- SG
- pH eau
- CaCO3
- C org
- N org

- P2O5 Olsen
- P2O5 JH
- CEC cobalti
- CEC metson
- Ca ech
- Na ech
- Mg ech
- K ech
- Al ech
- H+
- Cu EDTA
- Zn EDTA
- Cu total
- Zn total

**Principaux paramètres du sol** (0-25cm) :

- Argile
- LF
- LG
- SF
- SG
- MO
- C
- N
- CEC Metson
- Mg
- K
- Fe
- Cu EDTA

**Principaux paramètres viticoles**

- Vigne :
  - Nombre de grappes
  - Poids de grappes
  - Rendement par cep
  - Fréquence botrytis
  - Intensité botrytis
  - Masse 200 baies
  - Masse bois de taille
- Moût :
  - Degré
  - pH
  - Acidité totale
  - Potassium

- Acide malique
- Acide tartrique
- N total
- Pétiolés :
  - N
  - K
  - P
  - CaMg

**Principaux paramètres agronomiques** (=Paramètres de conduite de la vigne) :

- Fertilisants
  - Nature
  - Dose/ha
  - Périodicité
  - Apport de matière organique (kg/ha/an)
  - Apport de C (kg/ha/an)
  - Apport de N (kg/ha/an)
  - C/N (kg/ha/an)
- Produits phytosanitaires (fongicides, insecticides, herbicides, acaricides)
  - Nom commercial
  - Matière active
  - Dose par produit
  - Dose de matière active
  - Périodicité



## **Annexe 3**

### **Communications orale et écrites**

## **Annexe 3a – Communication dans colloque scientifique international**

### **Communication affichée à Eurosoil (juillet 2012 ; Bari, Italie)**

#### **A 25 years biological study of vineyard soils – The VitiEcoBioSol program in Champagne**

Daniel Cluzeau, Raphaël Marichal, Rémi Chaussod, Rachida Nouaïm, Arnaud Descotes, Cédric Georget, Dominique Moncomble, André Perraud and Guénola Pérès

Conventional vineyard practices have lead in many environmental disturbances as erosion, soil compaction, loss of organic matter and soil biodiversity, water contamination... Therefore, there is an increasing interest to develop sustainable viticulture in the famous Champagne vineyard for 20 years: a program called "VITI 2000" has been developed since 1986 by CIVC (Inter-professional Committee of Champagne Wine) in collaboration with scientists.

The aims are i) to assess the impact of viticultural practices on soil functioning, environmental properties and wine quality, ii) to advice progressively sustainable practices to winegrowers. One strength of this program is to allow a long term field experiment: earthworm communities, microbial biomass, soil and vine parameters were followed during 25 years in 19 plots representing 66 treatments to test the impact of pesticides applications (nematicides, fungicides, herbicides), or organic matter inputs, or vine management (organic vs conventional vs integrated). This program ended in a huge data collection e.g. the data table of earthworm communities (species, body mass, sexual stage) presents more than 39 000 lines. A database, compatible to others soil fauna databases developed by the laboratory EcoBio (University Rennes 1), has been developed.

First results indicate that i) grass strip between the vine rows and compost quickly stimulate biological soil processes, while dried organic matter inputs have a slow positive impact, ii) fungicides containing copper alter in the same pattern earthworms and microorganisms, iii) integrated management could be as positive as organic practices. Statistical treatments are still going on and further results will be discussed.

#### **Key-words:**

Viticulture

Biostimulation

Ecological engineering

Sustainable agriculture

## Annexe 3b – Communication dans colloque scientifique national

Communication affichée pour les Journées d'Etude du Sol (19-23 mars 2012, Versailles):

### **Comment assurer la protection de la biodiversité des sols et une meilleure gestion de la fertilisation en vignoble champenois ? (Suivi expérimental à la parcelle durant 16 ans)**

**MARICHAL Raphaël<sup>1</sup>, PERES Guénola<sup>1</sup>, CHAUSSOD Rémi<sup>2</sup>, NOUAIM Rachida<sup>3</sup>, DESCOTES Arnaud<sup>4</sup>,  
GEORGET Cédric<sup>4</sup>, PANIGAI Laurent<sup>4</sup>, PERRAUD André<sup>4</sup>, MONCOMBLE Dominique<sup>4</sup> et CLUZEAU Daniel<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup> : Université Rennes 1, UMR CNRS 6553 *EcoBio*, Station Biologique de Paimpont, 35380 Paimpont, France  
<sup>2</sup> : INRA Dijon, UMR MSE Microbiologie du sol et de l'environnement, 17 rue Sully BP 86510, 21065 Dijon cedex, France.  
<sup>3</sup> : SEMSE - Services & Études en Microbiologie des Sols et de l'Environnement, Viéville, France.  
<sup>4</sup> : CIVC- Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne, 5 rue Henri Martin 51200 Epernay, France.

Les pratiques viticoles conventionnelles ont conduit à de nombreuses altérations de l'environnement comme l'érosion, la compaction du sol, perte de matière organique et de la biodiversité des sols, contamination de l'eau... Par conséquent, dans le cadre d'évaluer les contraintes et intérêts de développer une viticulture raisonnée & durable en Champagne, un programme « VITI 2000 » a été initié depuis 1986 par le CIVC (Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne) en collaboration avec des chercheurs, programme basé sur un réseau de parcelles semi-expérimentales chez les viticulteurs. Le projet actuel VitiEcoBioSol (GESSOL 3) a pour ambition d'en faire la synthèse.

Les objectifs généraux du projet VITI 2000 étaient i) évaluer l'impact des pratiques viticoles sur le fonctionnement biologique du sol, les propriétés environnementales et la qualité de la vigne, ii) former progressivement les vignerons aux pratiques durables.

Parmi les pratiques viticoles, les intrants fertilisants et amendements permettent de stimuler plus ou moins les micro-organismes et la faune du sol, assurant ainsi la restauration d'activités biologiques dans les sols.

La parcelle de Montbré, située à 20 km au Sud de Reims, est le support expérimental depuis 1990 pour tester l'effet de différents modes de fertilisation et de protection des sols contre l'érosion: (a) engrais minéral, (b) engrais minéral + enherbement de l'inter-rang, (c) fientes déshydratées, (d) fumier déshydraté, (e) écorces compostées + fumier, (f) compost de résineux, (g) écorces fraîches de chêne, (h) écorces fraîches de peuplier. Cette parcelle de 0.5 ha est située sur sol calcaire (craie blanche) et a été plantée en 1988 par du cépage pinot meunier. Notre objectif est d'évaluer l'effet de ces modalités sur les communautés lombriciennes et la biomasse microbienne par fumigation-extraction.

Les communautés lombriciennes et la biomasse microbienne ont été évaluées 6 fois entre 1991 et 2007

Les espèces observées au moins une fois au cours du suivi sont : une espèce épigée (*Lumbricus castaneus*), trois espèces anéciques (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea giardi*, *Aporrectodea longa*) et cinq espèces endogées (*Allolobophora chlorotica*, *Allolobophora icterica*, *Allolobophora rosea rosea*, *Aporrectodea caliginosa*, *Octolasion cyaneum*).

La densité moyenne lombricienne (tous traitements) est passée de 27,9 ind.m<sup>-2</sup> en 1991 à 79,2 ind.m<sup>-2</sup> en 2007. En 2007, les traitements présentant les plus fortes densités sont le compost de résineux, le fumier et l'enherbement. Certains de ces traitements (écorces compostées, écorces fraîches de chêne ou de peuplier et compost de résineux) permettent de protéger les activités lombriciennes pendant les périodes de sécheresse. Parmi les modalités étudiées en 2007, les écorces de peuplier, les écorces de résineux et les écorces de compostées + fumier présentent les biomasses microbiennes les plus importantes.

Au bout des 16 ans, trois types de traitement montrent un effet très bénéfique sur les activités biologiques dans les sols: l'enherbement, les écorces de résineux, et les apports de fumier déshydratés. Les écorces compostées + fumier et les écorces fraîches de peuplier sont dans une moindre mesure, également favorables.

## **Annexe 3c – Communication dans colloque scientifique & professionnel international**

Communication orale pour le IX<sup>ème</sup> Congrès International des Terroirs Vitivinicoles (25-29 juin 2012, Dijon & Reims)

### **IMPACT OF ORGANIC INPUTS ON SOIL BIODIVERSITY IN VINEYARD SYSTEMS. A MONITORING APPROACH DURING 20 YEARS**

**Guénola PERES<sup>1,\*</sup>, Raphaël MARICHAL<sup>1</sup>, Rémi CHAUSSOD<sup>2</sup>, Rachida NOUAIM<sup>3</sup>, Arnaud DESCOTES<sup>4</sup>, Cédric GEORGET<sup>4</sup>, Dominique MONTCOMBLE<sup>4</sup>, André PERRAUD<sup>4</sup> and Daniel CLUZEAU<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Université Rennes 1, UMR 6553 Ecobio CNRS-Univ Rennes 1, Station Biologique de Paimpont, 35380 Paimpont, France.

<sup>2</sup> Inra Dijon, UMR microbiologie du sol et de l'environnement, 17 rue Sully BP 86510, 21065 Dijon cedex, France.

<sup>3</sup> SEMSE - Services & Études en Microbiologie des Sols et de l'Environnement, Viéville, France.

<sup>4</sup> CIVC- Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne, 5 rue Henri Martin 51200 Epernay, France.

\*Corresp. author : Daniel Cluzeau, Telephone: 00 33(0)2 99 61 81 80, Fax: 00 33(0)299618187, Email : [daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr](mailto:daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr)

#### ***Abstract***

Conventional vineyard practices have lead in many environmental disturbances as erosion, soil compaction, loss of organic matter and soil biodiversity, water contamination... Therefore, there is an increasing interest to develop sustainable viticulture in the famous Champagne vineyard for 20 years: a program called "VITI 2000" has been developed since 1986 by CIVC (Inter-professional Committee of Champagne Wine) in collaboration with scientists.

The aims are i) to assess the impact of viticultural practices on soil functioning, environmental properties and wine quality, ii) to advice progressively sustainable practices to winegrowers. One strength of this program is to allow a long term field experiment: earthworm communities, microbial biomass, soil and vine parameters were followed during 25 years in 19 plots representing 66 treatments to test the impact of pesticides applications (nematicides, fungicides, herbicides), or organic matter inputs, or vine management (organic vs conventional vs integrated).

This program ended in a huge data collection e.g. the data table of earthworm communities (species, body mass, sexual stage) presents more than 39 000 lines. A database, compatible to others soil fauna databases developed by the laboratory EcoBio (University Rennes 1), has been developed.

First results indicate that i) grass strip between the vine rows and compost quickly stimulate biological soil processes, while dried organic matter inputs have a slow positive impact, ii) fungicides containing copper alter in the same pattern earthworms and microorganisms, iii) integrated management could be as positive as organic practices. Statistical treatments are still going on and further result



**Annexe 3d – Article de vulgarisation  
dans LE VIGNERON CHAMPENOIS (Mai 2013, 39, p38-72)**

**Champagne, environnement et développement durable  
30 ans d'histoire !**



# Champagne, environnemen

## 30 ans d'histoire !



# t et développement durable



**Développement économique et écologie ont longtemps été présentés comme incompatibles. Ce n'est que dans les années 1970-1980 qu'apparaît le concept d'éco-développement, baptisé par la suite développement durable. Comment ce modèle a-t-il évolué dans la pratique aux niveaux national et international ? Et comment la Champagne a-t-elle réagi ?**

**C'est ce que nous vous proposons d'aborder maintenant, en examinant pour chaque décennie les modalités de gouvernance et de prise en compte des principaux enjeux environnementaux identifiés pour notre filière.**

# Environnement

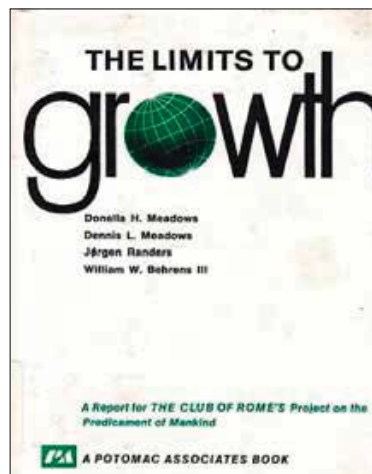
## Les années 1980 : la prise de conscience généralisée et l'amorce du changement

### Gouvernance et systèmes de production

Fin des années 1970 et début des années 1980 marquent le terme des "30 glorieuses", période au cours de laquelle la France connaît une prospérité économique exceptionnelle. L'intensification des méthodes de production touche également le monde agricole. Elle permet de réduire la pénibilité des travaux, de régulariser les rendements et de proposer aux consommateurs des denrées abondantes, variées et bon marché. Mais si elle apporte une réponse à la fois sociale et économique au problème posé par la population au sortir de la seconde guerre mondiale, cette mutation s'accompagne dans le même temps de multiples effets collatéraux sur l'environnement.

Dès les années 1970, cette absence de prise en compte des équilibres naturels couplée à la première crise pétrolière déclenche l'émergence de nouveaux courants de pensée (résistance à la société de consommation, prise de conscience des limites de la planète). En 1972, le fameux rapport Meadows commandé par le Club de Rome, "Les limites de la croissance", déclenche la polémique en prévoyant un effondrement bru-

tal des économies au cours du 21<sup>e</sup> siècle suite aux effets conjugués de l'évolution démographique, des pressions environnementales et de l'épuisement des ressources.



La même année se déroulera à Stockholm la toute première Conférence des Nations unies sur l'environnement, démontrant la volonté des dirigeants mondiaux de lier le développement humain et l'écologie. Au moins sur le principe dans un premier temps... Cette conférence donnera naissance au Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE).



Ce n'est qu'en 1987 qu'apparaît pour la première fois la notion de **développement durable** dans le rapport Brundtland (du nom de la première ministre norvégienne et présidente de la commission mondiale pour l'environnement et le développement de l'ONU) : "**un développement qui satisfait aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs**".

Cette formule, rappelant la finitude de la planète et faisant écho au rapport Meadows, suggère pour la première fois d'intégrer l'équité sociale et la prudence écologique dans les modèles de développement économique. Depuis cette date, le concept de développement durable a été adopté dans le monde entier.

Dans le domaine agricole, ce contexte influence largement le développement de l'**agriculture biologique** (apparition des premiers cahiers des charges et regroupement des agriculteurs en organisations professionnelles).

En France, la loi d'orientation agricole de juillet 1980, complétée par le décret de mars 1981, reconnaît officiellement l'agriculture biologique en tant que mode de production.

Un logo national (la marque AB) est proposé en 1985. Les cahiers des charges, jusqu'alors privés, sont homologués à l'échelon national. La même année, le livre vert, document de réflexion élaboré par la Commission Européenne, indique de façon claire que la fonction de l'agriculture ne peut se limiter à la fourni-

ture alimentaire mais qu'elle doit intégrer la fonction de protection de l'environnement.



Parallèlement au courant "bio" et également en opposition avec l'agriculture productiviste se développe dès la fin des années 1970 au sein de l'OILB (Organisation internationale de lutte biologique et intégrée) le concept de **production intégrée**, qui propose une orientation plus écologique des méthodes de culture, associant des objectifs de qualité des productions agricoles et de performance économique des exploitations.



Au sortir des années 1970, la Champagne est encore éloignée de ces préoccupations. Entre 1950 et 1980, les surfaces plantées sont multipliées par 2,2, passant de 11 000



à 24 600 hectares. Dans le même temps, le rendement agronomique double et les ventes sont multipliées par 5. Mais le vignoble connaît une période extrêmement difficile en fin de décennie avec trois récoltes très déficitaires en 1978, 1980 et 1981.

En quatre années, la Champagne rentre seulement l'équivalent de deux récoltes et demie. Il faut impérativement produire pour répondre à la demande croissante des marchés. Les surfaces vont encore augmenter de 20 % durant la décennie 1980 pour atteindre 29 600 hectares en 1990.

## Sols, biodiversité et paysages

Cette reconquête du milieu s'accompagne inévitablement d'une modification de la mosaïque paysagère et de l'occupation du sol. Assez rapidement et dans presque tous les villages, la vigne remplace peu à peu les friches et les jardins. Les quelques zones tampon existantes disparaissent. La vulnérabilité des sols vis-à-vis de l'érosion s'accroît. Le désherbage chimique est utilisé sur 97 % des surfaces (figure 1 en annexe).

Des composts urbains sont appliqués sur les sols pour favoriser leur portance, réduire le ruissellement et fertiliser la vigne. La vie des sols n'apparaît pas comme un sujet de préoccupation majeur et la désinfection chimique est systématisée avant replantation.

La profession commence à réagir. Des expérimentations sont menées

par le CIVC à partir de 1982 dans le but de remplacer les composts urbains par des amendements organiques composés d'écorces fraîches broyées.

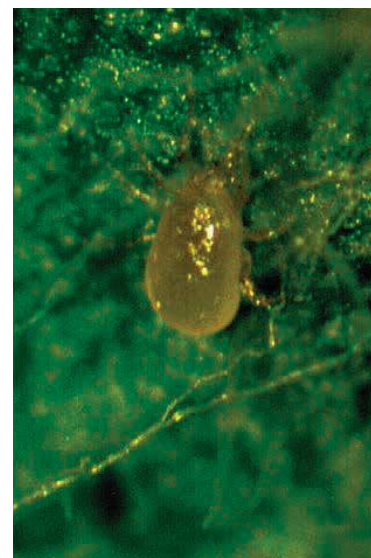


Les recherches sur l'enherbement des vignes, abandonnées dans les années 1970, reprennent à partir de 1985. Des travaux sont également entrepris dès la fin des années 1980 sur la structure, la compaction et la fertilité biologique des sols. La profession prend conscience du danger que représentent le ruissellement et l'érosion pour le patrimoine que constitue le terroir et pour les infrastructures situées en aval. Elle investit massivement dans les travaux d'aménagement hydraulique du vignoble et se dote à partir de 1988 de nouvelles structures juridiques, les ASA, pour en assurer la maîtrise d'ouvrage.

## Protection du vignoble

Un certain temps, les vignerons cultivent l'espoir de progrès définitifs en matière de protection de la vigne. Mais ils doivent régulièrement déchanter devant les pullulations d'acariens et l'apparition de

plus en plus fréquente de résistance des bio-agresseurs. On sent bien à partir de cette période qu'il va falloir reconnecter la protection des cultures à l'écologie et abandonner progressivement les recettes simplistes reposant pour l'essentiel sur l'utilisation des produits. En deux mots, qu'il faut plus d'agronomie et moins d'agrichimie.



Par réflexe et facilité, la recherche se limite parfois à celle de produits alternatifs. Ainsi, des formulations à base de *trichoderma* et de *bacillus thuringiensis* sont testées (sans grand succès) à partir de 1982. Mais les bases des stratégies actuelles de protection sont construites peu à peu à partir du milieu des années 1980. En Champagne, les travaux de modélisation débutent en 1986 dans l'objectif de pouvoir ajuster

les traitements en fonction des risques réels. La même année est entrepris au niveau national un vaste programme de recherche sur les typhlodromes.

On découvre que les populations d'acariens peuvent être aisément régulées en rétablissant des équilibres naturels rompus dans les années 1960-1970 consécutivement à l'emploi de produits insuffisamment sélectifs et donc inadaptés.

La lutte dirigée commence à se développer sur le terrain. Elle consiste à réfléchir l'emploi des produits en lien avec un système d'avertissement et à tenir compte de seuils de tolérance.

À la fin des années 1980, on estime que le vignoble est protégé à 90 % de manière traditionnelle (proche de la stratégie d'assurance) et à 10 % en lutte dirigée (figure 2 en annexe). La pharmacopée est de plus en plus abondante mais le profil santé/environnement des formulations proposées s'améliore constamment.

## Effluents, sous-produits et déchets

Paradoxalement, c'est la multiplication des stations d'épuration dans les communes du vignoble qui contribue à mettre en lumière l'existence d'une pollution d'origine vinicole. À l'époque, le fonctionnement de ces nouvelles installations est en effet régulièrement perturbé pendant la période des vendanges à cause de l'afflux

# Environnement

de matières organiques issues des eaux de lavages des pressoirs ou des cuves. Dès 1980, ces éléments conduisent la profession à rechercher des solutions. Les techniques d'épuration de l'industrie agro-alimentaire sont passées au crible. Les plus adaptées au monde viticole sont retenues et commencent à se développer. A la fin des années 1980, des investissements sont réalisés dans une trentaine d'établissements, à l'époque pilotes. Ils permettent de traiter quelques pourcents de l'ensemble des flux générés en Champagne (figure 3 en annexe).

Historiquement, l'envoi en distillerie des sous-produits vinicoles trouve son origine dans les grandes crises viticoles du début du vingtième siècle. Les prestations viniques seront rendues obligatoires en 1953 en France et en 1970 au niveau communautaire. Dans les années 1980, marcs et lies sont donc très majoritairement envoyés en distillerie avec comme principale valorisation les alcools industriels ou de carburation et les alcools de bouche.

Quant aux déchets produits sur les exploitations, ils suivent majoritairement des filières imparfaites mais encore dominantes à l'époque (enfouissement ou incinération).

## Energie et climat

La décennie 1980 débute avec le second choc pétrolier (après celui de 1973). Les cours du pétrole flambent et atteignent alors un ni-

veau historique, de l'ordre de 100 \$ le baril en monnaie constante, avant de redescendre autour de 30 \$ en fin de décennie. Les premiers signes du changement climatique se font sentir à l'échelle planétaire.



Dès 1979 est organisée à Genève la première conférence mondiale sur le climat. Elle aura pour résultat le lancement d'un programme mondial de recherche, le Programme Climatique Mondial dont l'objectif sera d'aider les nations à s'adapter aux changements climatiques.

En 1988, le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat) est créé par l'Organisation météorologique mondiale et le PNUE afin d'asseoir les débats sur l'énergie et les changements climatiques sur des bases scientifiques solides et indépendantes. Son premier rapport, publié en 1990 dans l'indifférence générale, dresse le bilan des connaissances scientifiques sur les changements climatiques et

leurs possibles répercussions sur l'environnement, l'économie et la société.

En Champagne, la décennie est globalement fraîche, avec même une succession d'hivers extrêmement rigoureux (1985, 1986 et 1987) qui marqueront les mémoires autant que le vignoble. Les vendanges débutent généralement à la fin du mois de septembre et la maturation des raisins est parfois laborieuse, avec des degrés potentiels à peine supérieurs à 9 % vol. en moyenne...

## Les années 1990 : la mise au point des nouveaux outils et le lancement des premiers plans d'actions

### Gouvernance et systèmes de production

Au niveau international, la décennie démarre en fanfare avec le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992. Cette conférence, qui a réuni une centaine de chefs d'Etat est aujourd'hui considérée comme une référence. Elles s'est conclue par la signature de la déclaration de Rio qui a permis de faire progresser le concept des droits et responsabilités des pays dans le domaine de l'environnement. Le sommet de Rio a également conduit à adopter

plusieurs traités internationaux de première importance comme la convention sur la diversité biologique et la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).



Un an plus tôt, en 1991, un règlement communautaire définit et reconnaît l'agriculture biologique dans toute l'Europe. Les échanges sont facilités et le consommateur mieux informé par l'harmonisation des mentions sur l'étiquetage.

En 1996, l'OILB publie une directive européenne pour la production intégrée en viticulture. L'objectif est de proposer un référentiel permettant aux producteurs de faire reconnaître leurs efforts et de valoriser leur démarche sur le plan commercial. Dans l'esprit des scientifiques de l'époque, ce document aurait pu servir de base à une éventuelle réglementation qui n'a encore jamais vu le jour... Par contre, ce document fait toujours référence dans le monde viticole et il inspire l'élaboration de référentiels ou de cahiers des charges privés.



# Environnement

Toujours en 1996 naît la norme ISO 14001 sur le management environnemental des organisations. Elle repose sur le principe d'amélioration continue de la performance environnementale par la maîtrise des impacts liés à l'activité de l'entreprise. Elle présente ainsi des caractères propres à rassurer les consommateurs soucieux de respecter l'environnement. En 1998, la maison de Champagne Pommery sera l'une des toutes premières entreprises à obtenir la certification ISO 14001 dans le monde du vin.

En Champagne encore, mais quelques années plus tôt, débute en 1990 le programme Viti 2000 mis en place par l'interprofession. Objectif : mettre au point "la boîte à outils" de la production intégrée puis la développer sur des exploitations pionnières. Cette expérience débouchera en 1999 sur la mise en place d'opérations pilotes entreprises cette fois à l'échelle de communes entières à Reuil, Chigny-les-Roses et Neuville-sur-Seine.



Parcelle expérimentale comparant viticulture durable et viticulture biologique à Gyé-sur-Seine (1997-2012).

En 1998 est également engagé le programme Biofilère qui a pour objectif d'étudier et de développer conjointement la viticulture durable et la viticulture biologique. Cette dernière est encore très marginale à la fin des années 1990 avec seulement une douzaine d'exploitations et une soixantaine d'hectares certifiés (0,2 % des surfaces).

## Sols, biodiversité et paysages

Nous l'avons évoqué précédemment, le Sommet de la Terre de Rio a consacré la Convention sur la diversité biologique qui marque un véritable tournant dans le droit international. Celle-ci reconnaît, pour la première fois, la conservation de la biodiversité comme étant une "préoccupation commune à l'humanité" et une partie intégrante au processus de développement. Elle s'est traduite en Europe par la création d'un vaste réseau de sites écologiques protégés nommé Natura 2000, mis en place en application des directives "Oiseaux" et "Habitats".



Par contre, à cette époque, les paysages ne font l'objet d'aucun texte réglementaire de portée internationale ou européenne. En France, la politique des paysages passe sous la tutelle du ministère de l'environnement en 1995, qui se charge d'appliquer la loi paysages de 1993 visant leur protection et leur gestion.

En Champagne, ces deux thématiques restent en arrière-plan durant les 1990. Cependant, on note une forte préoccupation pour la gestion des sols.

Le rythme des plantations nouvelles ralentit. Le vignoble continue néanmoins à s'étendre lentement durant la décennie pour passer de 29 600 à 31 500 hectares (+6 %). Les travaux d'aménagement hydraulique se poursuivent activement durant toute cette période. A la fin des années 1990, on estime ainsi qu'environ le tiers des périmètres les plus sensibles à l'érosion a fait l'objet d'équipements (soit plus de 15 % de la totalité des surfaces du vignoble).

Les pratiques de fertilisation évoluent. En 1991, la Directive "nitrates" impose aux Etats membres

de lutter activement contre la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. En France, elle aura pour conséquence la mise en place de programmes d'actions successifs, dont le premier s'appliquera à la viticulture en 1997. En Champagne, cette évolution réglementaire est bien anticipée. La naissance du guide pratique en 1990 puis le lancement dès 1991 du programme Vitisol contribuent à promouvoir la fertilisation raisonnée du vignoble. Les quantités d'éléments fertilisants apportés par les engrais et amendements commencent à baisser. D'après nos estimations, la quantité totale d'azote contenue dans les produits épandus chute ainsi de 30 % par comparaison avec la décennie précédente (figure 4 en annexe).



L'emploi des composts urbains est interdit par le CIVC en 1997 puis par l'INAO en 1999. Ces produits sont immédiatement remplacés par des amendements organiques composés de broyats d'écorces, expérimentés avec succès depuis déjà plus de 10 ans dans le vignoble champenois.

Les pratiques de désherbage se modifient parallèlement. Les herbicides appartenant à la famille des triazines sont confrontés depuis les années 1980 au développement d'une flore résistante. On apprendra par la suite qu'ils sont retrouvés à l'état de traces dans les eaux superficielles et souterraines. Dès 1991, la Champagne sera la première région viticole française à déconseiller leur emploi devant ainsi leur interdiction ultérieure. Le diuron, également retrouvé dans les eaux, verra lui aussi son usage fortement limité. Le recours à ces différentes spécialités sera réduit de 60 à 80 % à la fin des années 1990. Dans la seconde partie de la décennie, la totalité des herbicides employés chutera de 5 à 10 %, indiquant un début d'évolution dans les usages. La pharmacopée se réduit peu à peu, en même temps que les spectres d'efficacité des produits.

Pour y remédier, l'interprofession préconise l'alternance des substances actives dans l'espace et dans le temps plutôt que leur association systématique en mélanges, solution qui, à l'époque, a la préférence des forces commerciales... L'expérimentation d'alternatives au désherbage chimique se développe. Le désherbage thermique se révèle rapidement contraignant, coûteux, énergivore et finalement peu écologique. Les essais d'enherbement du vignoble se poursuivent activement et la cartographie d'aptitude des sols à l'enherbement est mise chantier en 1996.

Le désherbage mécanique est entrepris chez les vignerons pratiquant la viticulture biologique ainsi que chez les réfractaires historiques au désherbage chimique. Chez les autres producteurs, il reste le plus souvent limité à l'entretien des par-

celles en premières et deuxième feuilles.

À la fin des années 1990, on estime que 90 % du vignoble est entretenu exclusivement par désherbage chimique. Le désherbage mécanique et l'enherbement des vignes se développent timidement chez quelques pionniers, souvent en complément de l'usage d'herbicides. Ces derniers sont encore appliqués sur 95 % des surfaces (figure 1). Seul un quart des fourrières est à l'époque enherbé.

Les nombreuses études réalisées dans le cadre du programme Viti 2000 commencent à porter leurs fruits. Elles démontrent sans ambiguïté qu'une culture raisonnée de la vigne, soucieuse de recourir avec davantage de parcimonie aux produits phytosanitaires, est parfaitement compatible avec la sauvegarde de la biodiversité et de la fonctionnalité biologique des sols. Les pratiques culturales augmentant le statut organique des sols sont favorables, contrairement aux apports excessifs de cuivre qui peuvent dans certains cas entraîner un effet dépressif. Ces résultats conduiront notre profession à réduire volontairement l'utilisation de cet élément (et le législateur à en limiter les doses en viticulture biologique).

## Protection du vignoble

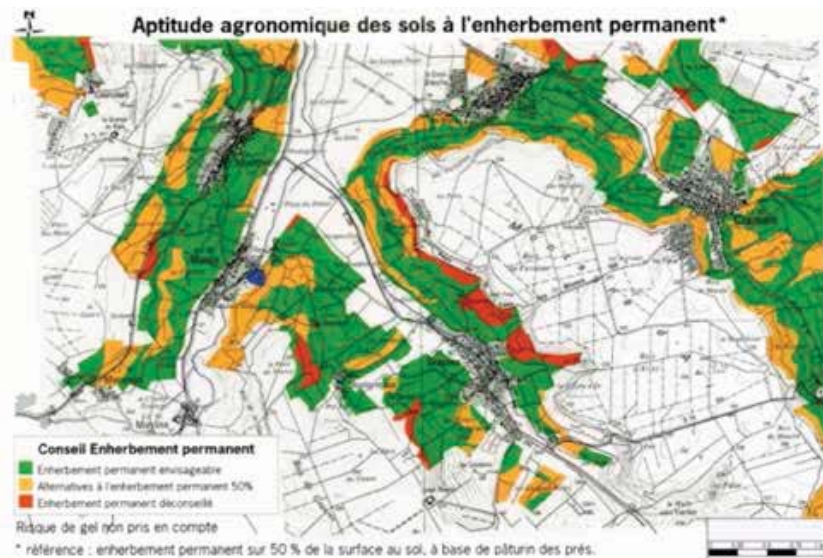
Les années 1990 constituent un virage important, qui porte autant sur les stratégies phytosanitaires

que sur la nature des produits et les conditions dans lesquelles ils sont utilisés.

Tout d'abord, en 1991, l'Union européenne harmonise les procédures d'autorisation des produits phytosanitaires afin, entre autres, de mieux protéger la santé humaine et l'environnement (Directive 91/414/CEE). Les critères d'évaluation se durcissent.

Toutes les molécules, nouvelles comme anciennes, sont concernées. Entrée en vigueur en 1993, cette réglementation s'appliquera à près d'un millier de substances actives dont plus des deux tiers seront retirées du marché, ce qui permettra d'améliorer très significativement le profil toxicologique et éco-toxicologique des produits.

Parallèlement à ce programme se développent à la fois les outils et les réseaux de protection raisonnée des cultures. En Champagne, le réseau de 35 stations météorologiques automatiques est mis en place entre 1992 et 1994.





# Environnement

Les modèles épidémiologiques se perfectionnent et les seuils de nuisibilité des ravageurs sont précisés. De nouvelles techniques de lutte comme la confusion sexuelle sont expérimentées entre 1990 et 1993. Tous ces outils sont d'abord évalués sur des parcelles expérimentales, puis à grande échelle dans le vignoble. Le réseau Magister voit le jour dès 1991. En 1993, après deux années de tests convainquants réalisés sur quatre puis cinq communes (Avize, Mareuil-le-Port, Verzenay, Vindey puis Charly-sur-Marne), un GIE est créé pour développer la protection raisonnée dans l'ensemble du vignoble.



La même année verra la constitution du réseau FARRE à l'échelon national.

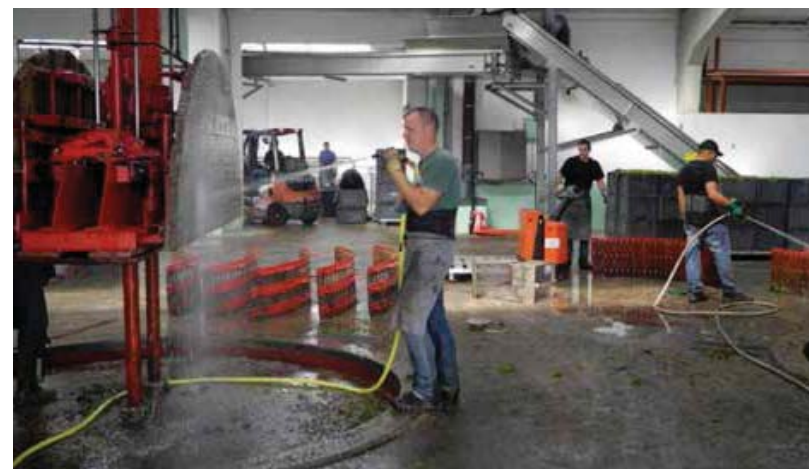
Les résultats suivent. Les quantités de fongicides appliquées chutent d'environ 15 % entre 1996 et 2000. Les doses de cuivre sont en repli de plus de 30 % durant la décennie : elles passent de 3 à 2 kg/ha/an en moyenne. Les surfaces protégées par confusion sexuelle atteignent 4 660 hectares en 1999 (soit 15 % du vignoble). Les typhlodromes recolonisent progressivement les vignes et les interventions ciblant les ravageurs prennent davantage en compte les seuils d'intervention proposés. En

conséquence, la famille des insecticides-acaricides est en retrait de 30 % sur la même période.

À la fin des années 1990, on estime que le vignoble est protégé de la manière suivante : 70 % en lutte traditionnelle, 15 % en lutte dirigée et 15 % en protection raisonnée (ou intégrée), c'est-à-dire combinant à la fois des moyens culturels et biologiques, la préservation des équilibres naturels, le respect de seuils d'intervention et le recours préférentiel aux produits à plus faible impact écologique (figure 2).

Toutefois, cette embellie doit être tempérée par les médiocres conditions de mise en œuvre des produits (stockage, préparation des bouillies, application, nettoyage des appareils, élimination des effluents et déchets, protection des opérateurs) qui restent une vraie faiblesse de la profession. Des essais entrepris au milieu des années 1990 révèlent même que 70 % des pulvérisateurs donnent des résultats insuffisants dans les conditions de la pratique.

Autres exemples provenant d'une enquête menée en 1998, les effluents phytosanitaires sont encore majoritairement rejetés dans les milieux naturels, les emballages vides sont généralement brûlés ou, au mieux, gérés dans le circuit des déchets ménagers et plus des trois quarts des vignerons ne se protègent pas lors des différentes phases de manipulation des produits !



## Effluents, sous-produits et déchets

Nous venons de le voir, les conditions de gestion des effluents et des déchets phytosanitaires demeurent très imparfaites à la fin des années 1990.

En revanche, des progrès très significatifs sont enregistrés durant la décennie en matière de traitement des effluents vinicoles (eaux de lavage des pressoirs et cuveries).

Le challenge est considérable : il s'agit d'équiper plus de 2000 centres de pressurage et/ou de vinification en systèmes d'épuration. En 1999, le taux moyen de traitement atteint environ 40 % pour l'ensemble de la Champagne, ce qui fait de notre vignoble l'un des plus avancés dans ce domaine (figure 3 en annexe). C'est une belle progression mais elle demeure toutefois insuffisante

au regard des évolutions réglementaires. En effet, la loi sur l'eau de 1992 et l'intégration en 1993 des établissements vinicoles dans la législation sur les ICPE (Installations classées pour la Protection de l'Environnement) impose à tous des obligations en matière d'épuration. Il va donc falloir étoffer le conseil et accélérer le rythme des investissements. D'autant qu'un événement totalement imprévu intervient lors de la vendange 1999 avec la pollution organique de la rivière Marne. Il en découlera une collaboration renforcée entre le CIVC et l'Agence de l'eau et la mise en place de deux plans d'actions consécutifs dans les années 2000 (voir plus loin).



# Environnement

Peu de changement en revanche durant la décennie pour la valorisation des sous-produits vinicoles qui sont quasi intégralement gérés en distillerie. A noter toutefois une plus grande diversification des voies de valorisation qui ne se limitent plus uniquement à la production d'alcool.

La prise en charge des déchets évolue quant à elle fortement durant les années 1990. Les politiques communautaires et nationales se développent autour du principe de responsabilité élargie des producteurs, qui découle lui-même du principe "pollueur-payeur". L'objectif des pouvoirs publics est de mettre en place des filières de collecte sélective et de valorisation des déchets financées par les metteurs en marché des produits.

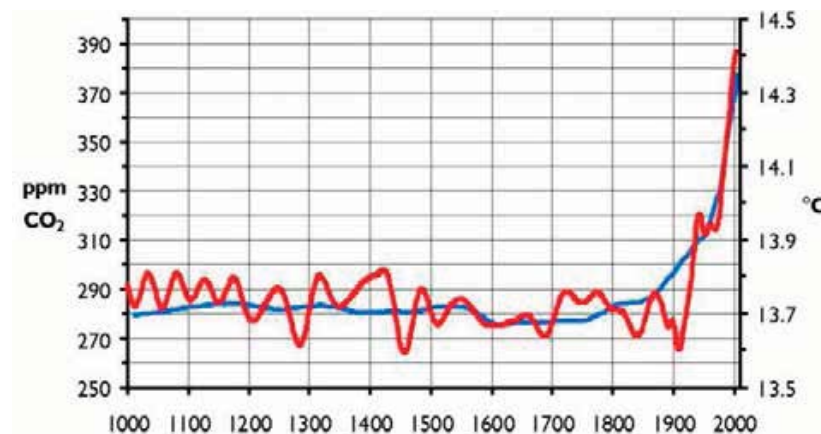
Progressivement, de nouvelles solutions sont ainsi offertes pour améliorer la gestion des déchets. Les

producteurs champenois sont doublement concernés par cette évolution :

- la valorisation matière ou énergie des déchets générés sur les exploitations progresse. Son taux approche 75 % à la fin des années 1990,
- dans le même temps, les opérateurs champenois ont l'obligation de pourvoir à l'élimination des emballages qu'ils mettent sur le marché. Dans la pratique, ils versent une cotisation financière à une société agréée par les pouvoirs publics (en France, Adelphe pour le secteur des vins et spiritueux) qui apporte son soutien aux collectivités locales ou à leurs prestataires pour la collecte et le traitement des emballages ménagers.

## Energie et climat

Le prix du pétrole restera relativement stable et bas durant toute la décennie 1990, à un niveau proche de celui de la fin des années 1980 (figure 5 en annexe). La consomma-



Evolution durant le dernier millénaire des concentrations de l'atmosphère en gaz carbonique (en bleu) et des températures moyennes mondiales (en rouge).

tion mondiale repart à la hausse, après une chute durant la décennie précédente. Pendant ce temps, les gaz à effet de serre (GES) continuent de s'accumuler dans l'atmosphère. Ainsi, la concentration de l'air en CO<sub>2</sub> approche 370 ppm à la fin des années 1990 alors que cette teneur est restée pratiquement constante à 280 ppm pendant la dizaine de milliers d'années qui a précédé la révolution industrielle. La progression est en moyenne de l'ordre de 1,5 ppm par an durant la décennie 1990.

Conséquence attendue et constatée : la hausse des températures moyennes à la surface du globe, avec l'enregistrement d'anomalies qui se confirment d'années en années.

Face à ces évolutions, nous avons vu que la gouvernance mondiale se met progressivement en place. La convention-cadre signée à Rio en 1992 constitue la pièce maîtresse

de la lutte contre les changements climatiques. Son objectif est ambitieux : stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Ces premiers engagements internationaux seront renforcés cinq ans plus tard par le protocole de Kyoto. Ce traité, signé en 1997 dans le cadre de la CCNUCC, vise une réduction de 5,2 % des émissions mondiales de GES sur la période 2008-2012 par rapport au niveau de 1990.



Entre-temps, le GIEC publiera en 1995 son second rapport confirmant la responsabilité humaine



# Environnement

dans les changements climatiques et la nécessité d'une action préventive en application du principe de précaution.

En France et en Champagne, on observe que les températures moyennes augmentent rapidement à partir de la fin des années 1980. Curieusement, de nombreuses courbes voient leur tendance s'inverser dans notre vignoble à partir de cette période : le cycle végétatif de la vigne et les dates de vendanges évoluent vers davantage de précocité, la richesse en sucre des raisins s'accroît et leur acidité diminue.

## Les années 2000 : la poursuite des programmes de recherche et le développement à grande échelle de pratiques et de comportements plus responsables

### Gouvernance et systèmes de production

Faisant suite à la conférence de Rio en 1992, le sommet mondial sur le développement durable de 2002 à Johannesburg est jugé décevant. En effet, le plan d'action proposé comprend davantage d'intentions que d'objectifs précis et contraints.

Le sommet contribue toutefois à l'essor du concept de responsabilité sociétale des entreprises (RSE), censé traduire leur engagement dans le développement durable. Les contextes internationaux (Global Reporting Initiative, Global Compact des Nations Unies, principes directeurs de l'OCDE, livre vert sur la responsabilité sociale des entreprises) et nationaux (loi NRE, lois Grenelle 1 et 2) évoluent progressivement sur cette question.

En 2010, la norme ISO 26000 deviendra le principal cadre international reconnu permettant aux entreprises et organisations de mettre en œuvre concrètement les principes de responsabilité sociétale et de développement durable.

En Europe, la décennie est marquée par deux textes extrêmement importants en matière d'environnement et de santé :

- la Directive-cadre sur l'eau de 2000 impose une politique communautaire globale dans le domaine de l'eau. Elle fixe comme objectif l'atteinte du bon état écologique des milieux sur tout le territoire européen en 2015,
- le règlement REACH entre quant à lui en vigueur en 2007 dans le but de sécuriser la fabrication et l'utilisation des substances chimiques dans l'industrie européenne. Il s'agit de recenser, d'évaluer et de contrôler toutes les substances chimiques, y compris naturelles, mises sur le marché européen. Ainsi, d'ici 2018, plus de 30 000 substances seront connues et leurs

risques potentiels établis (les produits phytosanitaires font quant à eux l'objet d'une réglementation spécifique et plus ancienne).

En 2009, les réglementations européennes et nationales relatives à l'agriculture biologique sont abrogées et remplacées par un nouveau règlement, datant de 2007, qui réaffirme les grands principes de l'agriculture biologique.



Dans le domaine du vin, un règlement complémentaire permettra en 2012 aux producteurs d'apposer la mention "vin biologique" sur leurs étiquettes, en compagnie du logo européen.

En France, l'événement le plus marquant de la décennie est probablement la promulgation de la Charte de l'environnement en 2005. Le droit à l'environnement devient une liberté fondamentale de valeur constitutionnelle au même niveau que les droits de l'Homme et du Citoyen ou que les droits économiques et sociaux. Les trois piliers du déve-

loppement durable, social, économie et environnement sont ainsi réunis dans le pacte républicain.

Dans le domaine de la production agricole, l'agriculture raisonnée fait l'objet d'un encadrement réglementaire en 2002. Un référentiel et un système de qualification des exploitations sont proposés et l'emploi du qualificatif "agriculture raisonnée" est strictement réservé à ces exploitations. A l'époque, l'objectif des pouvoirs publics apparaît extrêmement ambitieux et même irréaliste : 30 % d'exploitations agricoles qualifiées en 2008 ! Dix ans après, le score est sans appel : 0,3 % des exploitations sont qualifiées, soit 100 fois moins que l'objectif initial... La loi Grenelle 1 prend le relais en 2009. Un système de certification des exploitations est proposé avec trois niveaux, le plus élevé permettant l'utilisation par les exploitants de la mention "haute valeur environnementale" (HVE). Les objectifs sont encore plus démesurés que pour l'agriculture raisonnée : 50 % d'exploitations engagées en 2012 ! A l'arrivée, une poignée d'exploitations certifiées, un mouvement qui devrait rester très limité et une interrogation des parties prenantes sur l'efficacité du système... L'objectif des lois Grenelle en matière de développement de l'agriculture biologique apparaît lui aussi très difficile à atteindre : 6 % des surfaces en



2012, 20 % en 2020. Fin 2011, 3,5 % des surfaces sont certifiées en agriculture biologique dans notre pays. La loi d'avenir pour l'agriculture, qui sera soumise au parlement au second semestre 2013 devrait prévoir un objectif de doublement des surfaces à l'horizon 2017.

En Champagne, le ton est donné dès le début des années 2000. Les démarches de protection de l'environnement n'ont de sens que si elles emportent l'adhésion du plus grand nombre. Par conséquent, le pari est simple : sensibiliser et entraîner la très large majorité des opérateurs dans une dynamique d'amélioration continue de leurs pratiques et mesurer les progrès collectifs accomplis au sein de "l'entreprise Champagne".

Les démarches de certification "produit" ou "entreprise" (bio, agriculture raisonnée et aujourd'hui HVE, ISO 14001, certifications selon des cahiers des charges privés) sont bien sûr souhaitables mais elles ne sont pas jugées prioritaires car lourdes d'un point de vue administratif, coûteuses, inadaptées à la plupart des structures atomisées de notre vignoble et difficilement valorisables économiquement aux échelles individuelles (Le Vigneron Champenois n° 5 de mai 2012, p. 67).

Dès 2001, l'objectif est donc clairement affiché : développer conjointement la viticulture raisonnée (rebaptisée viticulture durable en 2009) et la viticulture biologique pour une Champagne 100 % écolo-

gique. Démagogique aux yeux de certains, ce slogan a pourtant le mérite de mettre sur le devant de la scène l'ambition collective.

Dix ans après, la viticulture biologique est encore très marginale mais elle suscite l'intérêt d'un nombre croissant de producteurs : les surfaces certifiées sont multipliées par cinq et représentent 1 % du potentiel de production. Le taux d'engagement des opérateurs champenois dans la démarche de viticulture durable n'est pas précisément connu puisque cette initiative est volontaire et qu'elle ne fait pas l'objet de contrôles. Toutefois, on estime qu'environ le quart du volume d'activité de la Champagne est certifié ISO 14001 à la fin des années 2000.

Et de nombreux indicateurs illustrent les progrès spectaculaires obtenus dans bien des domaines à l'échelle collective, comme nous le verrons par la suite.

## Sols, biodiversité et paysages

Si la protection de l'eau et de l'air sont toutes deux encadrées par des directives européennes, ce n'est toujours pas le cas pour les sols.

Pourtant, la commission européenne publiera en 2006 une stratégie thématique sur la protection des sols qui inspirera l'élaboration d'une directive-cadre. Très controversée et rencontrant l'opposition de certains Etats-membres dont la France, cette "directive sols" n'est toujours pas adoptée. Par consé-

quent, il n'existe aucun texte spécifiquement consacré à la protection des sols. Cet enjeu est traité dans les réglementations nationales ou européennes consacrées aux installations classées, à l'eau, l'air, les déchets, les matières fertilisantes ou les produits phytosanitaires.

En Champagne, les années 2000 voient le vignoble poursuivre son expansion. Les surfaces plantées atteignent 34 160 hectares en 2010 (soit une augmentation de 9 % en dix ans). La quasi totalité de l'aire d'appellation est désormais plantée.

La préservation des sols constitue toujours une préoccupation majeure des vignerons et des maisons. On ne remonte plus la terre à la hotte mais on continue d'aménager le vignoble. Durant la décennie, 150 projets répartis sur une centaine de communes voient le jour. Plus de 70 millions d'euros sont ainsi investis dans les ouvrages hydrauliques du vignoble.



On estime désormais que la moitié environ des surfaces les plus sensibles à l'érosion est aménagée, ce qui représente approximativement 25 % de l'aire d'appellation.

Parallèlement à ces gros travaux, les techniques d'entretien du sol poursuivent leur évolution et se diversifient dans la dynamique du plan eau impulsée en 2005 par la profession (figure 1). A la fin des années 2000, le désherbage chimique exclusif ne représente plus que 70 % des surfaces, contre 90 % dix ans auparavant.



Désherbage mécanique et enherbement des vignes progressent lentement, avec ou sans recours aux herbicides qui voient leur utilisation chuter assez sensiblement en tonnage (- 30 % durant la décennie et - 40 % en 15 ans) (figure 6 en annexe). L'enherbement des contours des parcelles s'améliore également (75 % à la fin des années 2000).

Un changement de comportement assez rapide s'opère en matière de désinfection des sols après arrachage des vignes. La désinfection systématique des sols est fortement déconseillée à la fin des années 1990 et il est par contre préconisé

# Environnement

de dévitaliser les ceps dans les parcelles atteintes par la maladie du court-noué. Le taux de parcelles désinfectées va alors décroître fortement et devenir nul à la fin de la décennie avec l'interdiction d'utilisation des produits qui, au final, aura bien été anticipée (figure 7 en annexe).

La baisse amorcée dans les années 1990 se poursuit également pour les matières fertilisantes (figure 4). La comparaison de la décennie 1980 et des années 2000 montre des réductions parfois spectaculaires : les quantités d'azote et de magnésium sont divisées par deux, les apports de potasse par quatre et la fertilisation phosphatée par dix ! En revanche, les épandages de matières organiques sont assez stables. Avec 2 t/ha, les quantités moyennes appliquées dans les années 2000 sont assez proches des besoins des sols et en repli de 20 % par rapport à la moyenne un peu excessive des deux décennies précédentes.

En matière de biodiversité, la situation continue de se dégrader au niveau mondial en dépit des engagements pris par l'Union européenne et par la communauté internationale. En France, la convention de Rio sur la diversité biologique, ratifiée par notre pays en 1994, ne sera concrétisée qu'en 2004 par la stratégie nationale pour la biodiversité. Les objectifs des plans d'action, élaborés pour la plupart entre 2005 et 2006, puis réactualisés en 2009 pour intégrer les engagements du Grenelle de l'environnement ne

seront pas atteints, pas plus d'ailleurs que ceux fixés aux niveaux européen et international.

En effet, la communauté internationale constate l'érosion "à un rythme sans précédent" de la biodiversité et admet l'échec des promesses de Johannesburg. Elle consacrera 2010 comme l'année internationale de la biodiversité, dont l'événement majeur sera la Conférence de Nagoya au Japon.



Il en découlera un plan stratégique à l'horizon 2020 (Les objectifs d'Aichi), décliné aux niveaux européen et français (Stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020). Désormais, les politiques publiques ne privilégient plus seulement la protection des espèces menacées et des milieux naturels remarquables. L'Etat s'engage également à préserver le bon fonctionnement d'écosystèmes plus communs, assurant de nombreux services utiles (comme par exemple le pouvoir épurateur des sols ou la pollinisation des cultures).

Sauf exceptions (communes de Chartèves par exemple), le vignoble champenois est peu concerné par

la problématique de préservation d'espèces ou d'habitats protégés. Par conséquent, les actions se concentrent sur les relations entre la biodiversité ordinaire et les services éco-systémiques qu'on peut en attendre.

Les mesures d'activités biologiques dans les sols se poursuivent activement durant les années 2000. Elles confirment globalement la bonne santé de nos sols, contrairement aux rumeurs véhiculées parfois dans les médias.

Un conservatoire génétique est également mis en place au début des années 2000 sur le domaine expérimental du CIVC, afin de maintenir une variabilité génétique et phénotypique des cépages champenois et de pouvoir exploiter à terme ce potentiel au profit de la viticulture.



Le programme BIODIV voit le jour en 2005. Il s'agit, dans un objectif à la fois esthétique et fonctionnel (équilibre de l'agrosystème, réduction des intrants, lutte contre le ruissellement, l'érosion et toutes formes de transferts), de restaurer les éléments naturels du paysage dans l'environnement immédiat des parcelles de vigne.

Plus largement, la question des paysages connaît un nouvel élan en 2000 avec l'adoption à Florence de la Convention européenne du paysage par le Conseil de l'Europe. Premier traité international dédié à cette thématique, il entre en vigueur en France en 2006 et a pour objectif la protection, la gestion et l'aménagement de l'ensemble du territoire et pas seulement des paysages exceptionnels.



Par son champ d'application plus large, il vient compléter les conventions patrimoniales du Conseil de l'Europe et de l'Unesco.

C'est à cette période que naît l'idée d'un classement de la Champagne au patrimoine mondial de l'humanité. L'association "Paysages du Champagne" voit le jour en 2007.



# Environnement

Après quelques années de maturation du projet, il est décidé de proposer la candidature des "Coteaux, Maisons et Caves de Champagne" au titre de paysage culturel. La convention de l'Unesco reconnaît en effet l'interaction de l'être humain avec son milieu naturel et le besoin fondamental de préserver l'équilibre entre patrimoine naturel et culturel. Il s'agit par conséquent de démontrer la Valeur Universelle Exceptionnelle (VUE) des espaces de naissance, de production et de diffusion du champagne, devenu au fil du temps le modèle et la référence mondiale des vins effervescents, puis de défendre et de protéger ce bien. L'inscription au patrimoine mondial de l'Unesco constitue également un encouragement au niveau local à poursuivre les efforts collectifs pour préserver et valoriser les paysages viticoles et adopter des pratiques de développement durable (programme AGIR).



Déposée en fin d'année 2012, la candidature champenoise est désormais pressentie pour une sélection par l'Etat français en janvier 2014. Le classement est espéré en juillet 2015.

## Protection du vignoble

Comme espéré et attendu, des progrès sensibles sont obtenus en matière de protection raisonnée du vignoble. Mais comme redouté, l'évolution est lente et parfois laborieuse car elle se heurte au poids des habitudes et à la crainte du changement, malgré la montée en puissance des réseaux d'accompagnement qui se sont étoffés et diversifiés.



Les évolutions portent sur les stratégies de traitement, les méthodes de protection, le profil des produits utilisés et les modalités de mise en oeuvre de ces produits.

A la fin des années 2000, on estime que le vignoble est protégé selon trois stratégies d'importance à peu près équivalente en surface : un tiers en lutte traditionnelle, un tiers en lutte dirigée et un tiers en protection raisonnée (figure 2).

Les quantités de produits appliquées continuent de baisser. Malgré les difficultés d'ordre climatique rencontrées dans le milieu des années 2000, les fongicides diminuent respectivement de 35 et 50 % en 10 et 15 ans. Les doses de cuivre sont stabilisées autour d'une moyenne de 2 kg/ha/an (le cuivre demeure conseillé car c'est une alternative aux fongicides de synthèse agissant par contact et les données relatives à la fertilité biologique des sols sont positives).

Quant aux insecticides, ils connaissent une chute spectaculaire approchant 95 % en 15 ans (figure 6) ! Certaines méthodes alternatives comme la confusion sexuelle n'y sont pas étrangères. La Champagne devient la région leader pour le développement de cette technique : les surfaces atteignent près de 13 000 hectares en 2013, soit presque 40 % de la totalité de l'aire d'appellation et plus de 50 % des surfaces justifiant un traitement (figure 8 en annexe).



La dangerosité des produits régresse dans le même temps. A titre d'exemple, les substances classées toxiques et très toxiques voient leur utilisation baisser respectivement de 83 et 99 % durant la décennie (figure 9 en annexe).

Les progrès concernent enfin les conditions d'utilisation des produits : stockage des spécialités, préparation des bouillies, respect de zones non traitées, lavage des appareils en fin d'intervention, traitement des effluents phytosanitaires et protection des opérateurs connaissent une évolution favorable. La principale faiblesse reste cependant le manque de maîtrise de la pulvérisation, susceptible d'altérer simultanément la qualité de protection et celle des milieux naturels.



# Environnement

La réglementation continue de se durcir en fin de décennie avec l'adoption en 2009 du "paquet pesticides" au niveau européen. Cet ensemble de nouveaux textes vise à réduire encore davantage les risques pour la santé et l'environnement liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Les critères d'approbation des substances actives et des produits de formulation sont renforcés et les produits les plus dangereux sont interdits.

Les Etats membres sont invités à mettre en place des plans d'action : objectifs chiffrés de réduction des pesticides, promotion de méthodes de lutte alternatives, formation obligatoire des applicateurs, distributeurs et conseillers, inspection régulière des matériels d'application, interdiction des traitements aériens.

En France, l'essentiel de ces mesures sera repris dans les lois Grenelle 1 et 2 en 2009 et 2010, au travers du plan Ecophyto.



En Champagne, cette évolution réglementaire sera correctement anticipée, notamment en matière de traitements aériens. Les surfaces protégées baissent sensiblement à partir du milieu des années 2000 et la profession s'engage dans un plan d'action visant l'arrêt des traitements aériens en 2014 (figure 10 en annexe).

Cinquante ans après leur début, c'est un chapitre entier de l'histoire de la Champagne qui se referme...



## Effluents, sous-produits et déchets

Le traitement des effluents vinicoles est l'une des priorités de la profession durant la décennie. Le taux d'équipement en installations d'épuration progresse grâce au soutien actif de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, engagée aux côtés du CIVC à travers la signature de deux contrats successifs (2001-2006 et 2007-2012).



Plus de 45 millions d'euros sont ainsi investis pendant cette période, permettant d'atteindre un taux d'épuration légèrement supérieur à 98 % lors des vendanges 2012. A partir de 2013, la prise en charge des effluents vinicoles est rendue obligatoire pour tous les centres de pressurage par le décret d'appellation.



En ce qui concerne les sous-produits vinicoles, la réforme en 2008 de l'Organisation Commune du Marché "Vins" rend toujours obligatoire leur élimination mais laisse aux Etats membres le choix de la méthode. En France, le dispositif réglementaire est resté pour le moment inchangé : sauf exception, les producteurs sont soumis à l'obligation de livrer en distillerie les marcs de raisins et les lies de vin.



Par contre, les aides européennes à la distillation des sous-produits sont supprimées et prises en charge par la France à un montant inférieur. Il devient donc indispensable d'optimiser la valorisation des sous-produits pour réduire les coûts liés à la mobilisation de cette biomasse. Déjà engagée depuis quelques années, la diversification des formes de valorisation s'accélère : production d'énergie renouvelable, de composts ou de substances potentiellement utilisables dans les domaines de l'agroalimentaire, de la cosmétique, de la santé humaine ou de l'alimentation animale.

La gestion des déchets générés sur les exploitations connaît elle aussi une amélioration sensible qui peut être attribuée à la fois à une plus grande responsabilisation des professionnels et à l'apparition de nouvelles filières de valorisation (déchets phytosanitaires par exemple). D'après nos estimations, le taux moyen de valorisation de l'ensemble des déchets produits par notre filière passe de 75 à 90 % en 10 ans.

## Energie et climat

En 2007, le GIEC publie dans son 4<sup>e</sup> rapport des données scientifiques alarmantes, confirmant les principales conclusions de son 3<sup>e</sup> rapport d'évaluation diffusé en 2001. Faute de nouvelles mesures internationales pour limiter les émissions de GES, la température de la planète devrait s'élever de 1,8 à 4 °C supplémentaires au cours du 21<sup>e</sup>



# Environnement

siècle, alors qu'un réchauffement de plus de 2 °C est le seuil à partir duquel de graves conséquences sont redoutées par la communauté scientifique. Ces publications officielles, approuvées à l'unanimité par 192 pays, ne sont plus contestées aujourd'hui que par quelques "climato-sceptiques" isolés. Elles vaudront au GIEC de recevoir en 2007 le prix Nobel de la paix en compagnie d'Al Gore, l'ancien vice-président des Etats-Unis. Un an plus tôt, en 2006, le rapport Stern, publié par le ministère des finances britannique, met en évidence les implications économiques, sociales et environnementales du changement climatique. Il démontre que le coût de l'inaction sera à terme bien supérieur à celui de l'action pour l'ensemble de la société.

L'année 2012 clôture le protocole de Kyoto dont le bilan officiel ne devrait être connu qu'en 2014. Il semblerait que la plupart des pays développés membres du protocole aient respecté leurs objectifs, aidés

en cela par l'effondrement des pays de l'ex-union soviétique et le ralentissement économique lié à la crise financière. Mais dans le même temps, on assiste au doublement des émissions de GES provenant des pays en développement ! Leur soif d'énergie exerce une pression sur la ressource et participe à l'envolée des cours : le prix du pétrole est ainsi multiplié par cinq durant la décennie (figure 5). Au final, les émissions mondiales poursuivent leur progression et la concentration de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> continue de s'accroître à un rythme de 2 ppm par an, supérieur à ce qu'il était dans les années 1990. Le niveau de 390 ppm est atteint en 2011.

La gouvernance mondiale patine. Après l'échec de la conférence de Copenhague en 2009, la conférence de Doha organisée fin 2012 accouche d'un accord à minima.

Le protocole de Kyoto, seul pacte international juridiquement contraignant, est prolongé sur la période



**La réduction de notre empreinte carbone réclame une optimisation de nos pratiques et des économies d'énergie dans les vignes et en caves...**

2012-2020. Mais la Russie, le Japon et le Canada quittent le navire et rejoignent les Etats-Unis qui n'ont jamais ratifié le protocole au prétexte que les pays émergents ne sont pas engagés.

L'Europe, accompagnée de quelques autres nations s'engage à réduire ses émissions de 20 % en 2020 (par rapport au niveau de 1990). Mais l'ensemble des économies concernées par ces nouveaux objectifs ne représentent que 15 % des émissions mondiales de GES. Seule leur d'espoir, un échéancier est établi pour conclure un nouveau traité mondial en 2015, applicable en 2020...

En Champagne, les températures moyennes continuent de grimper. En 30 ans, on enregistre une éléva-

tion proche de 1,3 °C sur la station d'Epernay. Les vendanges sont de plus en plus précoces. Depuis le début des années 2000, elles débutent à trois reprises en août : en 2003, 2007 et 2011. Du jamais vu !

Dès 2003, la Champagne devient la première région viticole au monde à calculer son empreinte carbone.

Un plan carbone, visant à réduire simultanément la dépendance énergétique de notre filière et nos émissions de GES est mis en place en 2005. Le bilan carbone, renouvelé en 2010, indique une stabilisation des émissions de GES et même une diminution de l'intensité carbone de notre filière car son volume d'activité s'est accru depuis 2003. Un nouveau bilan est programmé en 2015 afin de suivre notre progression.





... mais de nombreuses autres pistes existent. Elles concernent notamment les transports et surtout la mise en place progressive d'une politique d'achat responsable des biens et services achetés qui représentent plus de la moitié de l'empreinte écologique de notre filière. La chimie verte pourrait nous offrir demain des intrants "biosourcés" issus de ressources renouvelables en remplacement des produits actuels provenant de ressources fossiles. C'est l'objectif du programme ANAXAGORE, mis en place conjointement par le CIVC et le pôle de compétitivité IAR.

Les objectifs sont fixés à moyen et long terme : réduire les émissions de 25 % en 2020 et de 75 % à l'horizon 2050, avec une étape intermédiaire autour de 50 % en 2035.

## 2010-2020 : vers une stratégie de développement durable ?

Voilà parcourues en quelques pages trois décennies de l'histoire de

notre vignoble, observées essentiellement sous le prisme des enjeux écologiques et mises en perspective avec les évolutions qui se sont produites aux échelles nationale et internationale.

La voie d'avenir semble tracée : concilier la protection et la mise en valeur de l'environnement, la performance économique et le progrès social dans une logique de développement durable.



De nombreux progrès restent à accomplir dans le domaine de l'environnement malgré les avancées très sensibles évoquées précédemment :

- évoluer vers davantage de sobriété, c'est-à-dire minimiser les consommations d'eau, d'énergie, d'intrants et de ressources naturelles,
- tendre vers un modèle d'économie circulaire en substituant progressivement les intrants d'origine fossile par des produits issus de ressources renouvelables et permettre à d'autres opérateurs économiques, si possible régionaux, de valoriser encore davantage nos flux sortants (effluents, sous-produits et déchets),

- valoriser nos paysages, protéger notre terroir et poursuivre les efforts pour préserver ou restaurer la biodiversité sauvage et domestique ainsi que les services écosystémiques qui lui sont associés,
- contribuer à lutter contre le changement climatique et s'y adapter.

D'un point de vue social, les enjeux sont également nombreux :

- proposer au consommateur des produits sains et de qualité,
- promouvoir une consommation responsable,
- entretenir des relations constructives avec l'ensemble des parties prenantes (clients, fournisseurs, partenaires économiques, salariés, pouvoirs publics, riverains et collectivités, associations...),
- protéger le patrimoine matériel et immatériel de l'appellation.

Cette approche éthique de la production est sans nul doute un passage obligé pour conforter l'image de notre produit et participer à la création de valeur, objectif prioritaire du projet Champagne 2030 en matière économique. Et cette démarche ne peut que renforcer la résilience de notre filière vis-à-vis des nombreux changements environnementaux et de société qui ne manqueront pas de se produire à l'avenir...

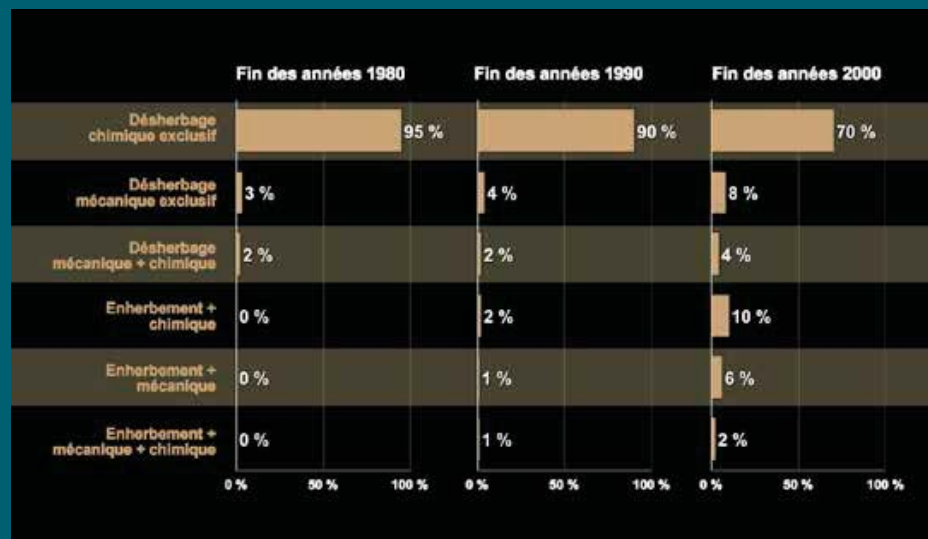


Figure 1. Evolution des stratégies d'entretien des sols (en % des surfaces).

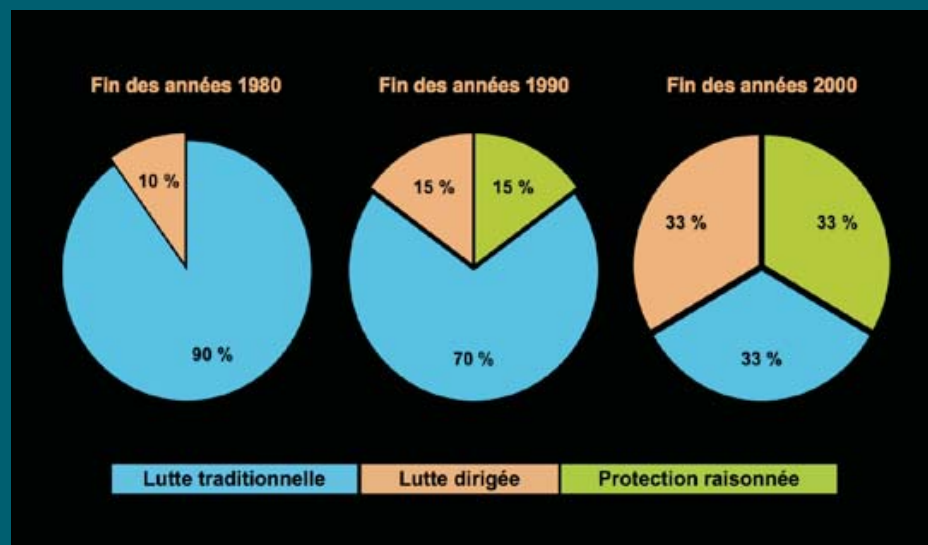


Figure 2. Evolution des stratégies de protection phytosanitaire (en % des surfaces).

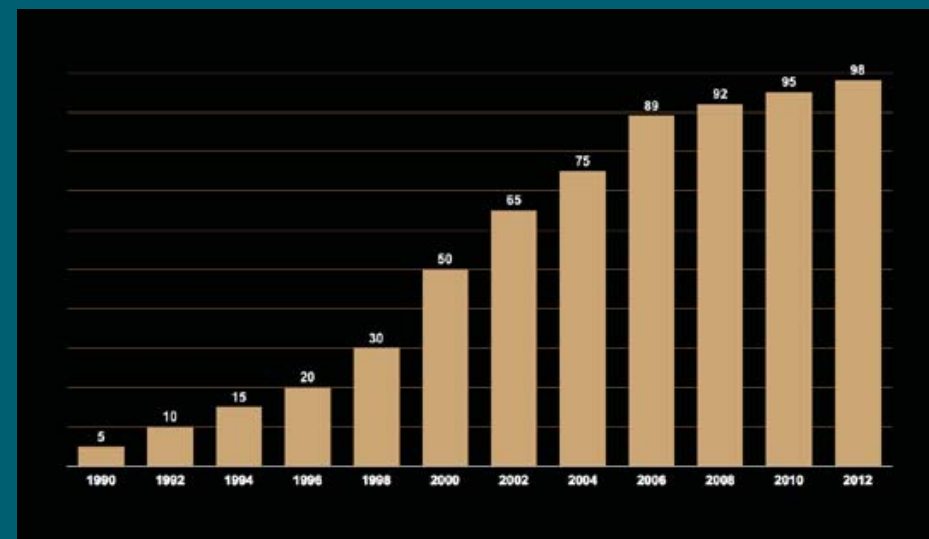


Figure 3. Evolution du taux d'épuration des effluents vinicoles (%).

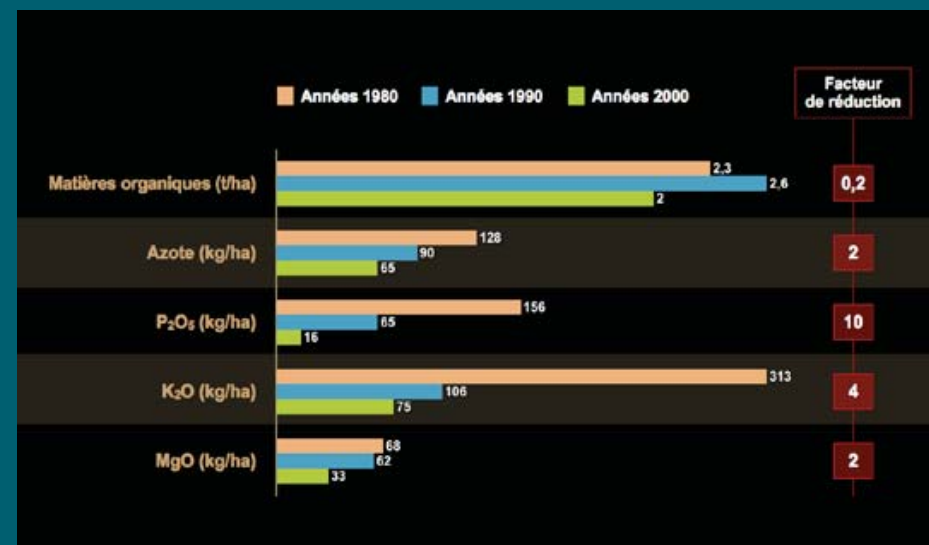


Figure 4. Evolution des doses d'apport de fertilisants.

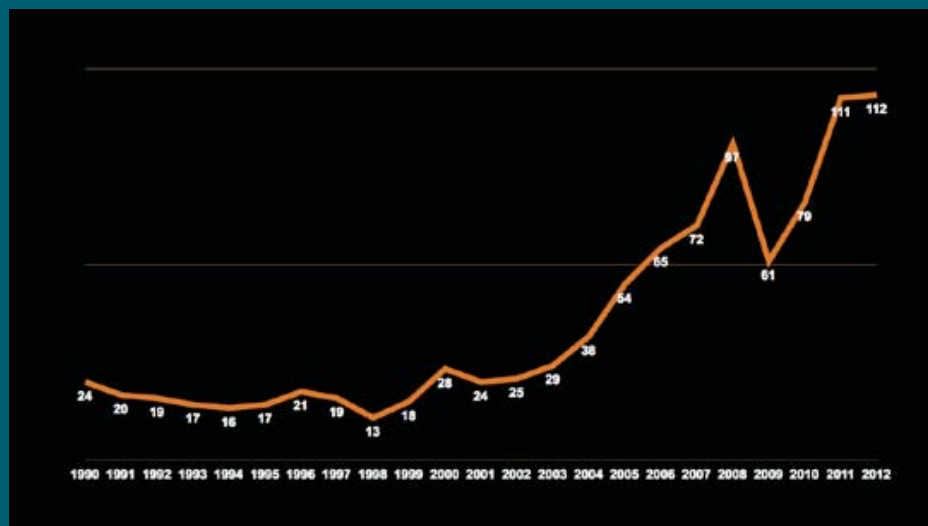


Figure 5. Historique du cours du Brent daté, en dollar par baril (source : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie d'après Reuters/DGEC).

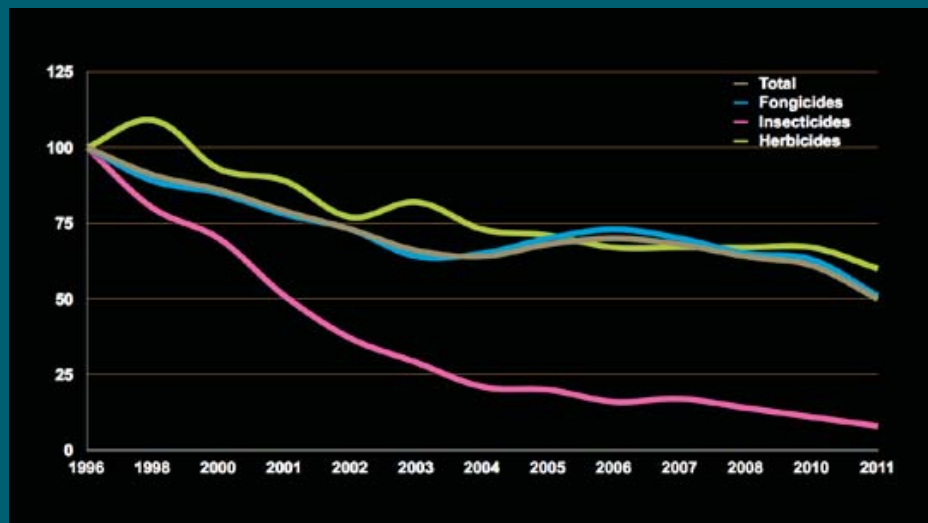


Figure 6. Evolution des quantités de produits phytosanitaires appliquées dans le vignoble en Champagne (moyennes mobiles triennales, base 100 en 1996).

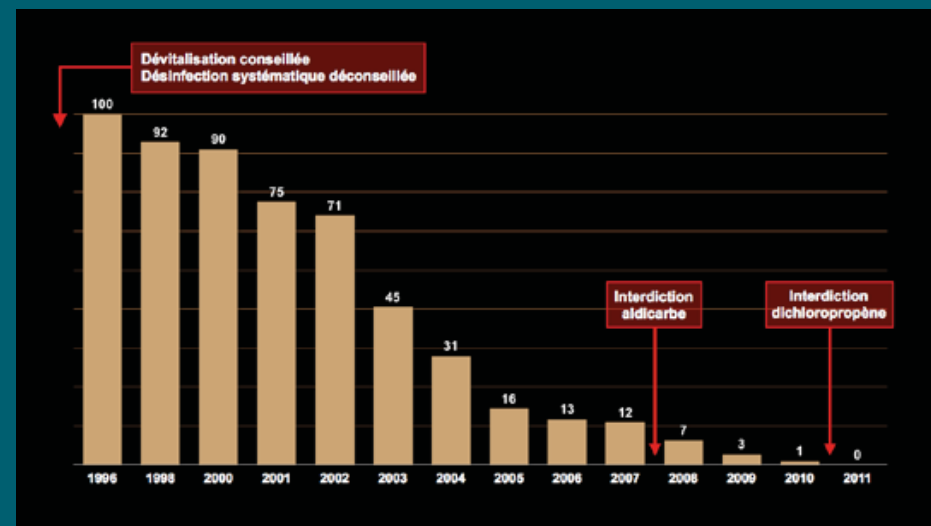


Figure 7. Evolution du taux de désinfection des sols après arrachage (%).

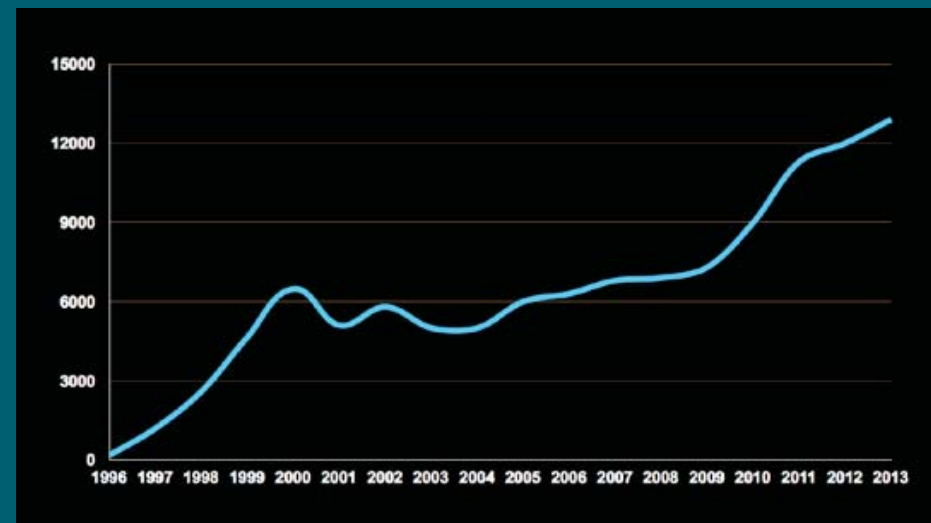


Figure 8. Evolution des surfaces protégées en confusion sexuelle (ha).

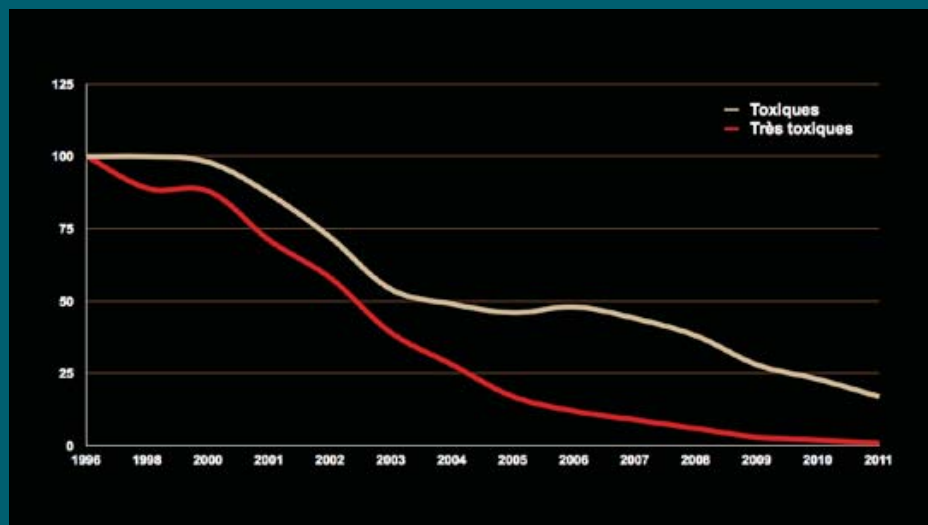


Figure 9. Evolution des quantités de produits phytosanitaires appliquées selon leur classement toxicologique (moyennes mobilières triennales, base 100 en 1996).

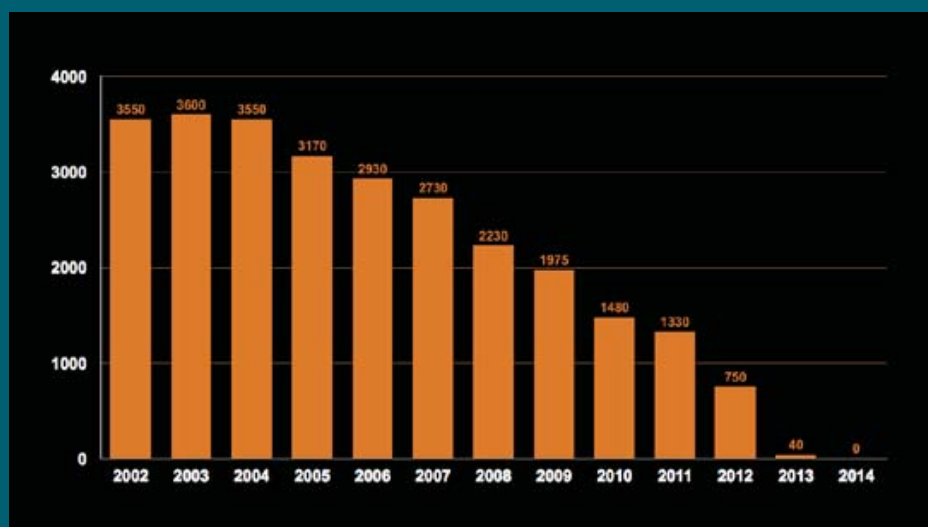


Figure 10. Evolution des surfaces traitées par voie aérienne (ha).

## **Annexe 4**

### **Vulgarisation professionnelle (posters & présentation)**



## **Annexe 4a**

### **Posters de vulgarisation présentant la biodiversité du sol et les lombriciens**

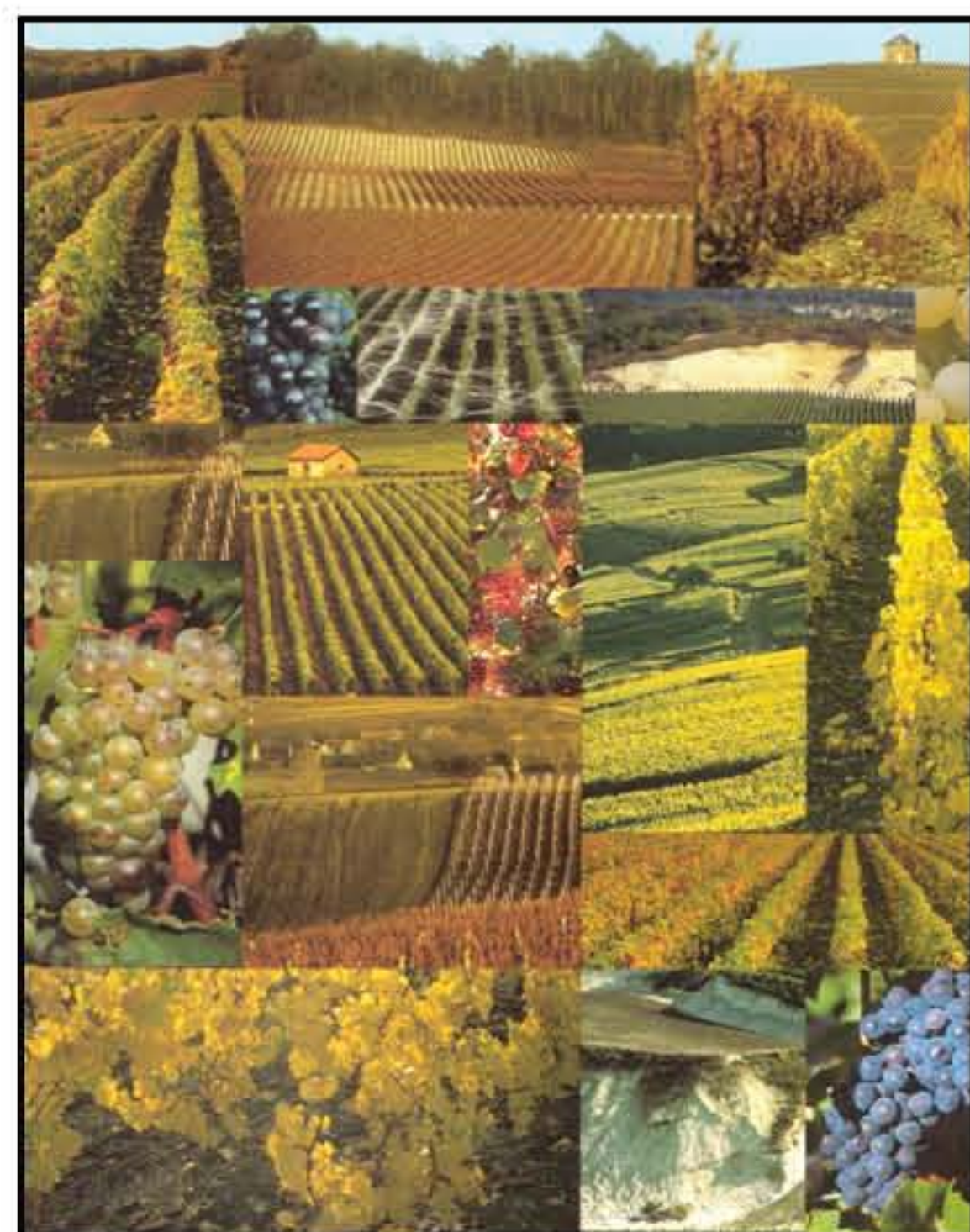








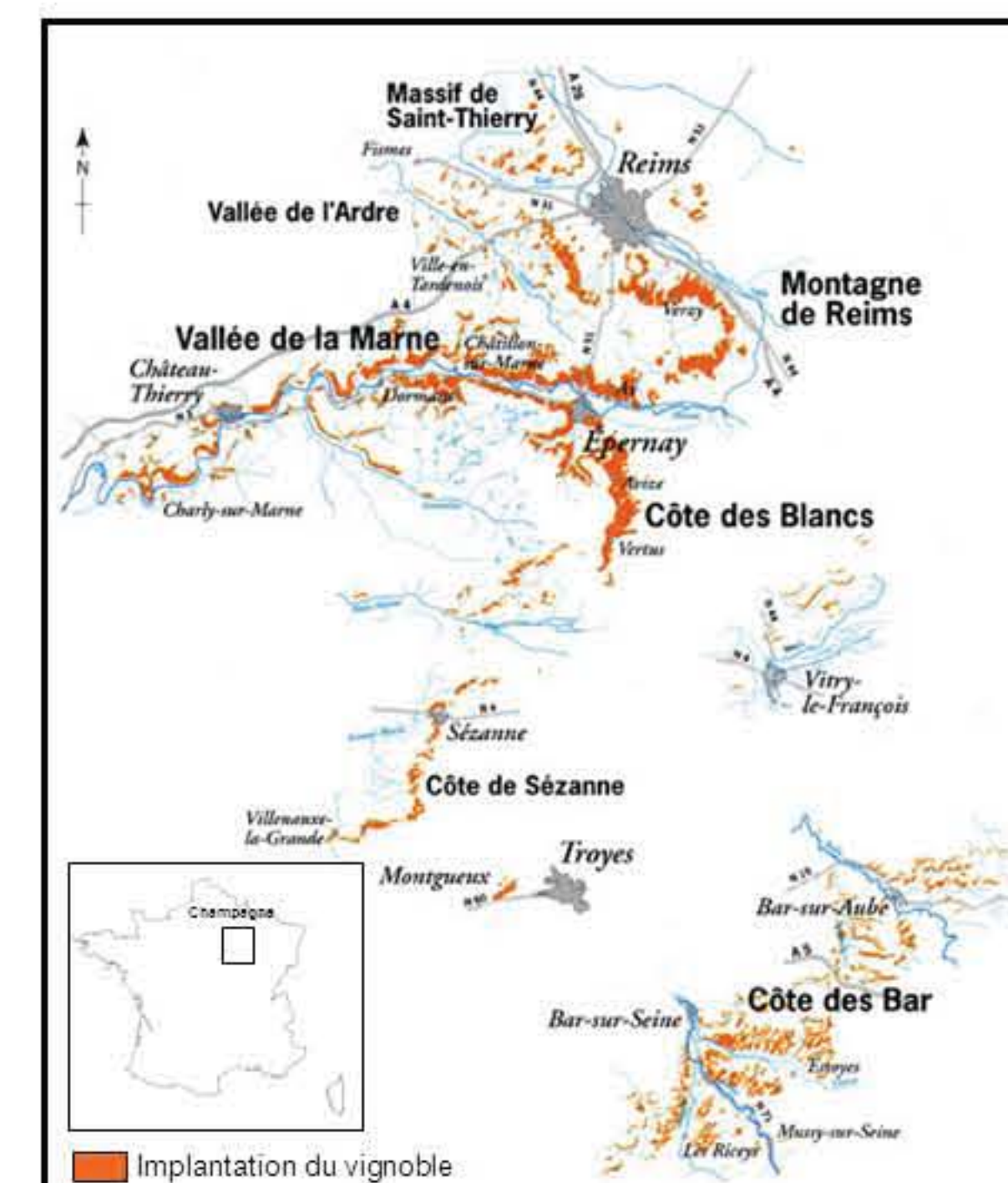
### Le vignoble champenois



- Appellation d'Origine Contrôlée de 30 396 ha
- 300 villages viticoles
- Plus de 15 000 récoltants
- + de 260 000 parcelles
- Superficie moyenne des parcelles : 1.5 ha
- 3 cépages: pinot noir, pinot meunier, chardonnay
- Différents modes de gestion
- Une organisation interprofessionnelle structurée (CIVC – Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne)



Carte du vignoble de Champagne



### Des défis à relever pour préserver les sols viticoles

Les pratiques agricoles intensives (abandon des apports organiques, traitements phytosanitaires intensifs... ) mènent à une dégradation du sol, avec une disparition d'une partie de sa faune.

Les défis à relever sont :

- Réduire l'érosion
- Réduire le tassement des sols
- Réduire la contamination par les pesticides
- Restaurer la biodiversité
- Stimuler les services écosystémiques



Erosion

### Les réponses de l'ingénierie écologique

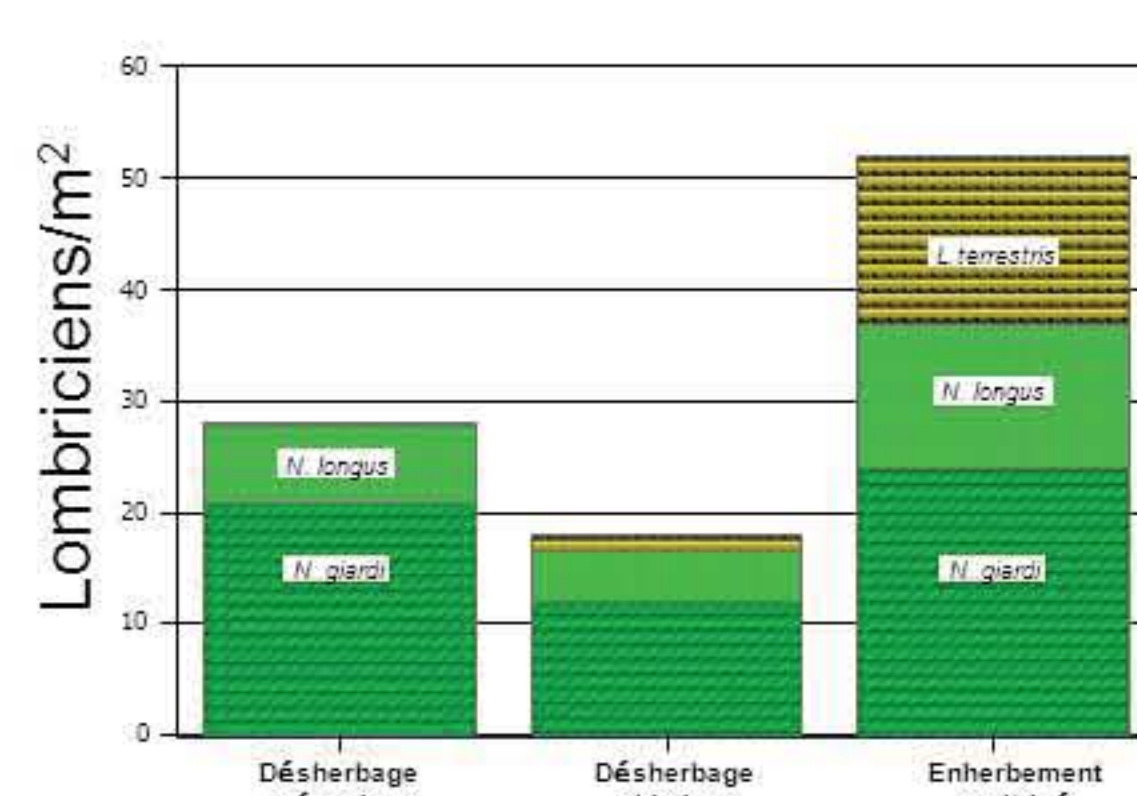
Par exemple, l'enherbement ou l'apport de matière organique (écorces, composts) stimulent les activités biologiques des sols (lombriciens et micro-organismes).



Apport de matière organique au niveau de l'inter-rang



Enherbement



### Observation à long terme des sols de Champagne

#### Question de recherche

Quelles sont les pratiques contribuant au mieux à la préservation des sols viticoles et de leur biodiversité ?

Pendant 25 ans, un suivi de 66 modalités de traitements a été réalisée, portant sur:

- les communautés lombriciennes
- la microbiologie des sols (bactéries et champignons)
- les paramètres pédologiques et viticoles

#### Les défis de VitiEcoBiosol

- Traiter conjointement toutes ces données
- Définir des indicateurs biologiques rendant compte de l'impact des pratiques viticoles
- Proposer des outils d'aide à la décision pour s'orienter vers une viticulture durable
- Transférer les résultats aux scientifiques et aux producteurs, en collaboration avec le CIVC



Ces techniques d'ingénierie écologique, en jouant sur la biodiversité des sols, permettent la restauration ou le maintien des **services écosystémiques**.

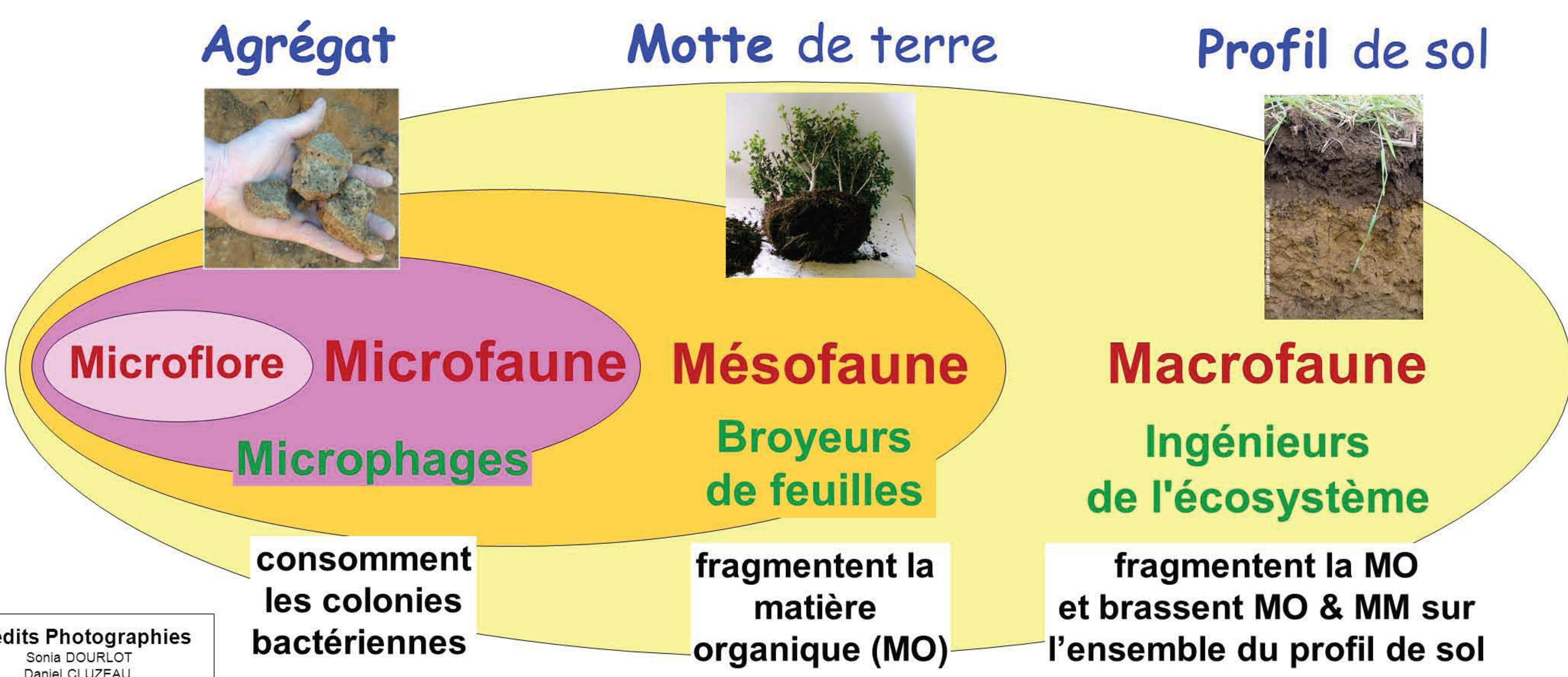
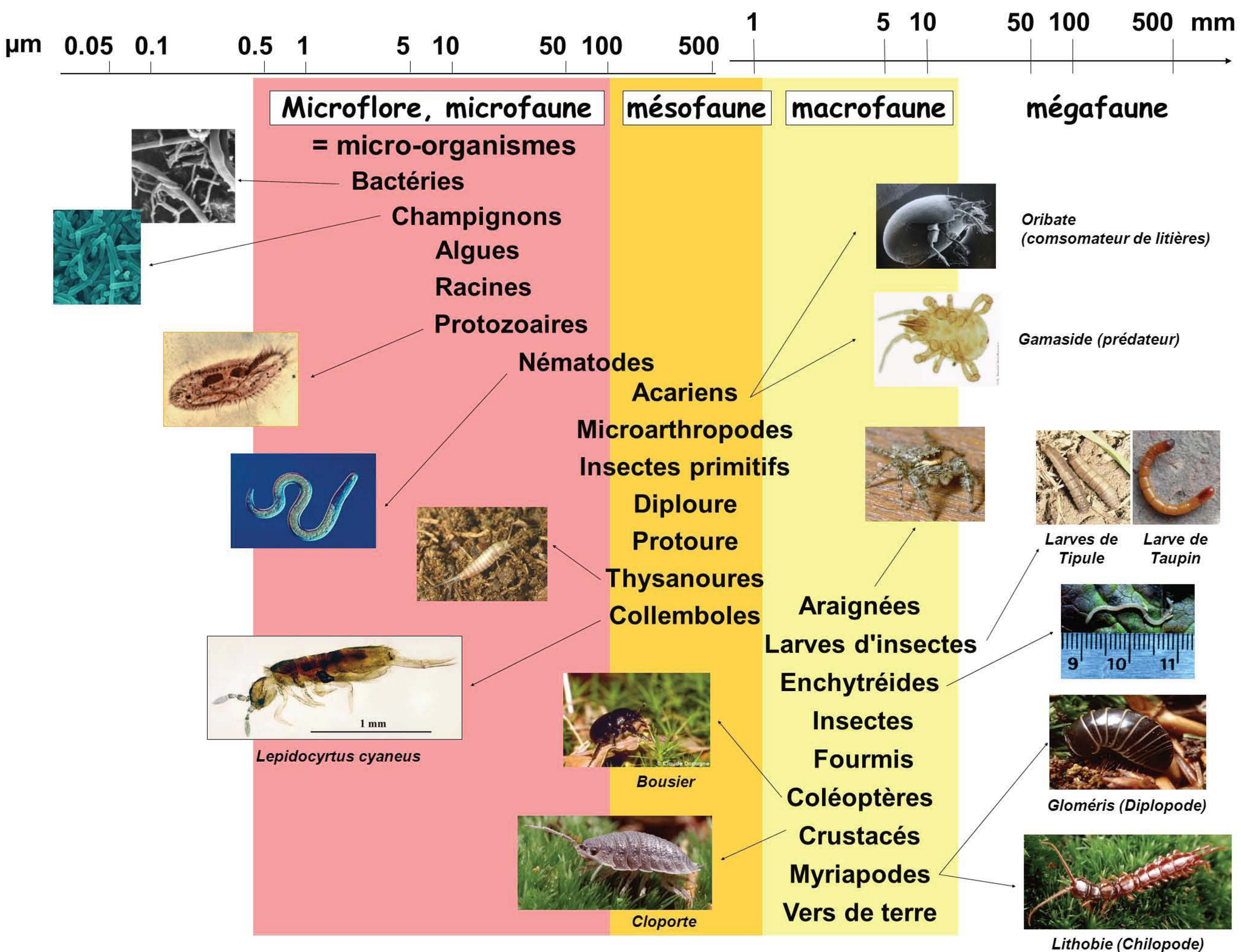
**Ingénierie écologique** : application des concepts de l'écologie à la gestion des ressources et des écosystèmes

**Services écosystémiques** : Services fournis par les écosystèmes et utiles à l'Homme





## Des organismes de taille variée vivant dans un habitat de taille variée

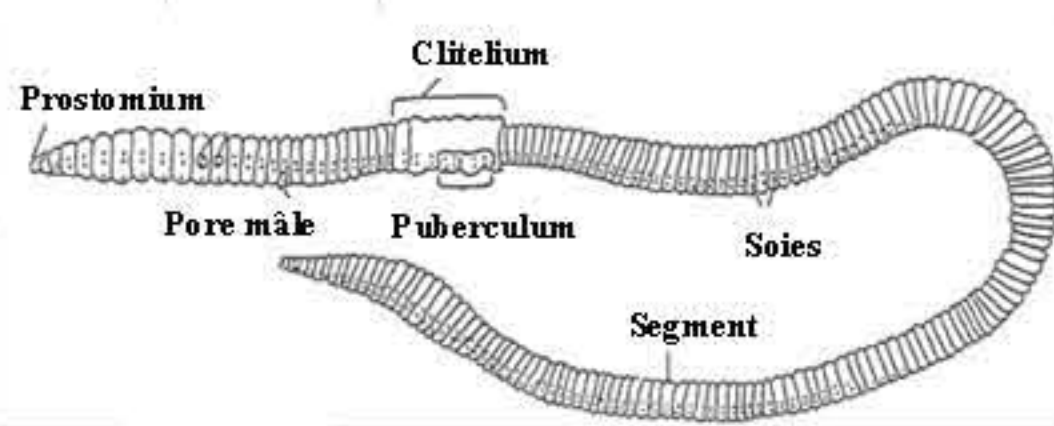






## Comment sommes-nous faits ?

Embranchement : Annelide  
Classe : Oligochète



Nous avons :

- un corps mou, fait de beaucoup d'anneaux (annélides)
- chaque anneau possède 8 petits poils appelés « soies » (oligochètes)  
Ils nous permettent d'avancer dans le sol !
- une bague (clitellum) qui montre que nous sommes adulte

Nous n'avons :

- ni pattes, ni yeux
- ni poumons :  
nous respirons par la peau !

## Comment vit-on ?

En France, **100 espèces** sont répertoriées dont 23 présentes en Bretagne.

Les espèces lombriciennes sont regroupées au sein de trois **catégories écologiques** (Bouché, 1972).

### EPIGES

Taille : petite (1 - 5 cm)  
Couleur : rouge sombre

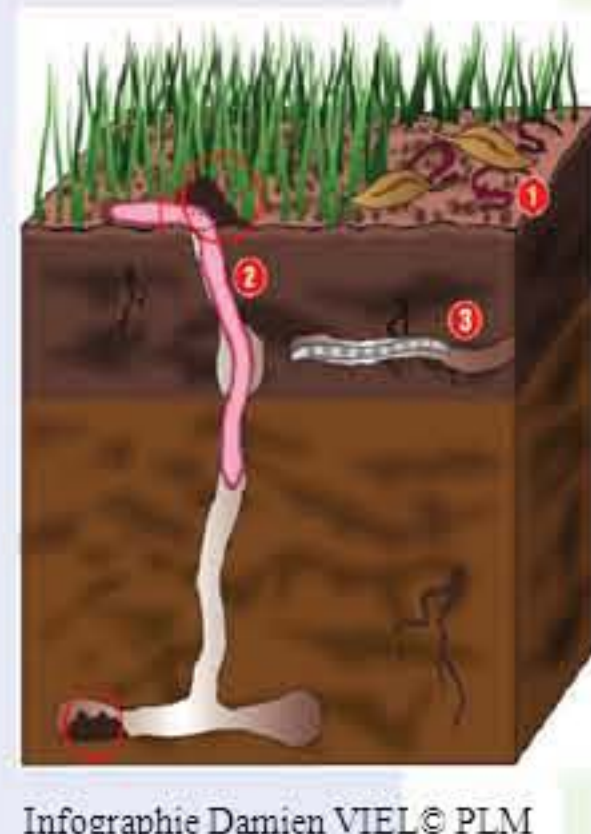


*Eisenia eiseni*



*Eisenia andrei*

- Vivent en surface
- Dans les amas organiques (fumier, compost, litière de feuilles, écorces, bouses, ...)
- Creusent peu ou pas de galeries



Infographie Damien VIEL © PLM

Nous sommes **saprophages** :  
on mange de la matière organique morte (feuille, écorce, ...)



### ANECIQUES

Taille : espèces les plus grandes (10 - 110 cm)  
Couleur : rouge, gris clair, brun  
(avec un gradient antéro-postérieur)



*Lumbricus rubellus*



*Aporectodea giardi*

- Vivent dans l'ensemble du sol
- Creusent des galeries permanentes, d'orientation sub-verticales à verticales, et ouvertes en surface
- Rejettent des déjections à la surface du sol (turricules)



Turricule de ver de terre

Nous sommes **sapro-géophages**  
Nous venons la nuit chercher notre nourriture en surface (feuilles ou herbes mortes) et nous l'enfouissons dans nos galeries.



### ENDOGES

Taille : moyenne à grande (1 - 20 cm)  
Couleur : faiblement pigmentée : rose à gris-clair



*Octolasion cyaneum*



*Allolobophora icterica*

- Vivent dans le sol et ne remontent presque jamais à la surface
- Creusent des galeries temporaires, horizontales à sub-horizontales très ramifiées

Nous sommes **géophages**  
Nous mangeons de la terre qui contient de la matière organique plus ou moins dégradées (racines mortes, humus, ...)

## Comment se reproduit-on ?

Nous sommes **hermaphrodites protandre**  
(c'est à dire successivement mâle puis femelle)

- 2 mâles se rencontrent, ils échangent leurs spermatozoïdes qui sont stockés dans des poches (spermathèques)
- ils se séparent et deviennent ensuite femelle : ils utilisent les spermatozoïdes de leur congénère pour féconder leurs propres ovules
- ils pondent ensuite des cocons contenant un nombre variable d'œufs.



Accouplement de 2 *Lumbricus terrestris*



1cm

Toutes les espèces ne font pas le même nombre de cocons : Anéciques : 12 cocons/an  
Epigés : 100 cocons/an

Cycle : lombric commun = 9 mois  
ver de fumier = 45 jours



## Combien sommes-nous ?

En moyenne, on retrouve **50 à 400 individus / m²**  
pour une biomasse de 20 à 400 g/m²

→ l'équivalent d'une vache sur la surface d'un terrain de foot !



forêt  
20 ind / m²



culture  
70 ind / m²



prairie  
100 ind / m²

### Bibliographie

Bouché M.B., 1972 - Lombriciens de France. Ecologie et Systématique. INRA Annales de Zoologie, Ecologie Animale, 671p.

### Crédits Photographies

Daniel CLUZEAU, Frédéric ABLAIN, Université de Rennes 1 (Photo d'espèces de lombriciens)  
http://www.naturewatch.ca/francise/monstrat/images/LP\_Fig1.gif (Morphologie du ver de terre)  
http://www.sanabiol.com/LaboAnaSol.htm (Le terre dans la main)

## Le sais-tu ?

Nos plus grands prédateurs sont :  
les taupes,  
les blaireaux,  
les sangliers, les mouettes...



Quand on coupe  
1 ver de terre en 2,  
on n'obtient pas  
2 vers de terre !







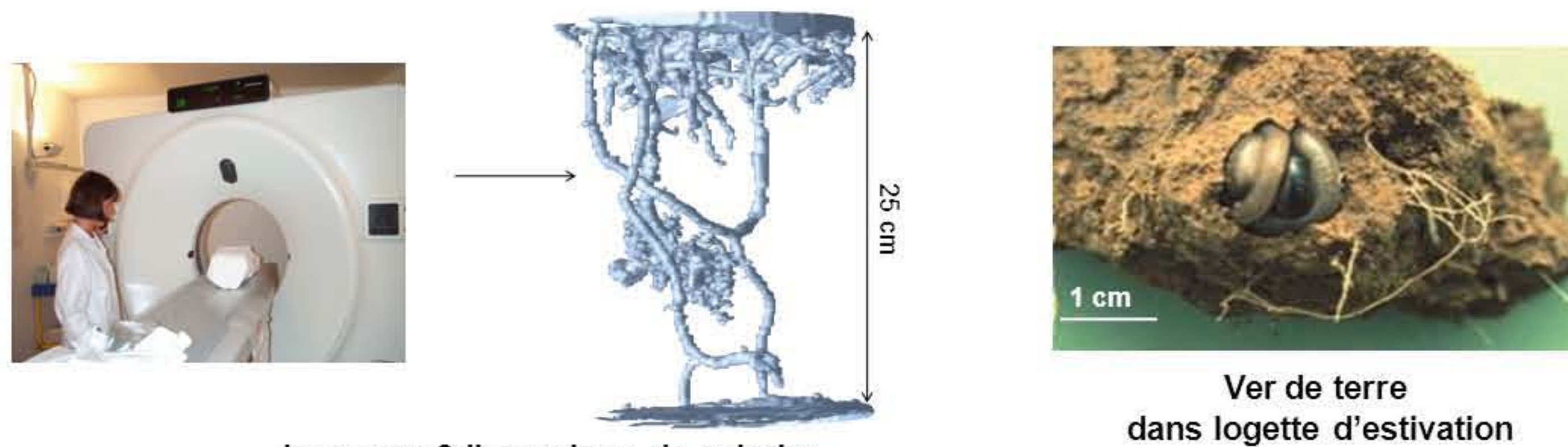
## Impact sur la structure des sols

**L'association lombriciens – microorganismes - racines agit sur la structure du sol (porosité du sol et stabilité)**

### → Création d'une macroporosité (> 1 mm)

- **réseaux de galeries** : les vers de terre creusent pour se nourrir, se reproduire, ou trouver des conditions d'humidité favorables. Ils peuvent aller jusqu'à 3 m de profondeur, traverser la semelle de labour.

- **logettes d'estivation** : les vers de terre se mettent au repos et s'enroulent sur eux-mêmes quand le sol devient trop sec. Ils "dorment" dans une logette d'estivation.



### → Création d'une mésoporosité (< 1 mm) et d'une microporosité (< 100µm)

- **déjections** : les vers de terre produisent des déjections (un mélange de matière organique et de matière minérale) qu'ils déposent soit à la surface du sol (formant des tortillons appelés turricules), soit dans le sol (dans la matrice de sol ou dans les galeries).

La production annuelle est de 250 Tonnes par hectares.

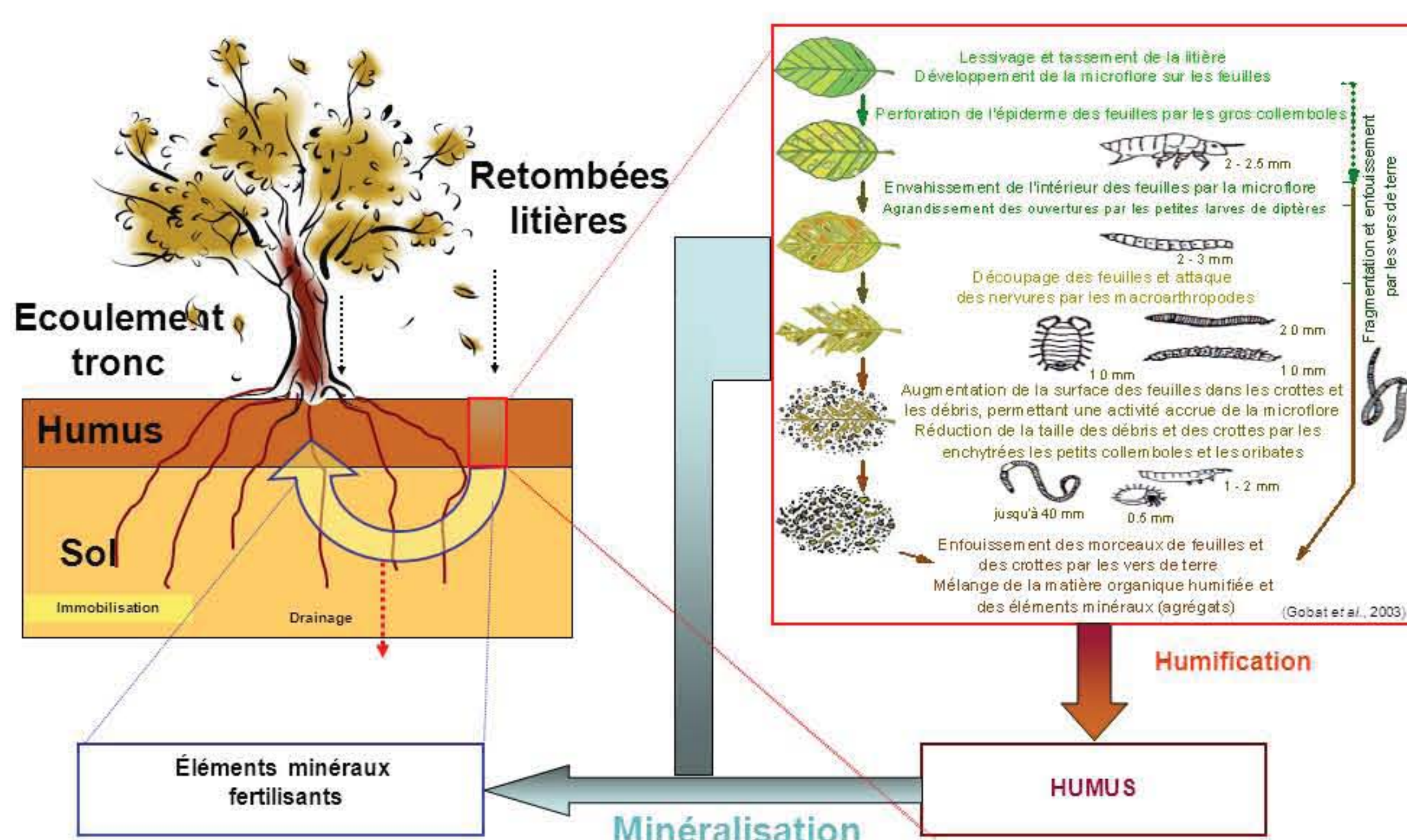


## Impact sur la matière organique

**Les lombriciens avec l'ensemble de la faune du sol et les microorganismes participent au recyclage des déchets organiques**

### Dans la nature ....

Les lombriciens participent au recyclage d'une large gamme de **matières mortes** (feuilles mortes, bois morts, cadavres, bouses de vaches, déchets organiques produits par l'homme...).

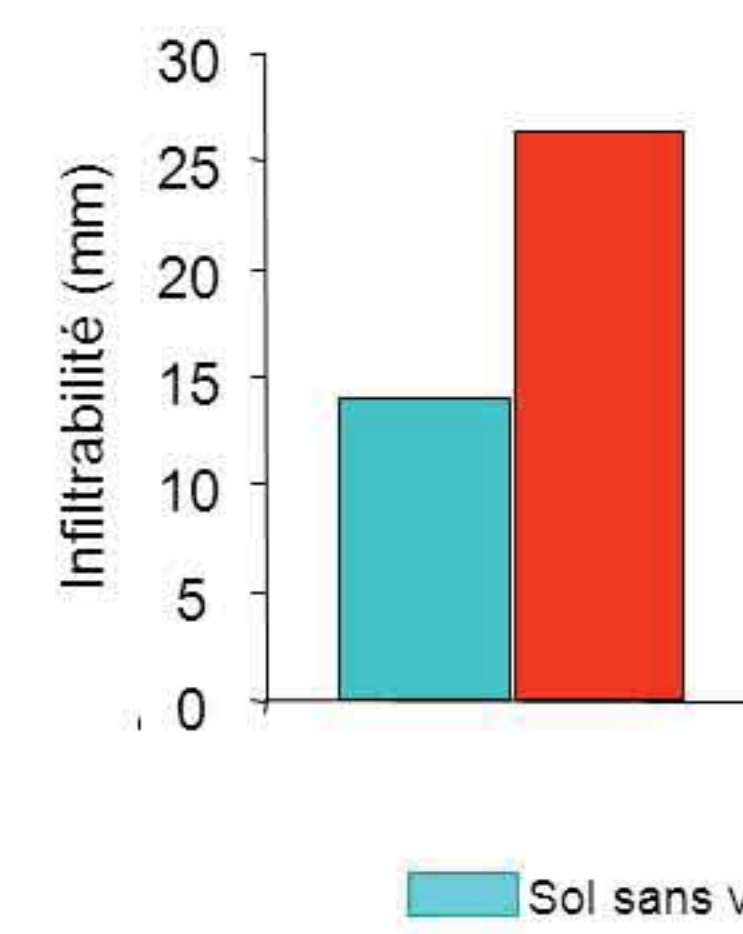


Les matières mortes transformées (**humification**) forment soit des complexes avec des particules minérales (stockage) ou subissent une **minéralisation** qui libère des éléments fertilisants qui sont ensuite absorbés par les plantes. Ce recyclage assure la productivité primaire des forêts, des sols cultivés ou des pelouses.

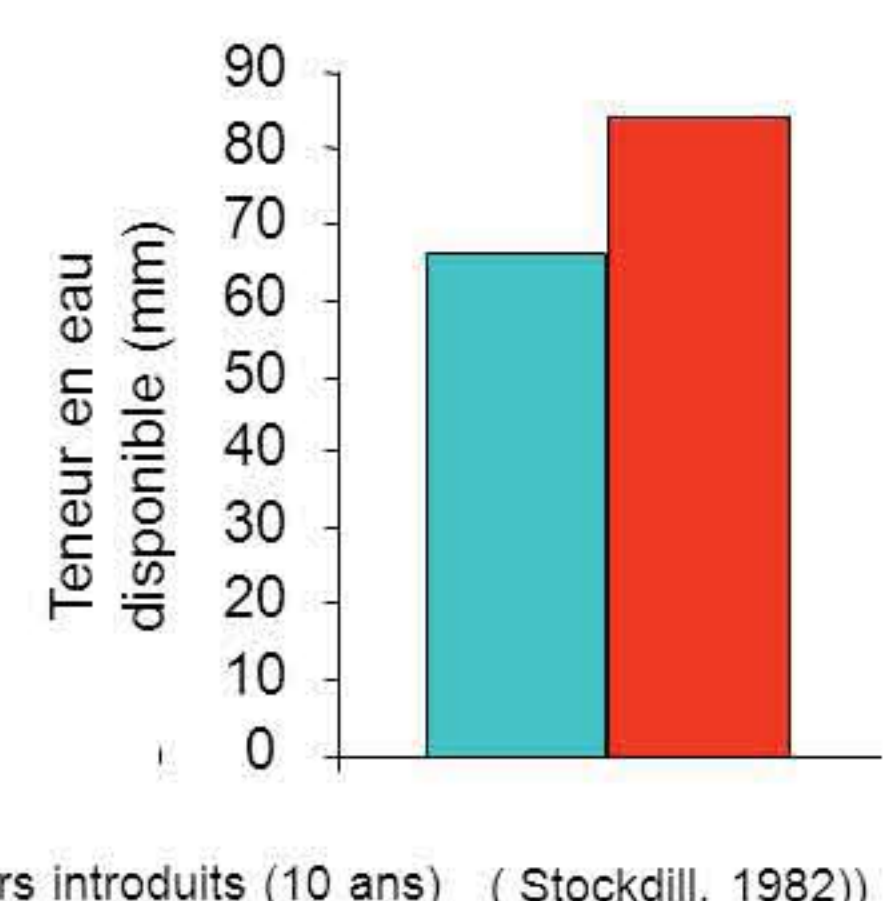
## Conséquences environnementales

La structuration du sol et l'enfouissement des composants organiques par les lombriciens, augmente :

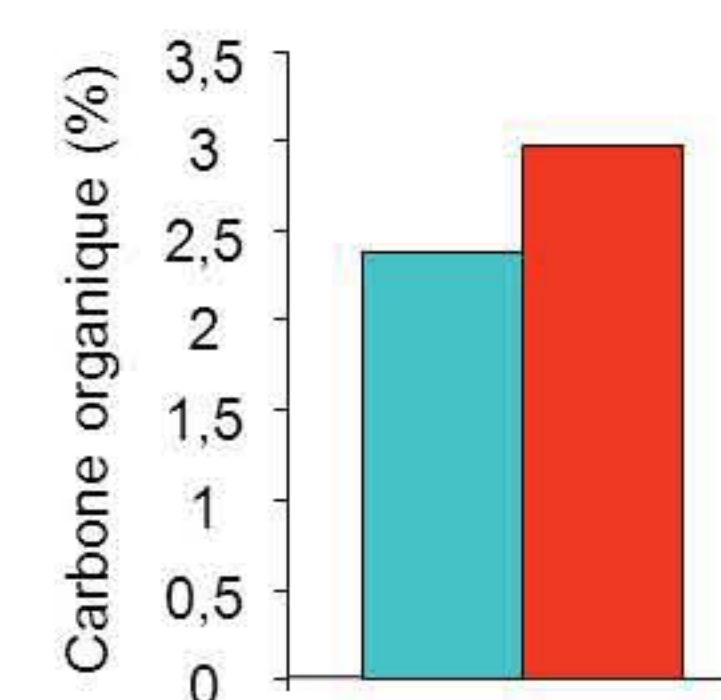
### □ l'infiltration de l'eau



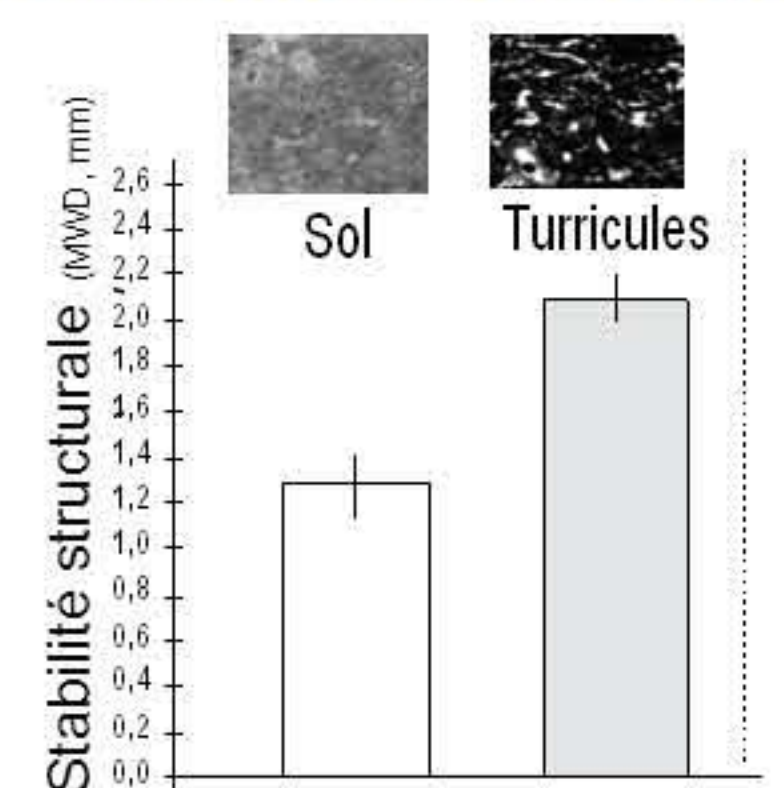
### □ la rétention en eau (eau disponible pour les plantes)



### □ le stock de carbone



### □ la stabilité structurale



- ➡ **Réduction de l'érosion**
- ➡ **Stimulation de l'activité microbienne (bactéries, champignons)**
  - dégradation des matières organiques
  - dégradation des polluants
- ➡ **Augmentation de la production végétale)**
- ➡ **Réduction des risques de pollution**

### L'homme ....

L'homme génère de grandes quantités de déchets organiques (déchets verts: pelouses, épluchures).

C'est l'activité des microorganismes renforcée par l'action des vers de terre et d'autres organismes, qui va permettre leur recyclage.



Le recyclage biologique de ces déchets participera à une meilleure nutrition des plantes, à une amélioration de la structure des sols, assurant ainsi un meilleur fonctionnement des sols, des jardins et des parcelles agricoles.



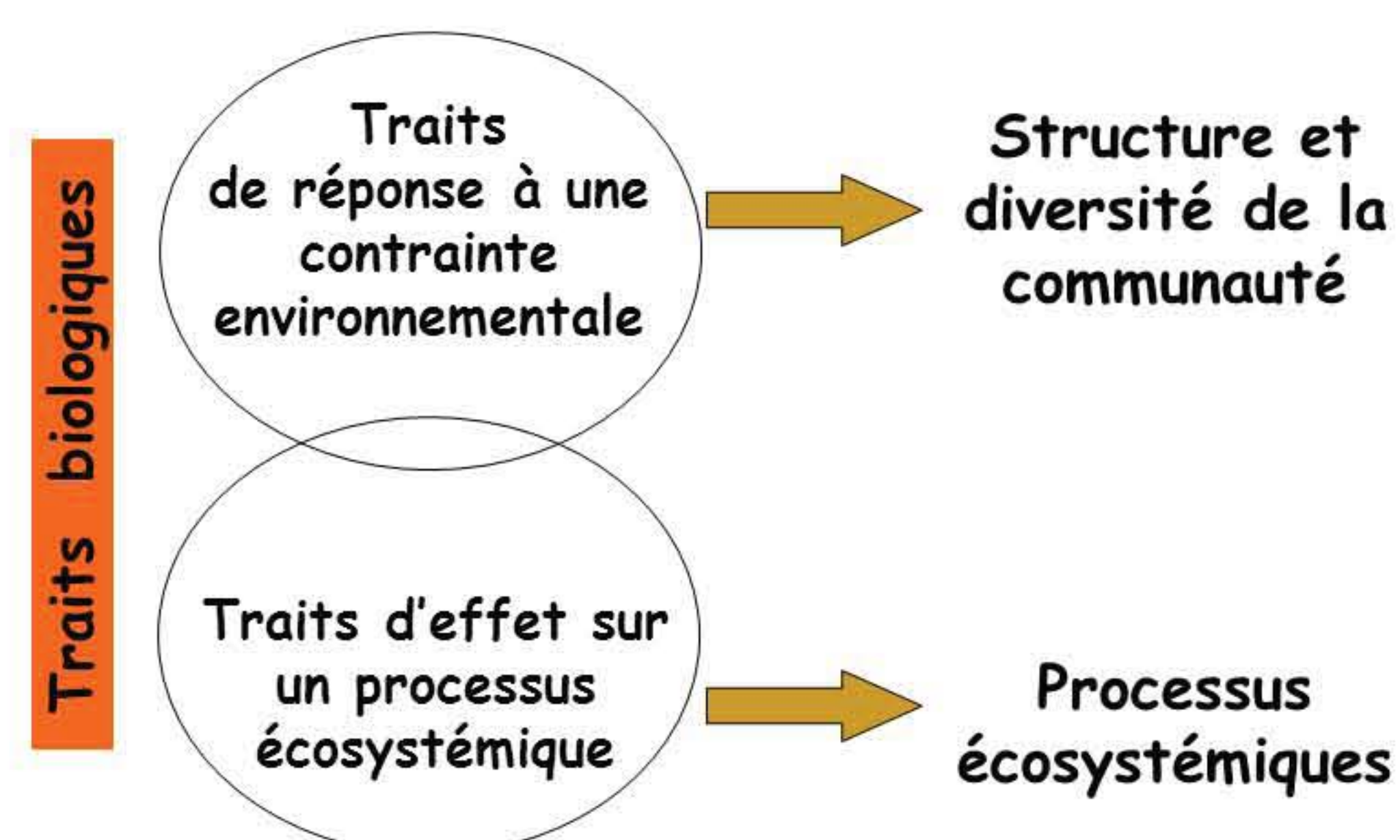


## Les traits biologiques des vers de terre

Les **traits biologiques** (de réponse ou d'effet) sont des caractères morphologiques, physiologiques, démographiques... A ces traits, sont associés des attributs quantitatifs (longueur ou diamètre en millimètres) ou qualitatifs (couleur)

Les **traits de réponse** sont les traits qui répondent aux changements environnementaux (en étant sélectionnés ou non) et donc déterminent les communautés résultantes des sélections par les différentes contraintes environnementales. Il s'agit par exemple de la couleur qui permet de mieux se protéger des prédateurs.

Les **traits d'effets** sont des caractères ayant une action sur le fonctionnement de l'écosystème, comme la taille par exemple, pour le creusement des galeries. Ces catégories ne sont pas exclusives et un trait peut être un trait d'effet et de réponse.

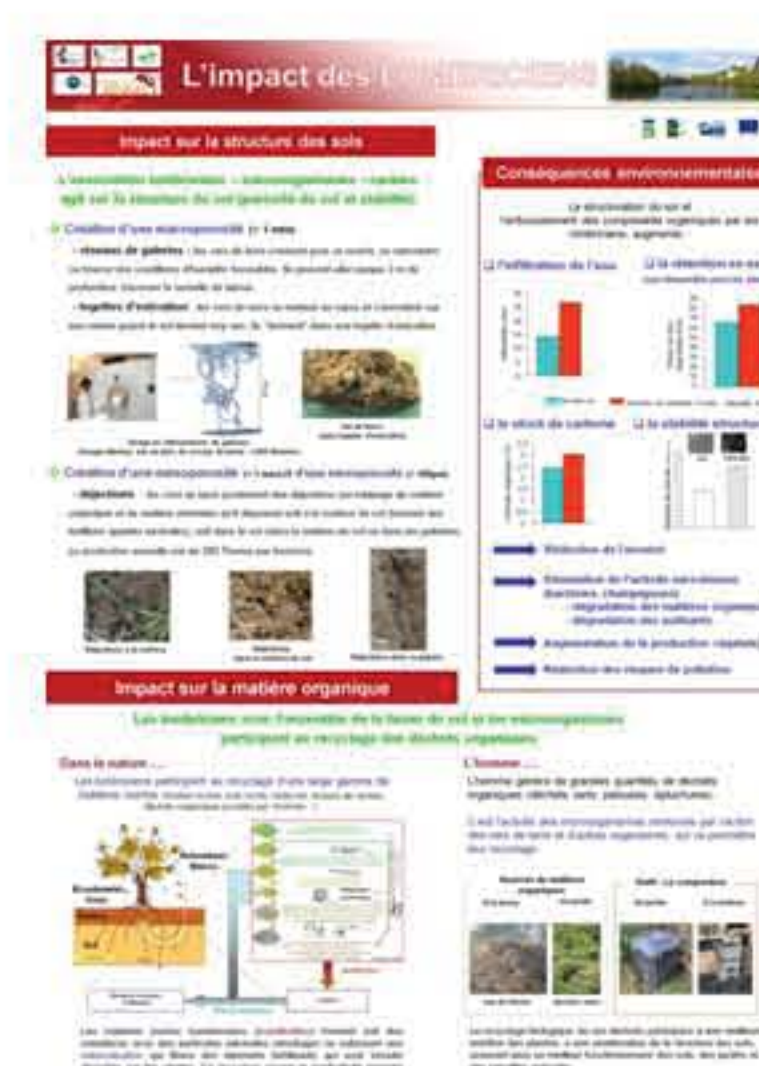


D'après Lavelle & Garnier 2002

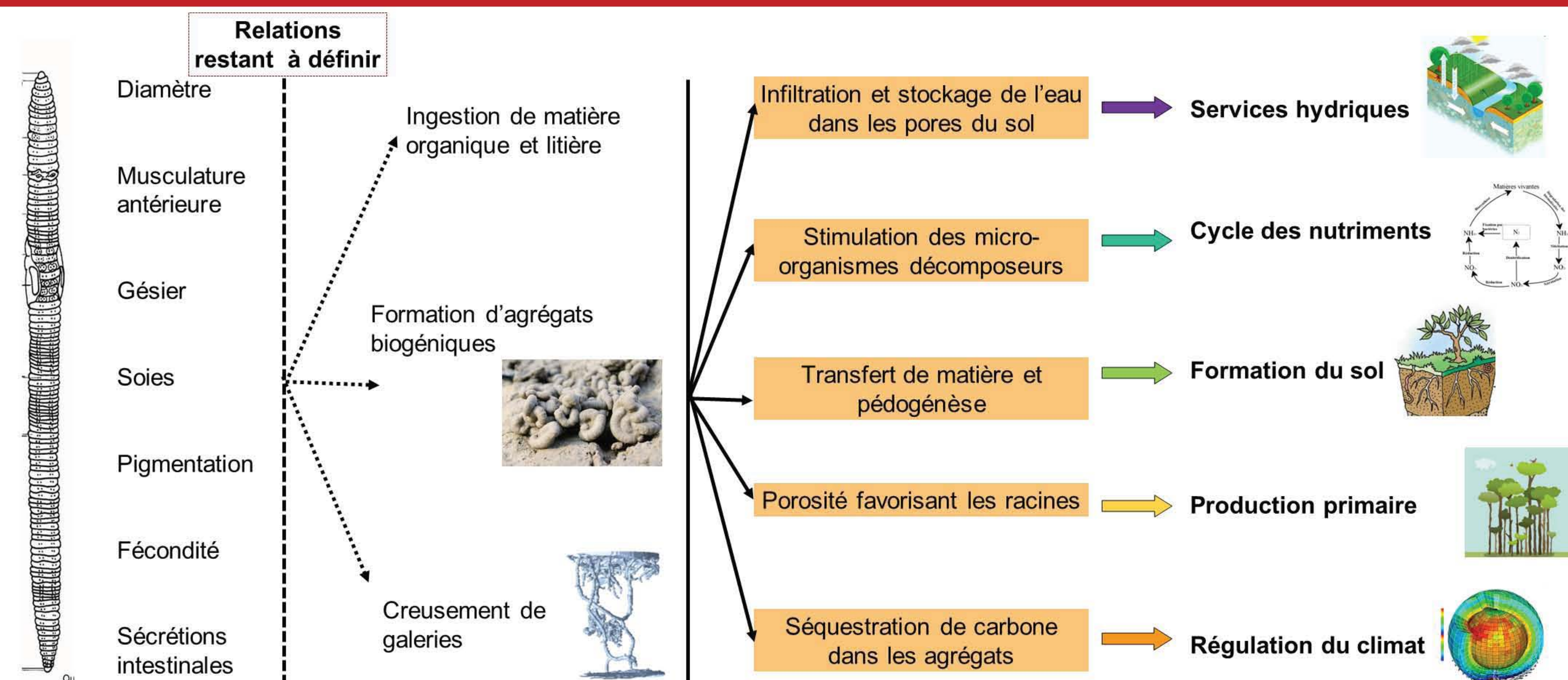
Les vers de terre sont des **organismes ingénieurs** de l'écosystème car ils modifient l'environnement à travers :

- la bioturbation (agrégats biogéniques, galeries,...),
- la structuration des sols
- la dégradation de la matière organique...

Par leurs actions, les vers de terre contribuent aux **services écosystémiques** rendus par le sol :  
ressource et redistribution hydrique, cycles des nutriments, production primaire, ...



## Traits → Actions → Processus écosystémiques → Services écosystémiques



Ces traits d'effets peuvent aussi être des traits de réponse, leurs valeurs ou modalités peuvent être sélectionnées ou contre-sélectionnées selon les conditions environnementales.

### Bibliographie

- Lavelle P., Decaen T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P. & Rossi J.-P. (2006) Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, S3-S16
- Lavelle S. & Garnier E. (2002) Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16, 545-556
- Marichal R., Praxedes C., G. B.G., Castaneda E., Desjardins T., Gond V., Grimaldi M., Guevara E., Oszwald J., Sarrazin M., Velasquez E. & P. L. (2010) Earthworm biological traits, soil and landscape characteristics. In: Abstracts - The 9th International Symposium on Earthworm Ecology, p. 93, Xalapa, Veracruz
- Marichal R. (2011) Impact de la déforestation sur les communautés de macrofaune et de vers de terre en Amazonie – relation avec les services écosystémiques. Thèse de doctorat, UFR Sciences de la Vie, Diversité du vivant, 155pp. Université Pierre et Marie Curie (PRES Sorbonne Universités), Paris
- Peres G. (2003) Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité lombricienne et la macro-bioporosité dans le contexte polyculture breton. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol. Thèse de doctorat, UFR Sciences de la Vie et de l'environnement, 253pp. Université Rennes 1, Rennes







## **Annexe 4b**

### **Formation sur la biodiversité des sols et les pratiques viticoles & sur le rôle de cette biodiversité dans le fonctionnement des sols viticoles**





## Journée de formation

La Biodiversité des sols et les pratiques viticoles  
&  
Rôle de la biodiversité dans le fonctionnement  
des sols viticoles  
2011

Daniel CLUZEAU & Natacha DELAVEAU

Observatoire de Rennes – OSUR / UMR CNRS EcoBio  
<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT>



10h00 - Présentation de l'OPVT

10h30 - Formation en salle sur  
La Biodiversité des sols et les activités agricoles

12h30 - Déjeuner

13h45 - Formation pratique d'échantillonnage des vers de terre  
(avec la méthode simplifiée)

16h00 - Retour en salle pour saisir l'information terrain  
sur le site WEB

17h00 - Clôture de la formation

## La Biodiversité des sols et les activités agricoles

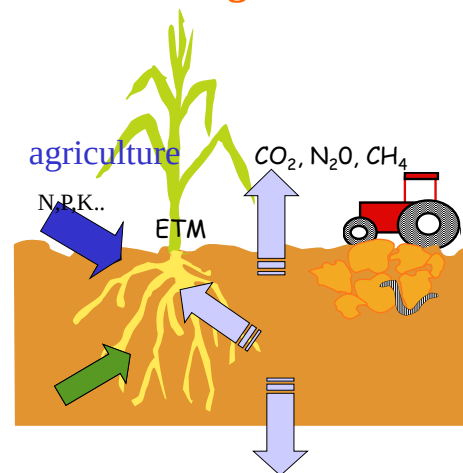
- Quid de la biodiversité des sols ?
- Rôles fonctionnels des vers de terre
- Conséquences des activités biologiques du sol  
sur la circulation et la qualité de l'eau des sols
- Impacts et Conséquences des pratiques agricoles  
sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité
- Conclusions

- 1 - Comment établir un référentiel Biodiversité  
des sols pour une meilleure interprétation ?
- 2 - Comment développer le référentiel  
tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur  
aux utilisateurs des sols ?



## Contexte général

### Usages des sols et Variables de forçage



Les évolutions de la Société  
redonnent de l'importance au sol

Besoin de prévoir et maîtriser  
les impacts des pratiques agricoles

Objectif d'Intensification écologique  
des systèmes de production

### Caractériser le sol ?

- Observer, quantifier, référencer  
les composantes physiques  
chimiques  
biologiques
- Comprendre ces interactions et le  
**fonctionnement écologique** des sols

## Questions générales

Comment limiter les perturbations anthropiques sur la dynamique de la biodiversité des sols et les fonctions de l'écosystème?

et en même temps,

Comment augmenter le fonctionnement de l'écosystème ?  
(productivité, complexité & stabilité ...)

Par le développement d'une...

... **Intensification écologique des agrosystèmes?**  
(espaces agricoles & forestiers)

Mais ...

**Quelle est la signification de cette « I.E.A »?**  
**& quelle est son importance globale ?**

en terme de pressions agricoles et/ou administratives & contraintes commerciales

**Quelles règles agro-bio-pédologiques à promouvoir ?**

**Quelles éco-techniques utiliser pour la faune du sol ?**  
(stimulation, restauration, transfert)

**Quelles sont les limites de l'ingénierie écologique sur les fonctions de conservation des sols ?**

Févr

## La Biodiversité des sols et les activités agricoles

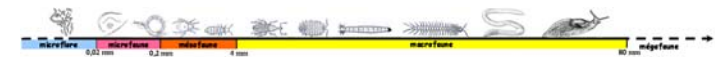
### ● Quid de la biodiversité des sols ?

- Rôles fonctionnels des vers de terre
- Conséquences des activités biologiques du sol sur la circulation et la qualité de l'eau des sols

- Impacts et Conséquences des pratiques agricoles sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité

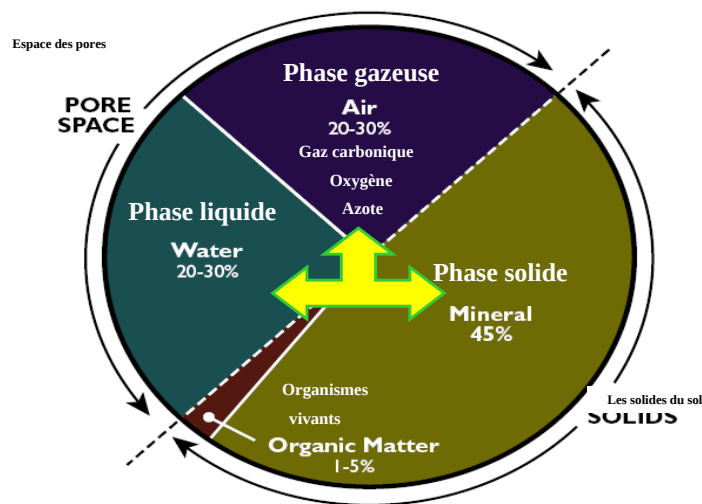
### ● Conclusions

- 1 - Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation ?
- 2 - Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux utilisateurs des sols ?



## Contexte général

**Sol = un système interactif**



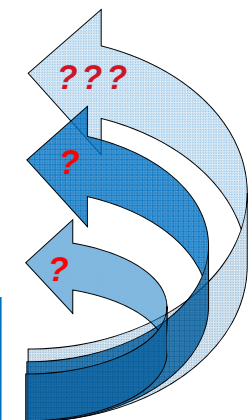
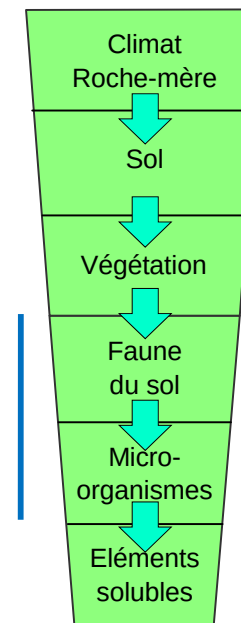
(McCauley & al., 2005)

Février 2009

## Le SOL, un système hiérarchisé

Avec une hiérarchie descendante, ...

**Biodiversité des sols**



... et avec une hiérarchie ascendante



# Le SOL, un système hétérogène, constitué de compartiments de taille variable



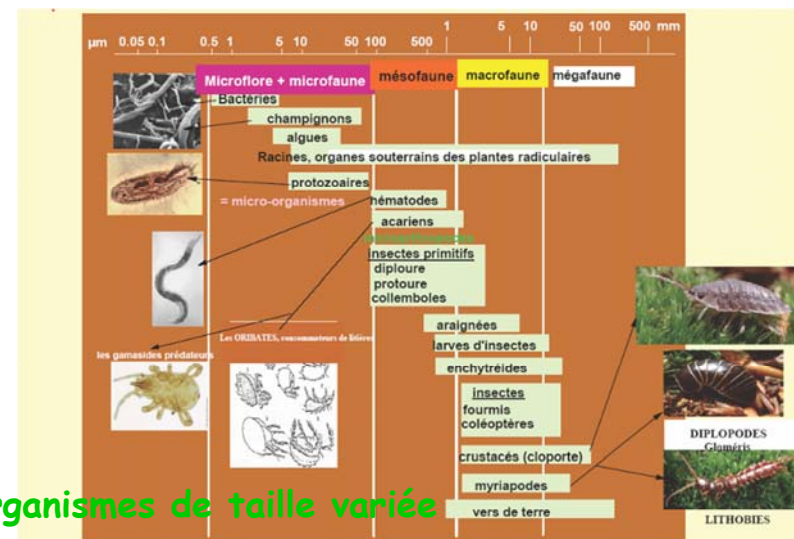
une texture, argile limon sable galets-pierres blocs

des porosités, micropores pores moyens macropores, fissures, galeries de racines & de vers

des habitats, pour la Biodiversité des sols microorganismes méso-faune macro-faune méga-faune

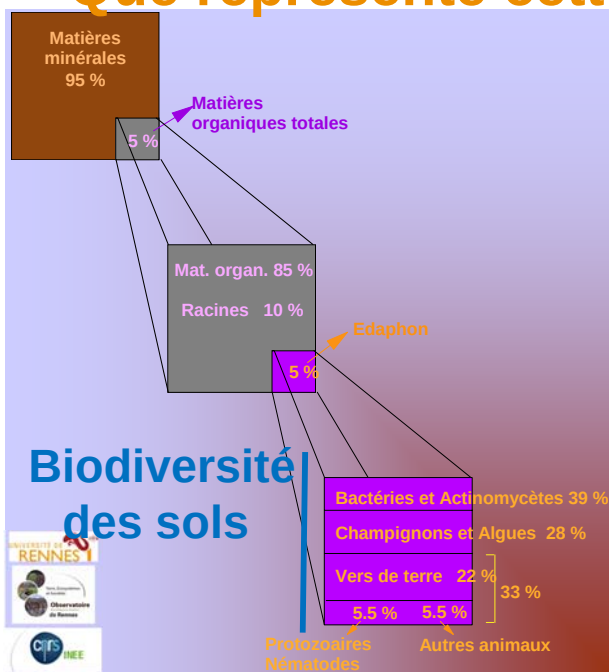
→ des habitats de taille croissante pour une biodiversité de taille croissante,

# Comment se présente cette biodiversité ?



Des organismes de taille variée vivant dans un habitat de taille variée

# Que représente cette biodiversité ?



... une diversité spécifique et génétique

La composante biologique des sols = 0.25 % de la masse d'un sol prairial

Les micro-organismes =  
• des millions d'espèces,  
• des milliards d'individus,  
• 1 à 4 tonnes par ha.

La faune du sol =  
• des centaines d'espèces,  
• des millions d'individus,  
• 0.5 à 2 tonnes par ha.

# Que représente cette biodiversité ?

La composante biologique dans le sol = 0.25 % de la masse d'un sol prairial

... un méga-métabolisme diffus dans les 1<sup>er</sup> dm

Ainsi, en moyenne, dans une prairie, 450 g de fraction vivante par m<sup>2</sup> = **4,5 T / ha** dans le sol qui respire, digère, excrète (=métabolisme)

= **le SOL, un système hiérarchisé, hétérogène & vivant**

(l'équivalent de 6 UGB sous 1 ha de prairie, et sans prendre en compte les racines)



## Quels rôles fonctionnels pour cette biodiversité ?



## La Biodiversité des sols et les activités agricoles

- Quid de la biodiversité des sols ?
- **Rôles fonctionnels des vers de terre**
- Conséquences des activités biologiques du sol sur la circulation et la qualité de l'eau des sols
- Impacts et Conséquences des pratiques agricoles sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité
- Conclusions

- 1 - Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation ?
- 2 - Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux utilisateurs des sols ?

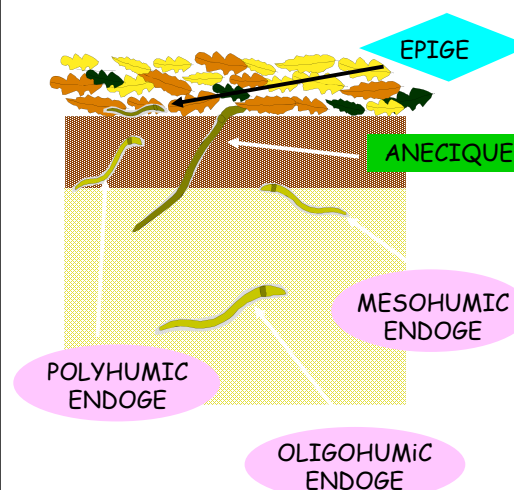


## Lombriciens - Biologie

Connaitre et reconnaître la diversité des lombriciens

## Groupes écologiques

En France, 110 espèces (Bouché, 1972)



Petite taille : 1-3 cm  
Mode de vie : localisés dans les amas organiques. Pas ou peu de galeries. Fragmentation de la MO.

Taille : 10 à 110 cm  
Mode de vie : Galeries de gros diamètre, verticales, et durables. Rôle de brasseur-mélangeur de la MO et minérale.

Taille : 1 à 20 cm  
Mode de vie : creusent des galeries horizontales à sub-horizontales ne débouchant pas à la surface.

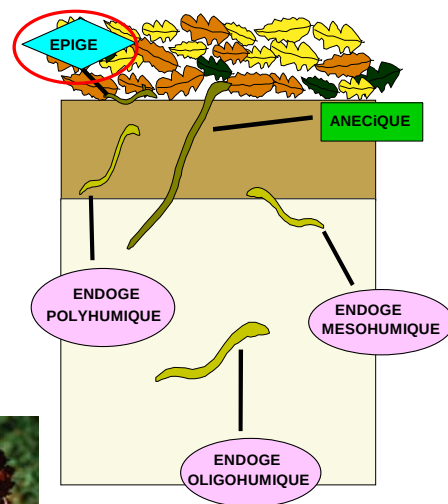
(Bouché, 1972, 1977 ; Lavelle, 1981)

## Les épigés

Taille : 1-5 cm,  
Couleur : rouge sombre  
Mode de vie :  
 - Localisation en surface :  
   \* dans amas organique  
 (fumier, compost, litière de feuilles, écorces, bouses...)  
   \* dans 1ère cm du sol  
 - Ingestion de peu de matière minérale.  
 - Participent au fractionnement de la M.O  
 - Creusent peu ou pas de galerie



*Eisenia eiseni*



## Exemples d'espèces épigées



*Lumbricus castaneus*

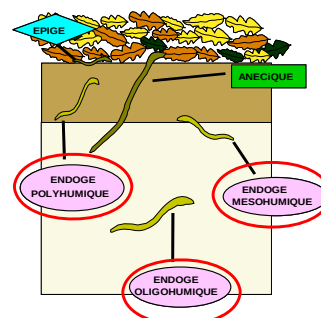


*Eisenia eiseni*



## Les endogés

Taille : moyenne à grande (1-20 cm)  
Couleur : faiblement pigmentée (rose à gris clair)  
Mode de vie :  
 - Localisation dans le sol (ne remontent presque jamais à la surface)  
 - Se nourrissent de MO plus ou moins dégradée  
 - en fonction de la richesse organique du bol alimentaire :  
   \* endogés oligohumiques  
   \* endogés méso-humiques  
   \* endogés polyhumiques  
 - Creusent galeries temporaires d'orientation sub-horizontales à horizontales, très ramifiées



*Octolasion cyaneum* (endogé)



*Allolobophora icterica* (endogé)



*Allolobophora chlorotica albanica* (endogé)



## Exemples d'espèces endogées



*Allolobophora icterica*



*Octolasion cyaneum*

*Aporrectodea caliginosa*



*Allolobophora chlorotica chlorotica typica*



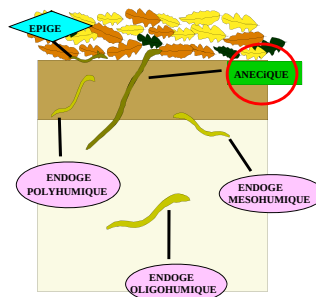
## Les anéciques

Taille : espèces les plus grosses (10-110 cm)

Couleur : rouge, gris clair, brun

Mode de vie :

- Localisation dans le sol
- Mixent matière organique et matière minérale.
- Creusent galeries permanentes d'orientation sub-verticales à verticales, ouvertes en surface (5-6 m)
- Rejetent des déjections à la surface du sol (turricules)



*Aporrectodea giardi* (anécique)

*Lumbricus terrestris* (épi-anécique)



*Aporrectodea caliginosa* (endogé)



*Lumbricus rubellus* (épi-anécique)

## Exemples d'espèces anéciques

*Aporrectodea giardi*

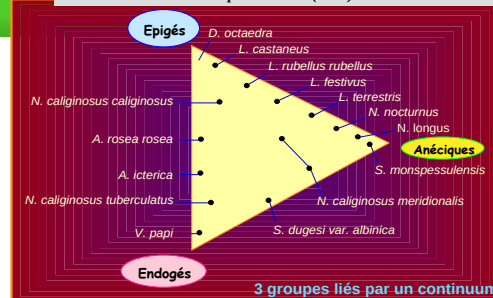


*Lumbricus terrestris*

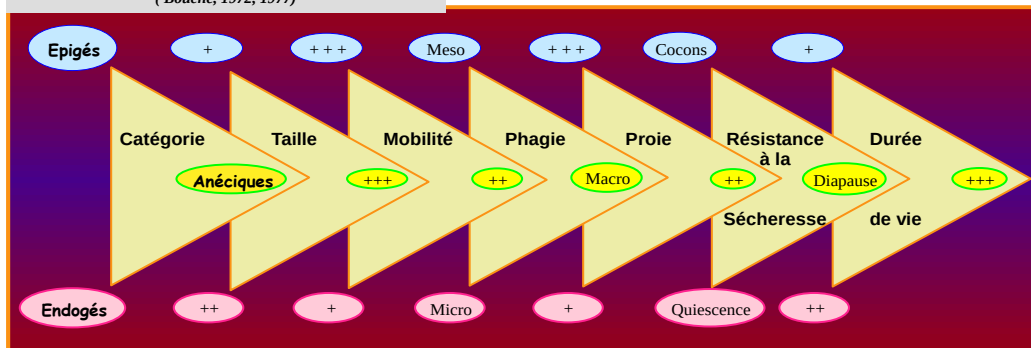


## Diversité écologique des lombriciens

Diagramme de situation de quelques espèces communes dans le système tripolaire des 3 principales catégories écologiques. D'après Bouché (1977).



Evolution de 3 groupes fonctionnels lombriciens en fonction des positions spatiales, des adaptations morphologiques, nutritionnelles et hydriques (Bouché, 1972, 1977)



## Quelques mots sur la reproduction des lombriciens...

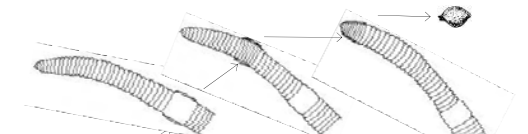
Les vers de terre sont hermaphrodites.

La fertilité est assez variable suivant les espèces, par exemple le lombric commun (*Lumbricus terrestris*) produit en moyenne douze cocons par an alors qu'une espèce comme le ver de fumier (*Eisenia fetida*) en produit une centaine.

Le développement du cocon à l'adulte est également variable suivant les espèces : environ 9 mois pour le lombric commun (*Lumbricus terrestris*) et 45 jours pour un ver de fumier (*Eisenia fetida*).



Accouplement de 2 *Lumbricus terrestris* adulte échangeant des spermatozoïdes



Stades de production des cocons chez les Lumbricidae (d'après Edwards et Lofty, 1977)



Développement de l'embryon dans le cocon (*Nicodrilus giardi*)



Cocons de taille variable, en relation avec la taille de l'espèce



## Modes de survie des lombriciens anéciques et endogés aux conditions climatiques défavorables (été et hiver)



Lombricien anécique (*Nicodrilus gardii*) enroulé sur lui-même dans un état de diapause (vie métabolique ralentie)



Le même lombricien en diapause extrait de sa logette d'estivation, qui se situe dans le réseau racinaire ou à proximité de l'horizon d'altération (position verticale variable selon les espèces anéciques)



Lombricien endogé en diapause complètement recouvert par des radicelles qui consomment le mucus que le ver produit pour maintenir son homéostasie (ecto-parasitisme ?!)

Crédits photos : Marcel B. Bouché – INRA Montpellier

## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

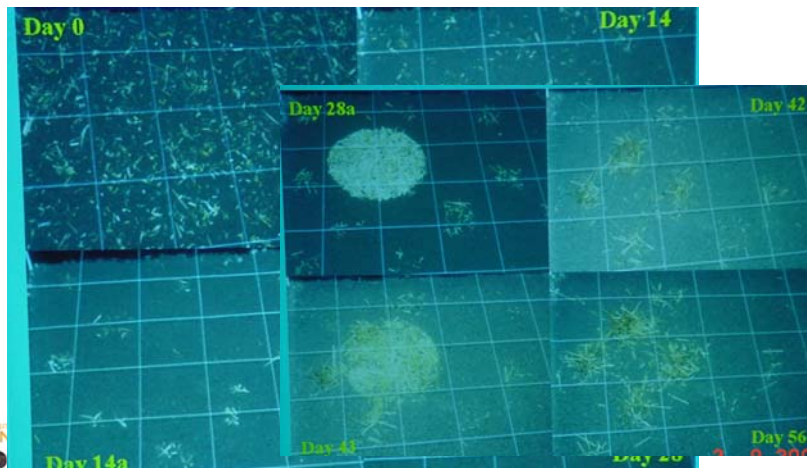
Comprendre les rôles  
des espèces lombriciennes  
considérées comme  
« ingénieurs de l'écosystème »



## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

Rôles des lombriciens dans le **recyclage de la MO**

### ❑ Fragmentation – Incorporation de la MO



## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

Rôles des lombriciens dans le **recyclage de la MO**

### ❑ Fragmentation – Incorporation de la MO



## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

Rôles des lombriciens dans le **recyclage de la MO**

### ❑ Brassage MOxMM – Transfert dans le sol

déjections de vers de terre  
= mélange intime de MO et de MM



Déposées à la surface = TURRICULES



Déposées dans le sol



à retenir : 1 tonne de vers de terre /ha  
produit 30 tonnes déjections/ha/an

- Brassage MOxMM favorisant la minéralisation de la MO par les microorganismes du sol
- Transfert C&N au sein du profil via les galeries

## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

Rôles des lombriciens dans la **structuration des sols**

### ❑ Création d'une macroporosité (> 1 mm de diamètre)

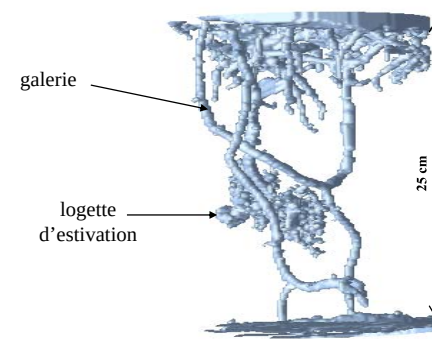
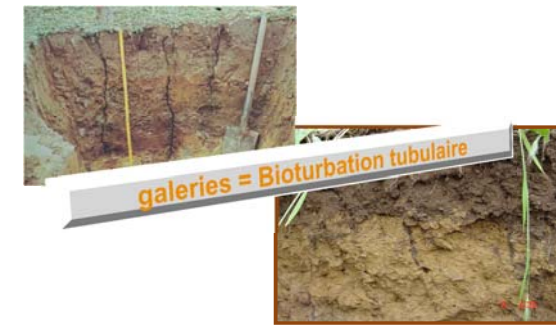


Image au scanner d'un réseau de galeries (Pérez, 2003)

à retenir : 1 tonne de vers de terre /ha  
crée des galeries = 5% volume du sol



- Création de voies d'écoulement préférentiel (infiltration, échanges gazeux)

## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

Rôles des lombriciens dans la **structuration des sols**

### ❑ Création de porosités (inférieures à 1 mm de diamètre)

#### Méso-porosité

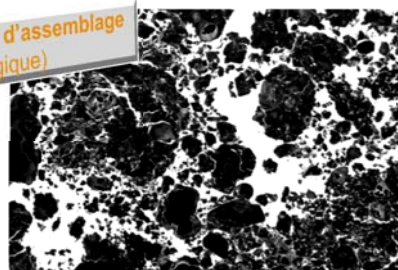
(1 mm - 100 µm de diamètre)



Déjections = Bioturbation d'assemblage  
(agrégation biologique)

#### Micro-porosité

(< 100 µm de diamètre)



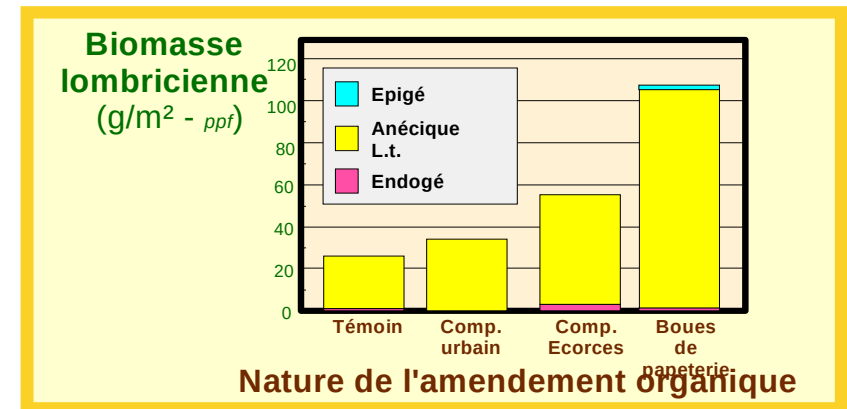
- cette MESO-porosité favorise l'infiltration et la rétention d'eau

- cette MICRO-porosité favorise la rétention d'eau

## Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

Rôles des lombriciens dans la **structuration des sols**

### ❑ Illustration au champ



Apports de PRO → augmentation de la biomasse lombricienne



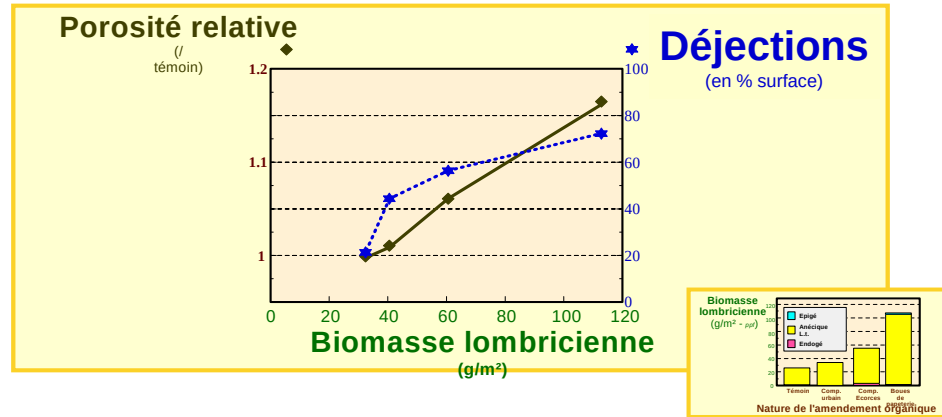
# Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

## Rôles des lombriciens dans la structuration des sols

### Illustration au champ

→ augmentation de la MACRO-porosité favorise l'infiltration de l'eau

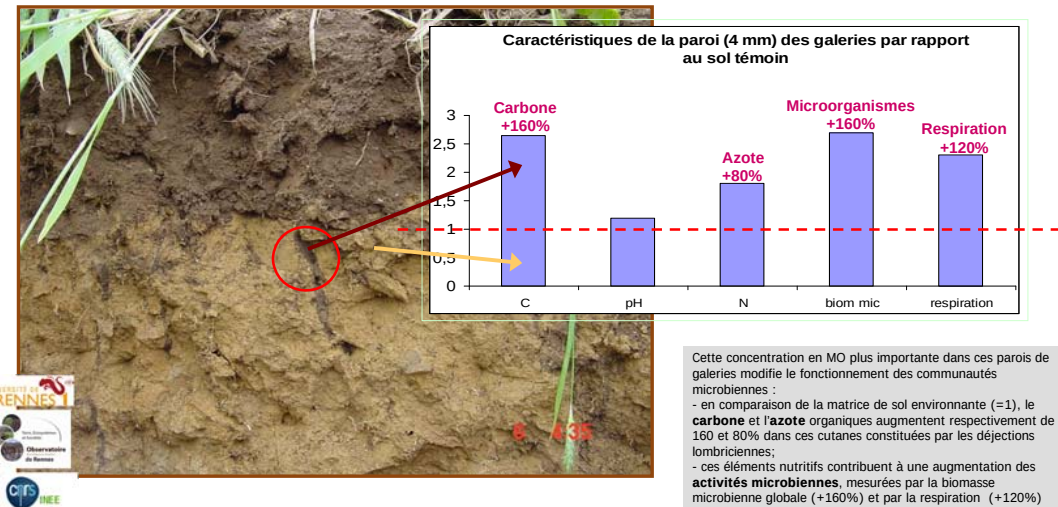
→ Augmentation de la MESO-porosité favorise la rétention d'eau



# Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

## Rôles des lombriciens dans la stimulation microbienne

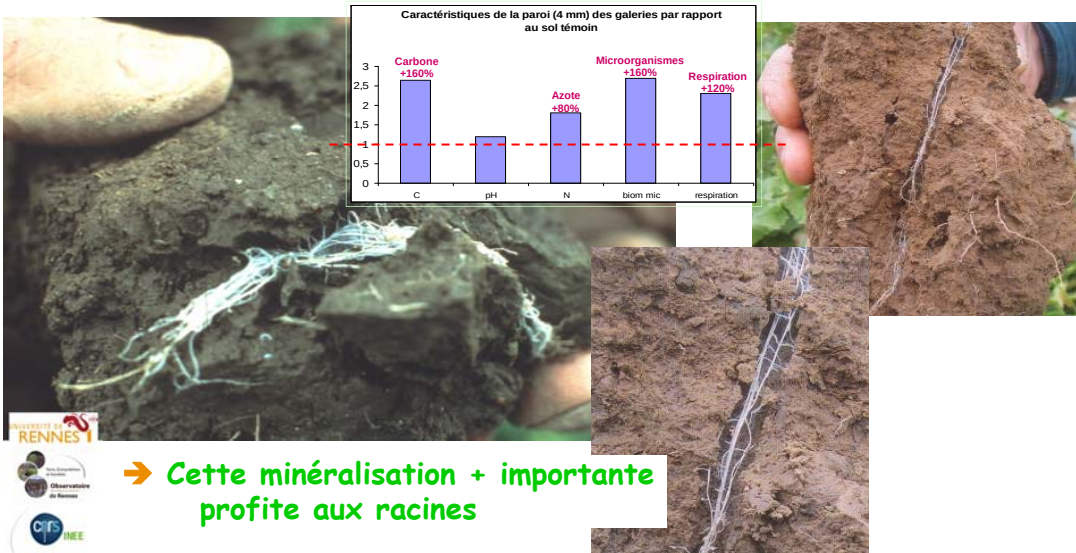
### parois de galeries = écosystème particulier



# Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

## Rôles des lombriciens dans la stimulation microbienne

### parois de galeries = écosystème particulier

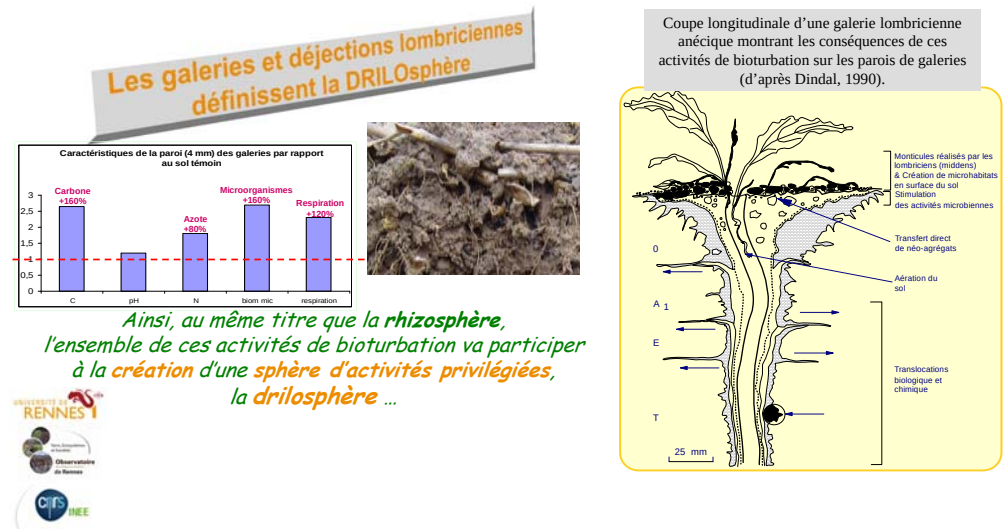


→ Cette minéralisation + importante profite aux racines

# Lombriciens comme acteurs dans le fonctionnement du sol

## en conclusion de cette partie,

### galeries & déjections = écosystème particulier





## La Biodiversité des sols et les activités agricoles

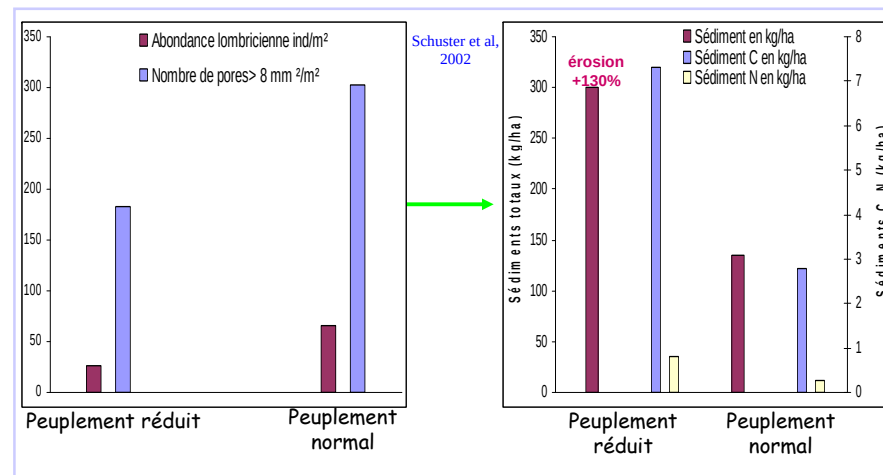
- Quid de la biodiversité des sols ?
- Rôles fonctionnels des vers de terre
- **Conséquences des activités biologiques du sol sur la circulation et la qualité de l'eau**
- Impacts et Conséquences des pratiques agricoles sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité
- Conclusions

- 1 - Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation ?
- 2 - Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux utilisateurs des sols ?



## Rôles des lombriciens & conséquences environnementales sur l'eau

### Conséquences environnementales de la macroporosité lombricienne



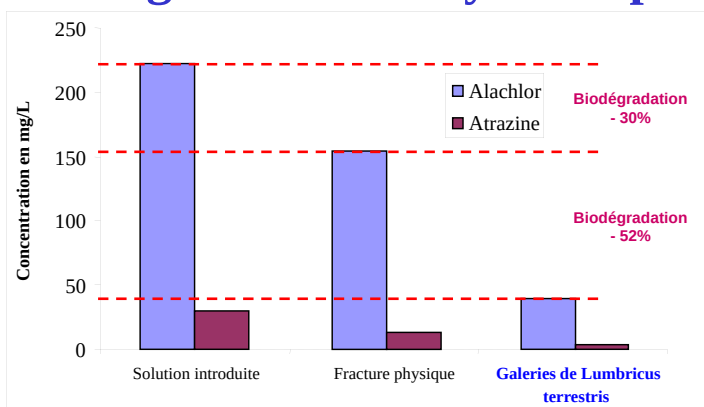
→ augmentation de la MACRO-porosité favorise l'infiltration de l'eau

→ moins de ruissellement et d'érosion

## Rôles des lombriciens & conséquences environnementales sur l'eau

### Conséquences environnementales de la stimulation microbienne

□ parois de galeries = écosystème particulier



→ augmentation de la MESO-porosité favorise la rétention d'eau +longtemps dans les 1<sup>er</sup> 20cm

→ augmentation des activités microbiennes favorise la minéralisation des MO naturelles & xénobiotiques

## Rôles des lombriciens & conséquences environnementales

### en conclusion de cette partie,

#### Développement des activités biologiques dans le sol



Augmentation de la porosité du sol  
= capacités d'INFILTRABILITE

Augmentation de la structure grumeleuse  
= capacité de RETENTION

Augmentation de la biodégradabilité  
= capacité d'EPURATION

# La Biodiversité des sols et les activités agricoles

- Quid de la biodiversité des sols ?
- Rôles fonctionnels des vers de terre
- Conséquences des activités biologiques du sol sur la circulation et la qualité de l'eau des sols
- Impacts et Conséquences des pratiques agricoles sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité

## Conclusions

- 1 - Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation ?
- 2 - Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux utilisateurs des sols ?



## Lombriciens

comme outils de gestion des écosystèmes



## Groupes FONCTIONNELS d'impact

Acteurs & indicateurs du fonctionnement des écosystèmes

2 approches

## Groupes de REPONSES

Indicateurs de l'état du sol, d'une pratique ou de l'évolution des systèmes de production

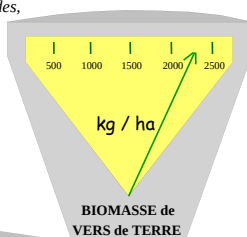
## Impacts des pratiques culturales sur les lombriciens

### FACTEURS de DÉGRADATION

- Travaux avant plantation en conditions humides
- Compactage des sols
- Désinfection de fond
- Fertilisation minérale exclusive
- Protection phytosanitaire (la majeure partie des Insecticides et molluscides, certains fongicides, qq herbicides...)
- Sol nu
- Désherbage chimique "total"
- Brûlage des sarments
- ...

### FACTEURS de RESTAURATION

- Jachère après arrachage
- Amendements organiques dès la plantation
- Composts agro-forestiers, ...
- Fertilisation raisonnée et diversifiée incluant Fumures organo-minérales
- Protection phytosanitaire raisonnée
- Utilisation raisonnée de certaines matières actives
- Protection du sol et retours de MO (et inversement)
- Couvert végétal partiel (ENM, Couverts semés)
- Amendements à granulométrie grossière
- Broyage des sarments
- ...



BIOMASSE de VERS de TERRE

## Impacts des pratiques culturales sur les lombriciens

### Conséquences environnementales de la disparition des lombriciens

## Conséquences des pratiques culturales dégradantes sur le fonctionnement des sols agricoles

### Diminution des activités biologiques

Diminution de l'infiltrabilité

Diminution de la rétention  
Diminution de l'épuration biol.

Augmentation du ruissellement

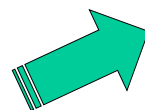
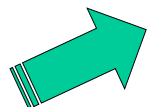
Augmentation lessivage sans biodégradation

Accentuation de la contamination des eaux

# Impacts des pratiques culturelles sur les lombriciens

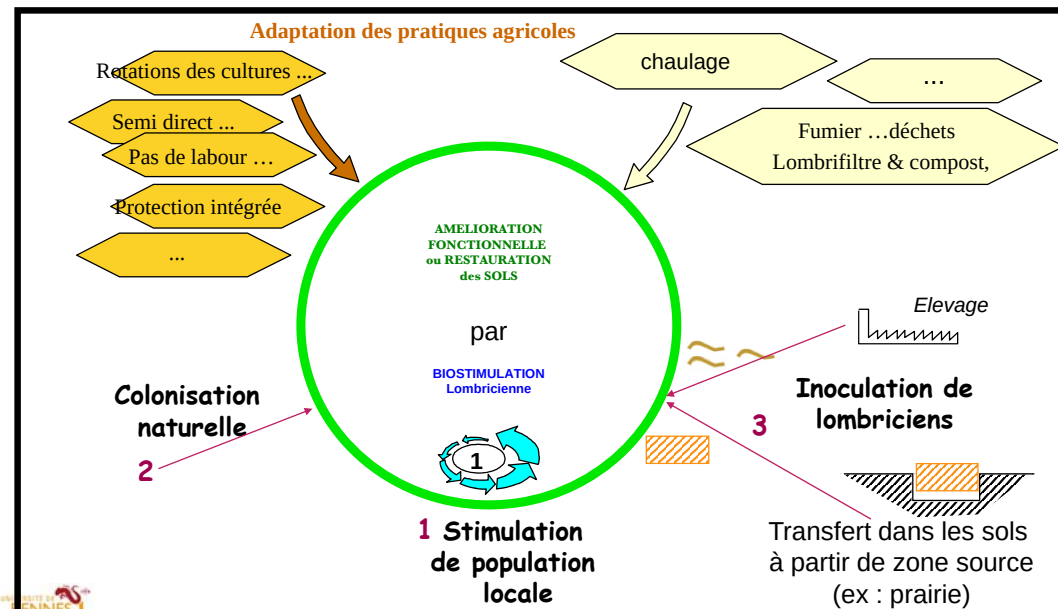
en conclusion de cette partie,

→ La restauration de la qualité de l'eau doit prendre en compte la redistribution des activités dans le paysage-versant, en éloignant les parcelles à risques des bords de cours d'eau



La restauration de la qualité de l'eau passera par le développement de pratiques agricoles respectueuses de la biodiversité des sols

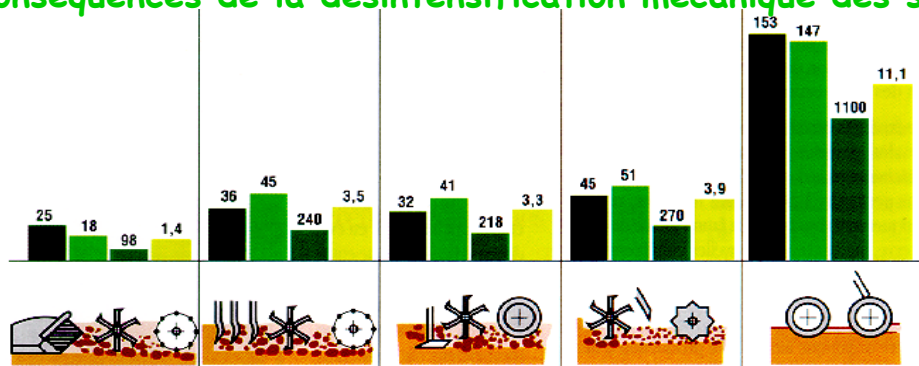
→ La restauration de la qualité de l'eau devra aussi s'intéresser à l'intra-parcelle: ce qui s'y passe peut avoir de fortes conséquences sur la qualité des eaux



# Impacts des pratiques culturelles sur les lombriciens

## ILLUSTRATION

## Conséquences de la désintensification mécanique des sols



■ Nombre lombriciens / m² ■ Biomasse (g / m²) ■ Volume galeries (ml / m²) ■ Turricules (kg / m² / an)

1 80 067 / Ben Tebrügge

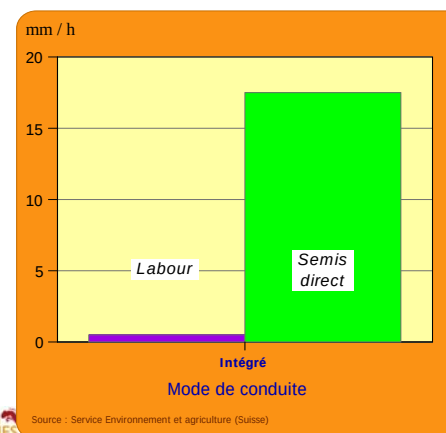
Université de Giessen

En grandes cultures, l'arrêt du labour est favorable aux espèces lombriciennes de grande taille : les différentes techniques de travail superficiel permettent une augmentation de la biomasse (x2 à x3). Le passage au Semi Direct entraîne une augmentation de toutes les espèces lombriciennes présentes. Ces augmentations plus ou moins importantes des abondances et biomasses ont des conséquences fonctionnelles sur la macroporosité tubulaire.

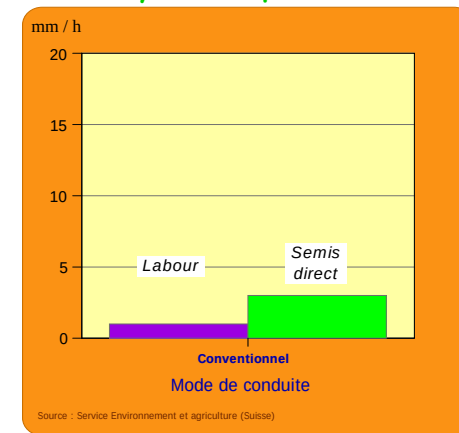
# Impacts des pratiques culturelles sur les lombriciens

## Biodiversité & Services écosystèmes

## Conséquences fonctionnelles liées aux TCS en terme de conductivité hydraulique



Source : Service Environnement et agriculture (Suisse)



Source : Service Environnement et agriculture (Suisse)

Ces augmentations de macroporosité sous TCS ont normalement des conséquences fonctionnelles sur la conductivité hydraulique des sols (en comparaison sous labour); mais d'autres pratiques accompagnant parfois les TCS comme l'augmentation des molluscides peuvent compromettre les bénéfices fonctionnels.



## La Biodiversité des sols et les activités agricoles

- Quid de la biodiversité des sols ?
- Rôles fonctionnels des vers de terre
- Conséquences des activités biologiques du sol sur la circulation et la qualité de l'eau des sols
- Impacts et Conséquences des pratiques agricoles sur ces rôles écologiques liés à cette biodiversité

## Conclusions

1 - Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation ?

2 - Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux utilisateurs des sols ?



## En conclusion,

- 1 - Comment établir un référentiel Biodiversité des sols pour une meilleure interprétation ?



## Quelles connaissances sur la distribution de cette biodiversité ?

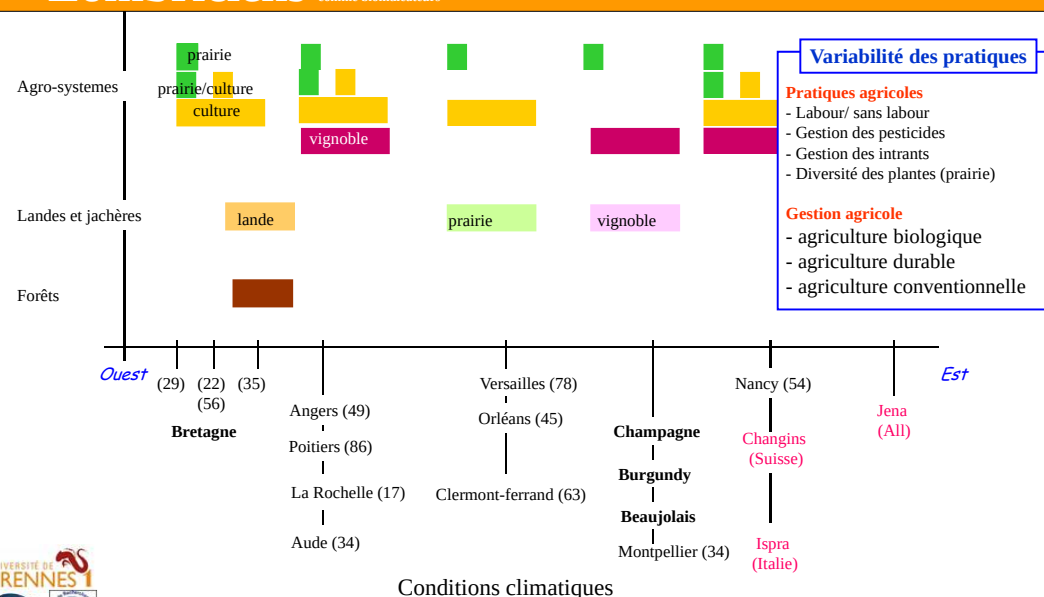
Dans le contexte actuel (F / EU), un manque de référentiels cohérents sur cette biodiversité

selon les types de sol, leurs usages, les itinéraires techniques, les modes de gestion, ...

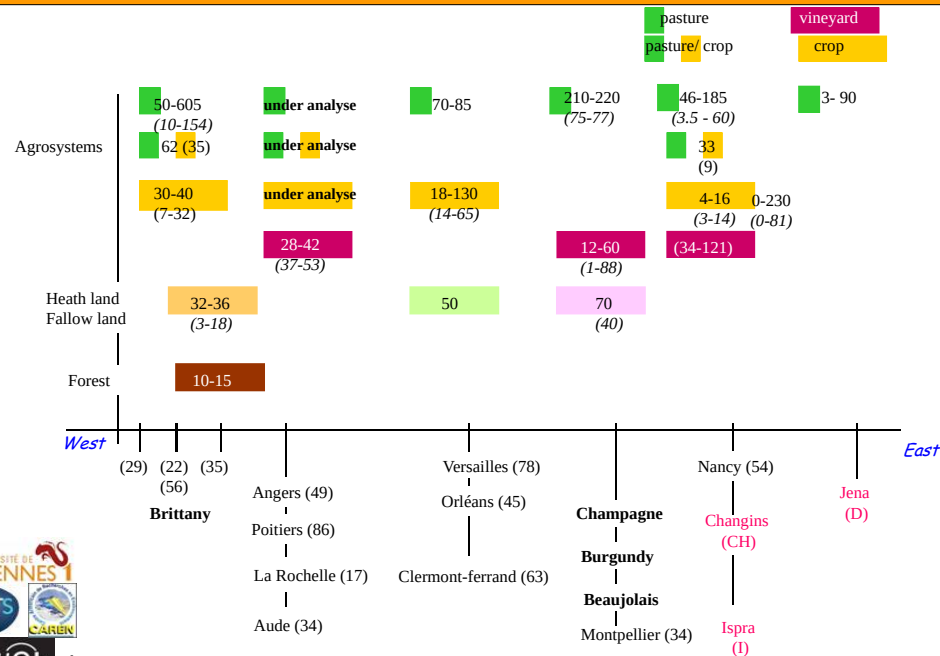
D'où la mise en œuvre de cet OPVT pour participer à établir ce référentiel ...



## Lombriciens comme bioindicateurs

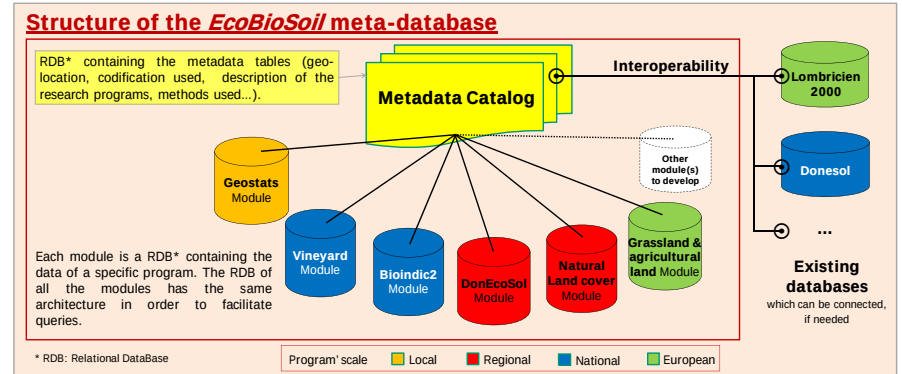


Baselines expressed as abundance i./m<sup>2</sup> and (biomass, g/m<sup>2</sup>)



## Observatoire de la Biodiversité des sols

### Base de Données *EcoBioSOIL*



## En conclusion,

- 2 - Comment développer le référentiel tout en réalisant un transfert d'outil BioIndicateur aux utilisateurs des sols ?

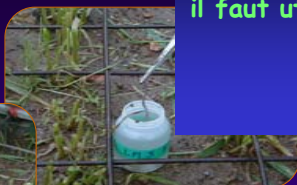
## Concrètement, comment faire ?

Méthode de prélèvements des lombriciens

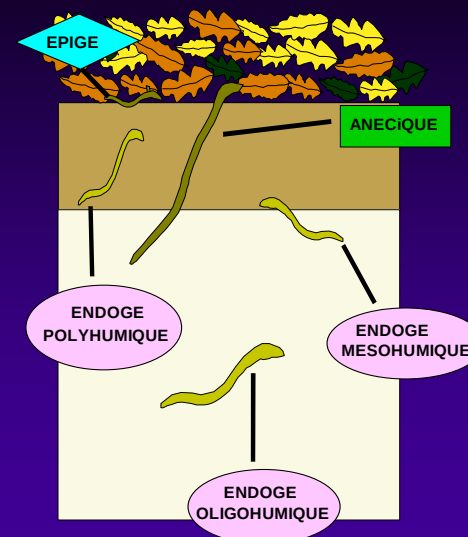
Que ce soit en forêt,  
en prairies, en cultures annuelles et pérennes,  
il faut utiliser une surface élémentaire de 1m<sup>2</sup>

avec ou sans tri manuel ...  
selon les objectifs ...

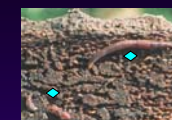
- 3 épandages de formol (solutions à 0.25 % et 0.40 % toutes les 15 mn, 10 L/m<sup>2</sup>),
- récupération des vers émergents et grattage léger après 45 mn,
- prélèvement d'un bloc de terre (25 x 25 x 20 cm) pour tri manuel.



## Concrètement, comment faire ?



Les épigés



Les anéciques

Le lombric commun (epi-anecic)



Le Tête noire (anecic)

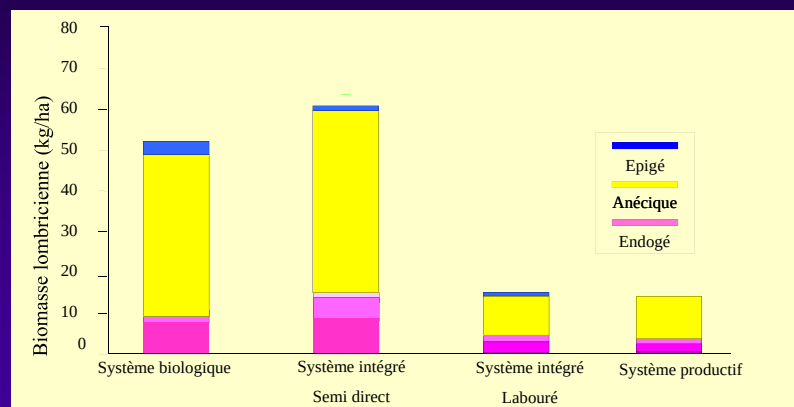


Les endogés



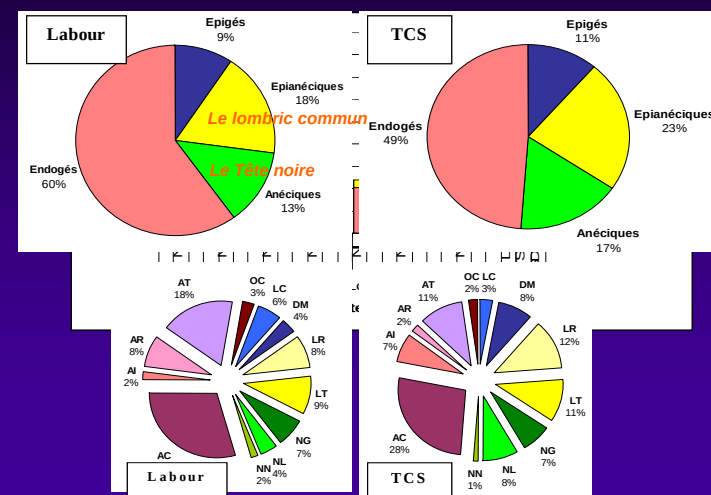
## Concrètement, comment utiliser ?

par ex., évaluation de la macrofaune lombricienne  
au sein d'un site expérimental  
(site de La Cage, INRA Versailles)



## Concrètement, comment utiliser ?

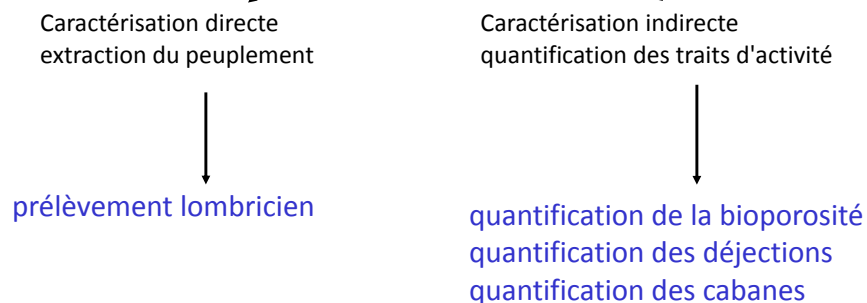
par ex., évaluation de la macrofaune lombricienne  
au sein d'un réseau de parcelles  
chez des agriculteurs (en Bretagne)





## Méthodes d'observation disponibles

### Caractérisation des communautés lombriciennes (& sphère d'influence des activités lombriciennes)



Description d'un profil  
identification des horizons

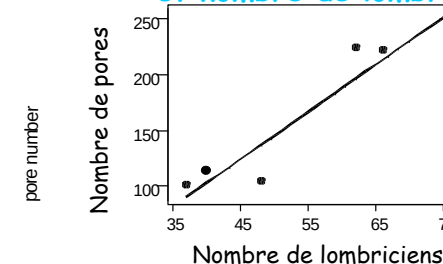


Quantification de la  
porosité biologique

Février 2009

## Méthodes de quantification des actions des lombriciens

Relation nombre de pores et nombre de lombriciens



PERES & al, 1998

## Méthodes de quantification des actions des lombriciens

Relation nombre de pores et nombre de lombriciens :

Elle va varier en fonction  
des types de sol,  
des histoires culturelles,  
et des systèmes des productions ...

Il reste aussi des questions de recherche en suspens  
de manière à faire des liens fonctionnels  
entre actions des lombriciens et transfert aux échelles emboîtées,  
du profil à la parcelle, voir le versant (...?)

Février 2009

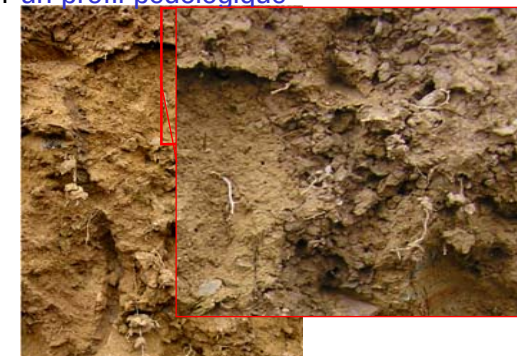
## Travaux en cours de Denis PIRON



Développement d'un outil de caractérisation de la bioturbation lombricienne en intégrant l'ensemble des traits morphologiques associés (galerie et assemblage de déjections) par une lecture directe sur un profil pédologique

Introduction du concept de faciès

«Il définit une entité surfacique du profil pédologique dont les caractéristiques morphologiques sont distinctes de celles des entités adjacentes, reflétant ainsi un processus de structuration particulier».



### Objectif

Evaluer la pertinence de décrire les faciès:  
→ Vers la construction d'un indicateur des activités lombriciennes dans les sols agricoles

## **Annexe 4c**

### **Formation sur la mise en œuvre du protocole simplifié LOMBRICIENS**





# Observatoire Participatif des Vers de Terre

## Journées de formation 2011

### Organisation des prélèvements et de la saisie informatique

OPVT

Daniel CLUZEAU & Natacha DELAVEAU,

Observatoire de Rennes - OSUR / UMR CNRS EcoBio  
<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT>



## OPVT - Objectifs

Proposer un **outil pédagogique d'évaluation simplifiée** de la biodiversité  
à l'aide des **vers de terre** dans les **sols** (agricoles, naturels ou urbains)

Rendre possible ces observations par divers publics :

- agriculteurs, scolaires, naturalistes, chasseurs, jardiniers,
- gestionnaires de milieux naturels ou très anthropisés ...

Etablir **progressivement** des référentiels de ces macroorganismes du sol  
grâce à la participation du plus grand nombre de personnes



La portée de l'outil dépendra de la **participation**

## OPVT - Objectifs

Mais aussi...

- Veille technique et orientation de recherche
- Outil d'aide à la décision pour les groupements agricoles
  - Etat des lieux d'un site ou d'un territoire
  - Impacts comparés des pratiques culturales
  - Evaluation d'effet dépressif à court terme

## OPVT - Méthode simplifiée

### Conditions d'application

**Dates** : janvier - Avril (décalage dans les zones enneigées ou humides)  
= période d'activité maximale pour les vers de terre

**Météo** : T C entre 6 et 10 C, sol ressuyé

**Moment de la journée** : De préférence le matin

**Positionnement** : Surface plane distante de 10 m du bord de la parcelle

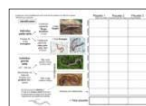
**Durée** : compter environ 3 heures pour la totalité de la manipulation  
(1 heure par m<sup>2</sup>)



## OPVT - Méthode simplifiée

### Conditions d'application

- ✓ Cisaille à haie, cisaille électrique ou rotofil (si étude de prairie)
- ✓ 12 piquets de signalisation + 12m de ficelle (pour matérialiser chaque m<sup>2</sup>) et 1 mètre-ruban
- ✓ 3 bassines ou seaux (pour stocker et rincer les vers de terre)
- ✓ Gants jetables
- ✓ Arrosoir de 12L + rampe d'arrosage + agitateurs (=3 piquets)
- ✓ Eau : 60L car 20 L par m<sup>2</sup>
- ✓ Moutarde forte commerciale (4 pots/m<sup>2</sup>):  
→ 12 petits verres de 150 g **AMORA fine et forte**
- ✓ Pince à épiler **plate** (pour ne pas couper les vers de terre)
- ✓ Surface claire pour l'identification (ex : bâche)
- ✓ Feuilles de terrain récupérées sur le site Web de l'OPVT



## OPVT - Fiche de terrain

**SUIVI DES LOMBRICIENS COMMUNS EN MILIEU AGRICOLE**  
**FEUILLE DE TERRAIN - cultures pérennes**

Nom du site / Exploitation : ..... Lieu dit : .....  
Commune : ..... Observateur(s) : ..... **OPVT**

**AGRICULTURE / GESTION**

Type de production : .....  
Année de plantation : .....  
Conduite de la parcelle : .....  
Fertilisation : .....  
Amendement : .....  
Produit : .....  
Nb passages : .....  
Quantité : .....

**HABITAT / PAYSAGE**

Texture du sol (dominance) : ☐ argile ☐ limon ☐ sable  
Couleur : .....  
pH : .....  
Bordure de la parcelle (distance en m des observations) : .....  
Milieu limitrophe : .....  
Bordure de la parcelle : .....  
Parcelle : .....  
Zones d'échantillonnage : .....  
3 placettes d'1 m<sup>2</sup>

**CONDITIONS DES OBSERVATIONS**

Météo : T° C : ..... Ensoleillement : ☐ soleil ☐ peu nuageux ☐ couvert  
Vent : ☐ nul ☐ léger ☐ fort Humidité du sol : ☐ détrempé ☐ ressuyé ☐ sec  
Date : ..... Heure de début : ..... Heure de fin : .....  
Pluie : ☐ nulle ☐ légère ☐ forte  
Date dernière pluie et gelée : .....  
**Attention :** Effectuer le prélèvement uniquement sur un sol ressuyé (ni gelé ou en dégel, ni saturé en eau, ni trop sec)  
Dates : le plus tôt possible dès janvier, lorsque les conditions sont optimales (pas de gel) et jusqu'au 15 mars dans le sud du pays en plaine, jusqu'au 15 avril dans la moitié nord. Décalage possible en zone de montagne : res : le matin, il faut avoir fini avant midi heure solaire.

école : UMR EcoBio Université de Rennes 1 / Station Biologique de Paimpont. Saisie des données : <http://ecobiologi.univ-rennes1.fr>

Bon inventaire !

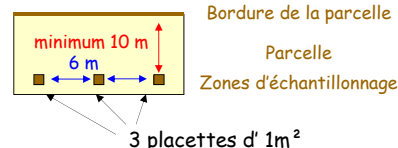
## OPVT - Méthode simplifiée

### Protocole

### 1. 3 zones d'échantillonnage de 1 m<sup>2</sup>

sur une surface homogène et représentative de la parcelle

couper la végétation avant de faire le prélèvement



### 2.

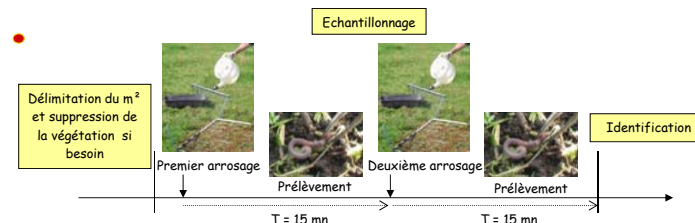
Préparer la solution sur place : pour chaque arrosage, diluer 2 **petits pots** de moutarde forte commerciale dans un arrosoir de 10 L d'eau.  
Bien agiter



## OPVT - Méthode simplifiée

### Protocole

### 3.



- 2 épandages de moutarde diluée à 15 minutes d'intervalle
- entre les deux arrosages, ramasser les vers
- (**précaution** : bien attendre qu'ils soient complètement sortis de leurs galeries)
- mettre les vers dans une bassine remplie d'eau
- limiter le piétinement autour du m<sup>2</sup>



## OPVT - Méthode simplifiée Protocole

4. - Laver les vers
- Les étaler sur une surface de couleur claire (ex. bâche)
- Les déterminer à l'aide de la fiche d'identification

Identification

et les séparer selon les 4 groupes

Individus  
petite  
taille

Fortement  
pigmenté  
**Rouge  
bordeaux**  
1-5 cm

**Epigés**



Individus  
grande  
taille  
(10 – 100 cm)

Décoloration du  
corps en fonction  
d'un gradient tête /  
queue

**Anéciques**



**Tête  
rouge**  
(clitellum  
orange)



**Tête noire**  
(clitellum  
marron)



Individus  
petite à  
moyenne  
taille  
(3-20 cm)

Faiblement  
pigmenté :  
**rose, gris-  
clair, vert**  
3-20 cm

**Endogés**



Clitellum



## OPVT - Méthode simplifiée Protocole

4. - Laver les vers
- Les étaler sur une surface de couleur claire (ex. bâche)
- Les déterminer à l'aide de la fiche d'identification

et les séparer selon les 4 groupes

- Compter les individus par groupe

et reporter les résultats sur la feuille de terrain

- Remettre les vers à 2 mètres environ du quadrat



## OPVT - Fiches de terrain

Laissez les vers complètement sortir avant de les prélever du côté de la queue.  
Attention aux cassures.

Placette 1 Placette 2 Placette 3

Noter le nombre d'individus dans les cases correspondantes.

| Identification          | Fortement pigmenté<br><b>Rouge bordeaux</b><br>1-5 cm | Individus grande taille<br>(10 – 100 cm)<br>Décoloration du corps en fonction d'un gradient tête / queue | Individus petite à moyenne taille<br>(3-20 cm)<br>Faiblement pigmenté : <b>rose, gris-clair, vert</b> | Total Anéciques |           | Total Endogés |           | Total placette |
|-------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
|                         |                                                       |                                                                                                          |                                                                                                       | Adultes         | Juveniles | Adultes       | Juveniles |                |
| Individus petite taille | Individus grande taille                               | Individus petite à moyenne taille                                                                        | Individus petite à moyenne taille                                                                     | Adultes         | Juveniles | Adultes       | Juveniles | Adultes        |
|                         |                                                       |                                                                                                          |                                                                                                       | Adultes         | Juveniles | Adultes       | Juveniles |                |

Qu'est-ce que le clitellum ?  
Il s'agit d'un anneau coloré situé dans le premier tiers du corps du ver de terre. Il permet de reconnaître les adultes.

Individus non déterminés

Saisie des données: <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr>



Saisir vos résultats en ligne

<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr>

## OPVT - Saisie des résultats

<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr>

Page d'accueil

**EcobioSoil**

Accueil Programmes Modules Communications Partenaires Contact

Mardi 15 Mars 2011, 17:33:32

**Présentation**

**Programmes**

- ADEME Bioindicateurs
- RMQS BioDiv
- Contrat Nature
- OPVT
- EcoVitoSol
- Vadebio-Biotechnosol

**Partenaires**

**Glossaire**

**PRÉSENTATION DE L'OBSERVATOIRE**

Tête de résumé (cf. Daniel)

**Publications**

Número thématique  
d'Etude et Gestion des  
Sols sur le programme  
ADEME « Bioindicateurs  
de qualité des sols »  
Lire la suite

**OPVT**

**Bioindicateurs 2**

**RMQS-BioDiv**

**Contrat nature**

**EcoVitoSol**

**SoilDrive**

**ACTUALITÉS**

Du 7 au 9 février 2011, réunion plénière ADEME BIO 2, à la Station Biologique de Paimpont

© 2010 CHS-LPM 4033 Ecole

CHS INEE

Observatoire de Rennes

UNIVERSITÉ RENNES 1







L'Observatoire Participatif des Vers de Terre a pour objectifs de

- proposer un outil d'évaluation simplifiée de la biodiversité animale à l'aide des vers de terre dans les sols agricoles ou naturels
- rendre possible ces observations par divers publics à l'aide d'un protocole simplifié : agriculteurs, scolaires, naturalistes, chasseurs, jardiniers, gestionnaires de milieux naturels ou très anthropisés (sols urbains, technosols, ...)
- établir progressivement des référentiels de ces macroorganismes du sol grâce à la participation du plus grand nombre de personnes

Fiches de terrain et guides à télécharger

Saisir vos résultats en ligne



## OPVT - Evaluation

|                                 | Avantages                                                                                             | Inconvénients                                                        |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Application du protocole</b> | -Facile à mettre en œuvre<br>-Une fois dans l'année maximum<br>-Dans des milieux variés               | -Long (2h30/pers/parcelle)<br>-Période restreinte d'observation      |
| <b>Informations recueillies</b> | -Observations instantanées<br>-Etat des lieux d'un site<br>-Impacts comparés des pratiques culturales | -Temps d'acquisition des références<br>-Interprétation des résultats |
| <b>Outil moteur</b>             | -Pédagogique<br>-Stimulant pour des réflexions de groupe<br>-Veille technique                         |                                                                      |

## OPVT - Progressif

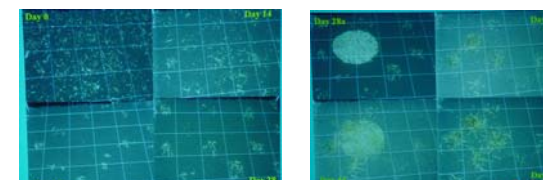
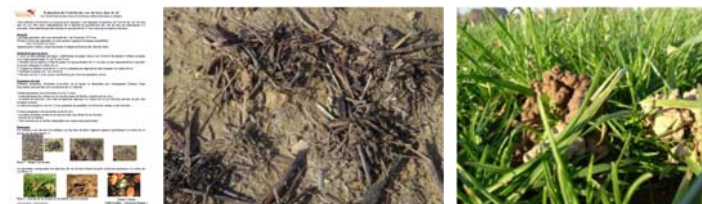
### Niveaux d'identification de la diversité lombricienne

|                                                       |                                          |                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1: Découverte</b>                                  | Tri manuel de blocs de sol               | Photographies légendées<br>Description succincte du milieu                                                                                                                          |
| Adultes/juveniles                                     |                                          |                                                                                                                                                                                     |
| <b>2: Initiation simple</b>                           | Arrosages sur des $\frac{1}{4}$ de $m^2$ | Photographies légendées<br>Description succincte du milieu<br>Abondances                                                                                                            |
| Catégories écologiques (Adulte/Juvenile)              |                                          |                                                                                                                                                                                     |
| <b>3: Avertis</b>                                     | Arrosages sur $3 * 1 m^2$                | Abondances<br>Description approfondie du milieu et des usages du sols                                                                                                               |
| Catégories écologiques (Adulte/Juvenile)              |                                          |                                                                                                                                                                                     |
| <b>4: Confirmés 1</b>                                 | Arrosages sur $3 * 1 m^2$                | Description approfondie du milieu et des usages du sols<br>Photographies légendées des morphotypes stockés dans alcool95<br>Abondances spécifiques Ad et Juv<br>Génotypage possible |
| Principales espèces (+ possibilité outil moléculaire) |                                          |                                                                                                                                                                                     |
| <b>5: Confirmés 2</b>                                 | Arrosages sur $3 * 1 m^2$                |                                                                                                                                                                                     |
| Toutes les espèces (+ possibilité outil moléculaire)  |                                          |                                                                                                                                                                                     |



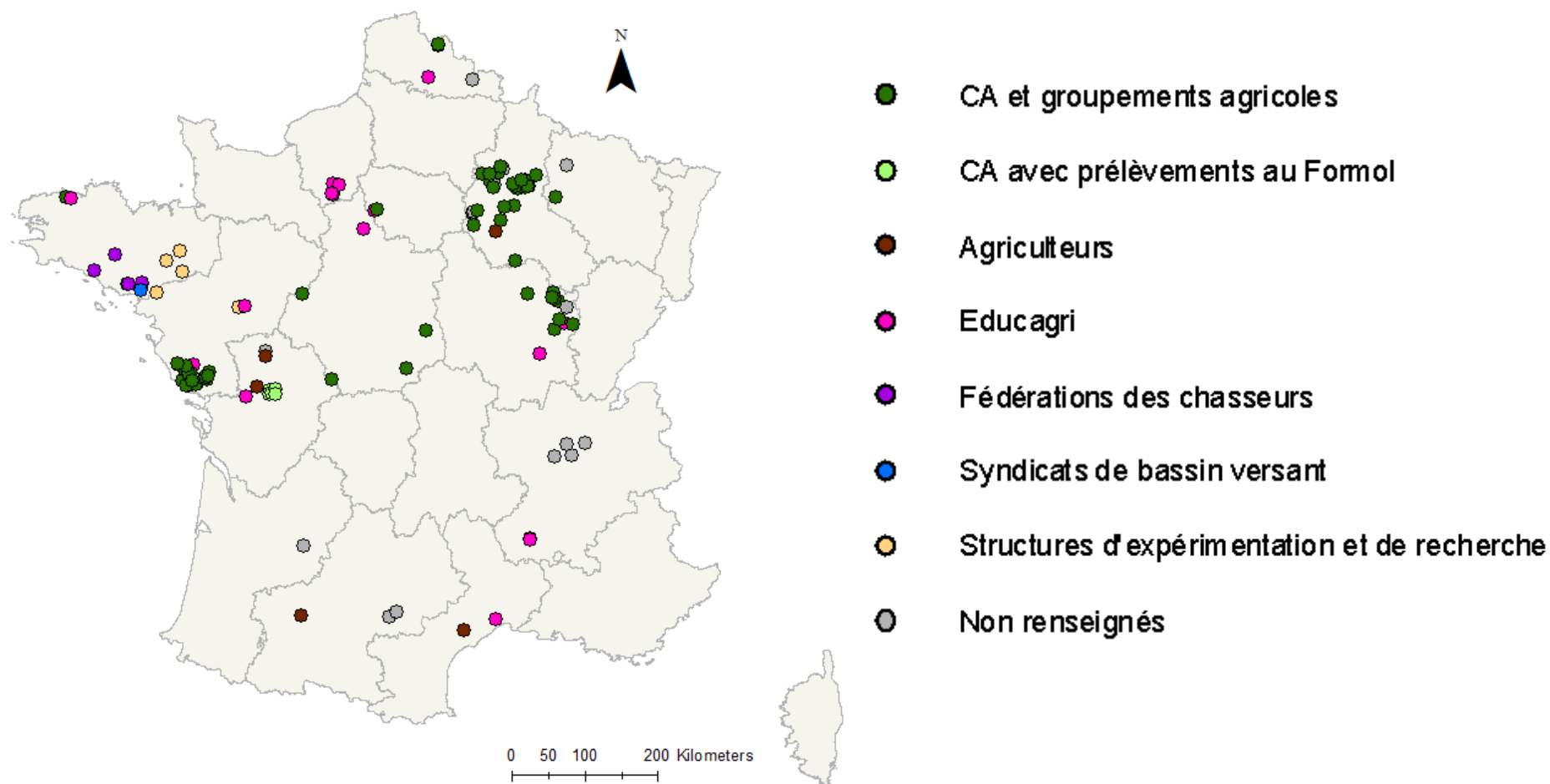
## OPVT - Progressif

Nouveau protocole pour estimer activité des lombriciens anéciques (construction de cabanes)



# OPVT - Bilan 2011

## Localisation géographique des prélèvements

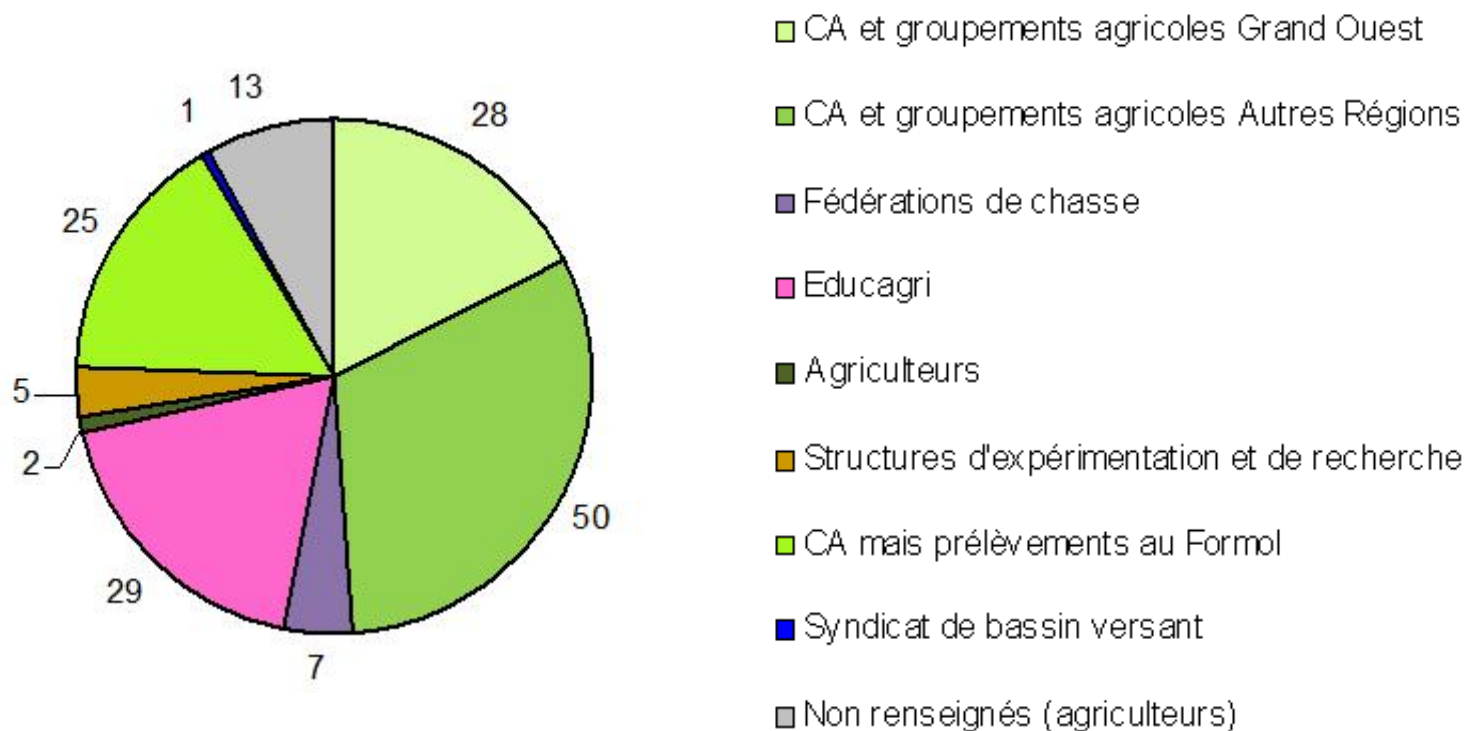


# OPVT - Bilan 2011

## Typologie des participations

Au moins **192** modalités (parcelles) dont

**168** modalités (parcelles) saisies sur le site Web de l'OPVT



Typologie des participants 2011

(qui ont saisi leurs données)



## **Annexe 4d**

### **Formation-Restitution aux participants à l'OAB** (concertation CIVC-MNHN-Ladyss-UR1)

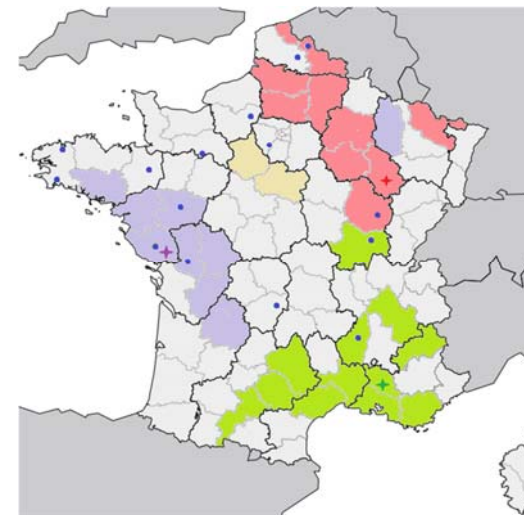


## Programme



|             |                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9h30- 12h30 | Tour de table<br>Contexte et objectifs<br>Présentation des protocoles<br><i>Discussion</i>      |
| 12h30 - 14h | Repas                                                                                           |
| 14h - 15h30 | Terrain = mise en œuvre du protocole vers de terre                                              |
| 15h30 - 17h | Transmission des données<br>Analyses et retours<br>Pistes pour l'animation<br><i>discussion</i> |

## Tour de table



« Vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

## Contexte et objectifs

Formations des  
14 février 2011 Moutiers-sur-le-Lay (85)  
16 février 2011 Chaumont (52)  
18 février 2011 Avignon (84)



Stéphanie GILARD (APCA)  
Rose-Line PREUD'HOMME (MNHN)

## Contexte et objectifs

### Historique du projet

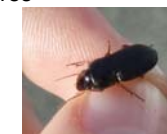


• **2009** : Travaux engagés entre le Ministère en charge de l'Agriculture et le MNHN afin de définir un jeu d'indicateurs pour évaluer l'état de la biodiversité en milieu agricole.



• **2010** : Phase de test, faisabilité et définition des modalités de mise en œuvre d'un observatoire de la biodiversité en milieu agricole.

- ✓ Test des protocoles sur le terrain par les agriculteurs volontaires
- ✓ Étude socio-géographique
- ✓ Préfiguration de l'architecture de l'observatoire



• **2011** : Suite au succès en 2010, déploiement de l'observatoire en associant un plus grand nombre de réseaux.



## Contexte et objectifs

### Partenaires

- Pilotage du projet : Ministère de l'Agriculture
- Mise en œuvre : APCA et MNHN
- Partenaires impliqués dans le développement des protocoles et la phase test en 2010 : CNRS Ladyss, UMR EcoBio Université de Rennes
- Comité de pilotage :

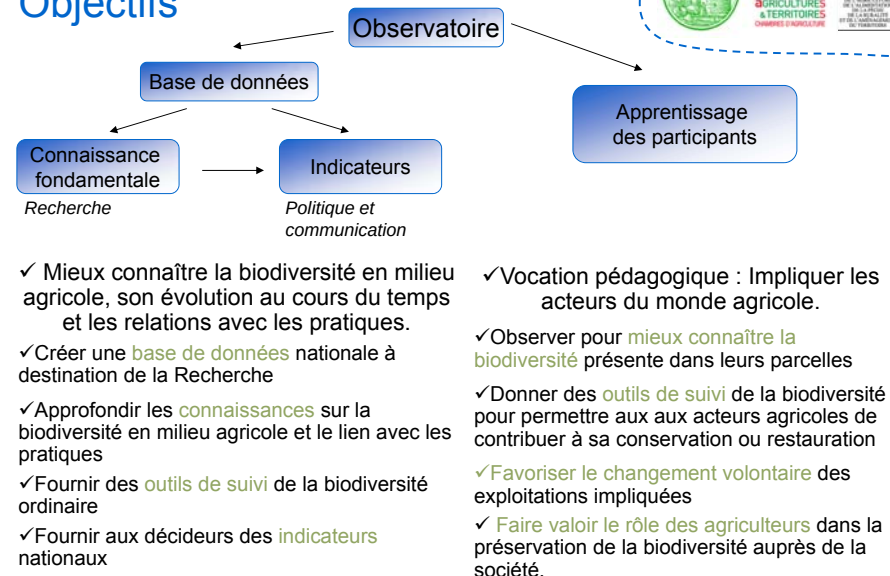


Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Objectifs



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010

- Étude de faisabilité scientifique, technique et sociale
  - demandes scientifiques  $\leftrightarrow$  limites sociales
  - demandes sociales  $\leftrightarrow$  limites scientifiques
- **Objectif** : valider des protocoles simplifiés à destination des agriculteurs volontaires
- Mobilisation au sein de territoires pilotes, via des réseaux déjà existants

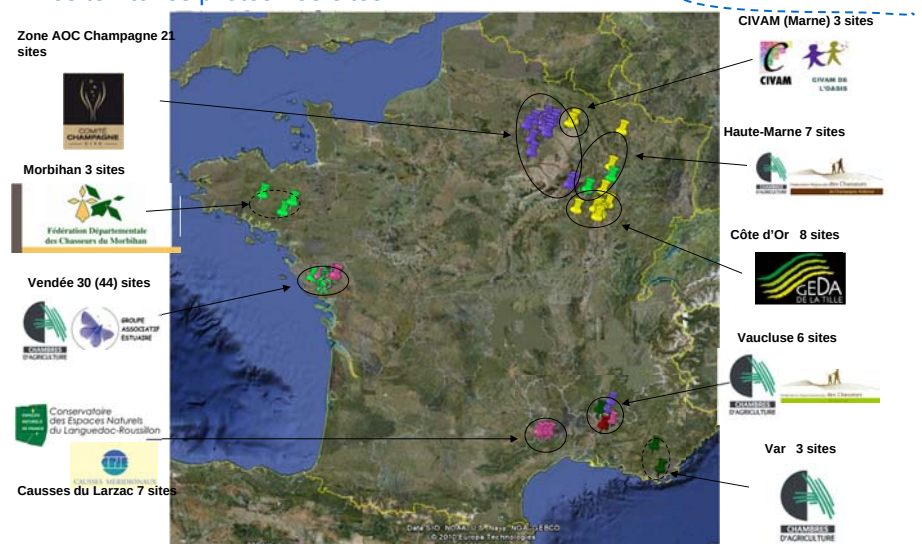


Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010 : Les territoires pilotes : 88 sites



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010 :

Qui sont les observateurs ?

#### •74 agriculteurs

- 9 techniciens ou ingénieurs (chambres d'agriculture, fédérations de chasse, comités interprofessionnels, coopératives)
- 4 lycées agricoles (enseignants, élèves, chefs d'exploitations)
- 5 stagiaires d'écoles d'agriculture et agronomie ou de BTS



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



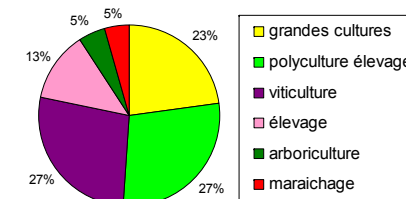
## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010 :

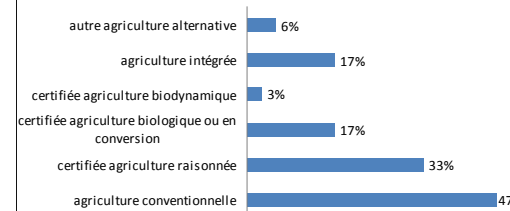
Qui sont les observateurs ?



#### Orientations des exploitations



#### Représentation des différents modèles d'agriculture



Résultats issus des retours des questionnaires 2



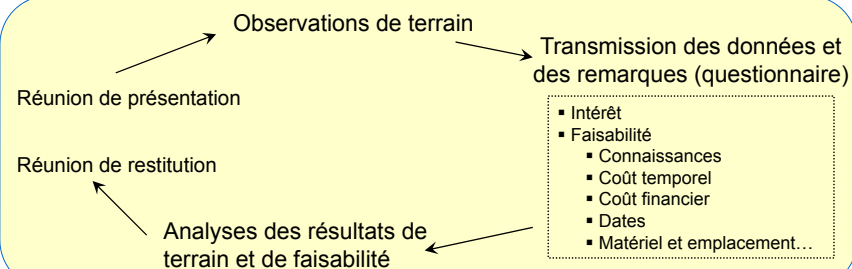
Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010 :

Méthodologie et résultats issus de la phase de test



- Co-construction des protocoles en fonction des remarques de faisabilité
- Aperçu de la mobilisation possible autour d'un tel projet
- Récolte des premières données de terrain



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

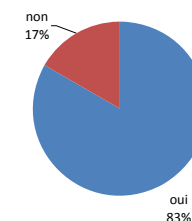


## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010 :

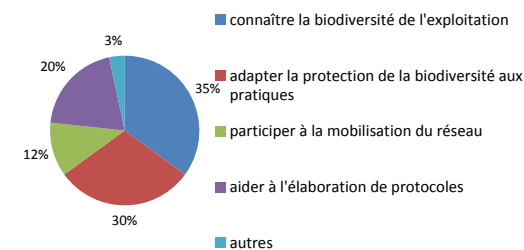
Quelles motivations ?

Votre intérêt pour l'observatoire est lié à vos pratiques ?



Résultats issus des retours du questionnaire 2

#### motivations pour participer à l'observatoire



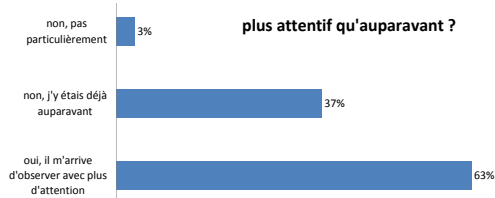
Résultats issus des retours du questionnaire 1

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



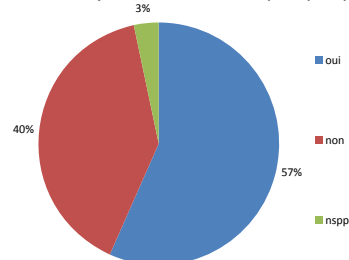
## Contexte et objectifs

### Mobilisation en 2010 : Sensibilisations des agriculteurs

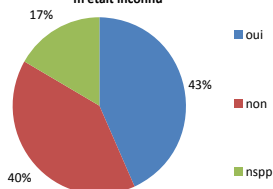


**63 % des agriculteurs ayant répondu au questionnaire sont plus attentifs à la biodiversité sur leur exploitation**

Sensibilité aux enjeux de biodiversité accrue depuis la participation



J'identifie suite à l'observatoire des prédateurs et ravageurs dont le rôle m'était inconnu



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

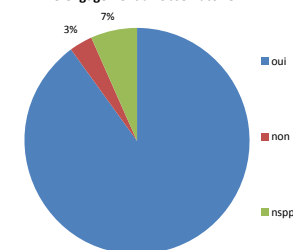


## Contexte et objectifs

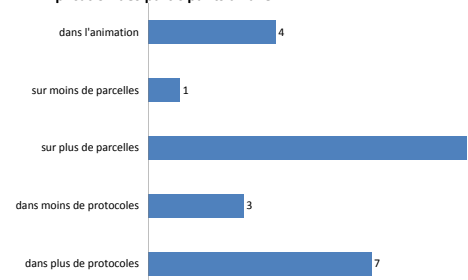
### Mobilisation en 2010 : Satisfaction

**90 % des agriculteurs ayant répondu au questionnaire souhaitent se réengager**

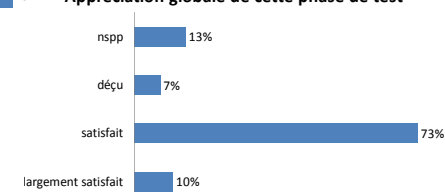
Ré-engagement à l'observatoire



Implication des participants à l'avenir



Appréciation globale de cette phase de test



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Poursuite du projet en 2011

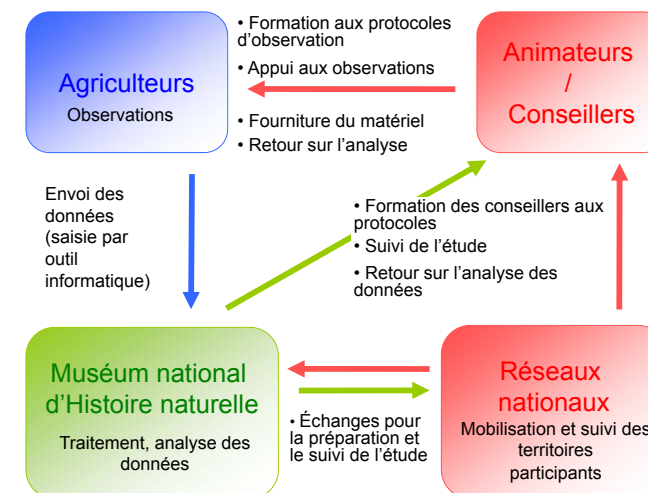
- Objectif : augmenter le nombre d'observateurs
- Méthodologie :
  - ✓ Passer par les réseaux pour la mobilisation et la formation
  - ✓ Former les animateurs
- Nouveaux outils : mise en place dans le courant de l'année d'une interface de saisie (informatique) test pour un protocole.

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Contexte et objectifs

### Méthodologie générale



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

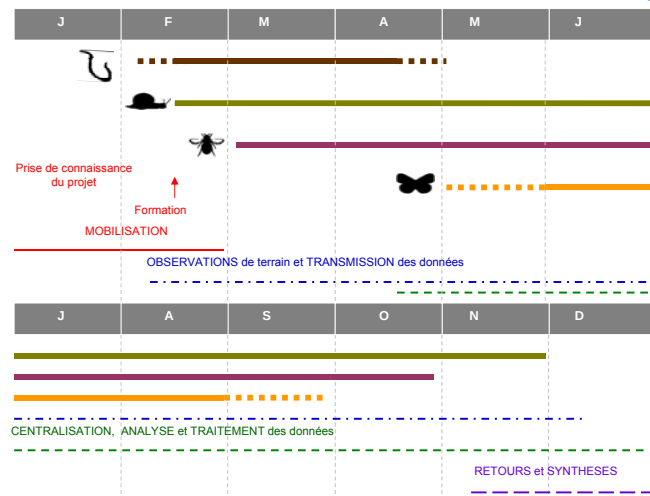




## Calendrier

**AGRICULTURES  
& TERRITOIRES**

CHAMBRE D'AGRICULTURE



# Présentation des protocoles

Rose-Line PREUD'HOMME (MNHN)  
Stéphanie GILARD (APCA)



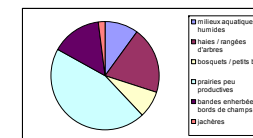
# Introduction



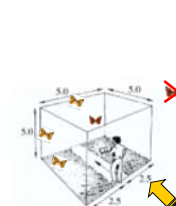
- Oiseaux
- Papillons
- Chauves-souris
- Flore
- Insectes floricoles (SPIPOLL)
- Biodiversité des jardins  
(papillons, bourdons, escargots, coléoptères)

# Introduction



[illegible]

Biodiversité → données → indicateurs



Analyse  
statistique

Représentation  
graphique ou  
cartographique

## Les protocoles

### Introduction

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Pour avoir un indicateur robuste, il faut :

Des données **standardisées** (récoltées de la même manière)



En **grand nombre** (réplicats dans des situations différentes, répétitions spatio-temporelles)



Réparties de façon relativement homogène **sur toute la surface étudiée** (représentativité)



## Les protocoles

### Introduction

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



#### ■ Protocoles :

- simples
- relativement rapides
- non destructeurs pour la faune
- mobilisateurs (auxiliaires de culture, « services »...)

#### ■ Intérêt

#### ■ Faisabilité

- Connaissances
- Coût temporel
- Coût financier
- Dates
- Matériel et emplacement...

Etude socio-géographique  
(questionnaires et entretiens lors de la phase de test)



## Les protocoles

### Introduction

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Quelles informations complémentaires demandées ?

Illustration avec une feuille de terrain

## Les protocoles

### Introduction

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



• un ou plusieurs protocoles au choix



Placettes  
vers de terre



Nichoirs  
abeilles  
solitaires



Transects  
papillons



Plaques  
invertébrés  
terrestres

Les 4  
protocoles

## Le « service » de pollinisation

Estimation à 153 milliard d'€/an (≈ 10% chiffre d'affaire de l'activité agricole)



Impact sur la quantité et la qualité des fruits

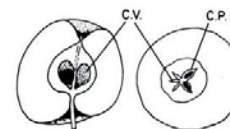
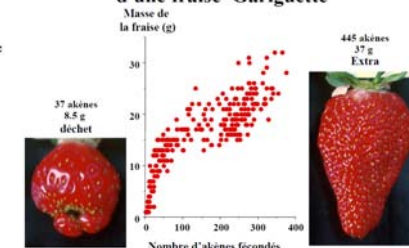


Fig. 145. — Déformation du fruit en raison d'une pollinisation insuffisante (réduction du nombre de pépins). C.V. : carpelle vide. C.P. : carpelle avec pépin.

Pollinisation et productions végétales, production collective INRA



## Effet du niveau de pollinisation sur la taille d'une fraise 'Gariguette'



Source : B. Vaissière, colloque INRA 2010 « Abeilles, pollinisation & Biodiversité : les risques du déclin »

## NICHOIRS A ABEILLES SOLITAIRES



S. De Pontbriand

Insectes : 3 paires de pattes

Hyménoptères : 2 paires d'ailes membraneuses souvent jointes au repos  
Environ 8000 espèces en France (abeilles, guêpes, fourmis...)



Photos : RL Preud'Homme



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### En savoir plus sur les abeilles...

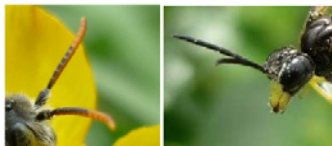
Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



#### ✓ Les antennes

Bien visibles, le plus souvent filiformes et pointues contrairement aux mouches.

Abeilles



Mouches



#### ✓ Les yeux

Yeux luisants en forme de goutte ou de haricot sur les cotés de la tête.

Abeilles



Mouches



Source : fiche insectes, SPIPOLL, programme Vigie Nature

## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### En savoir plus sur les abeilles...

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



#### ✓ Les pattes

Certaines abeilles présentent des pattes très fines (comme les mouches) alors que d'autres ont des pattes élargies (pour récolter le pollen).



Source : fiche insectes, SPIPOLL, programme Vigie Nature



#### ✓ Les ailes

Les nervures (traits) sur les ailes sont beaucoup utilisées par les experts pour déterminer les abeilles. La cellule en bout d'aile peut aider à reconnaître l'abeille mellifère.



Méthode de récolte du pollen : Brosse ventrale, corbeille...



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### En savoir plus sur les abeilles...

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

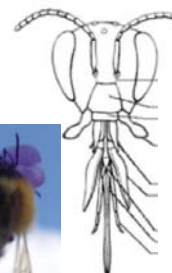


Environ 1000 espèces d'abeilles (Apoïdes) en France  
L'abeille domestique est l'une de ces espèces, les autres sont sauvages

20% vivent en colonie (dont les bourdons), les autres sont solitaires

6 classes d'abeilles (classification selon écologie, par exemple la longueur de la langue est un critère) :

Melittidés  
Apidés  
Mégachilidés  
Andrènes  
Halictidés  
Colletidés



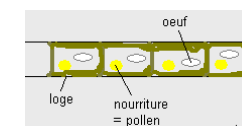
## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### En savoir plus sur les abeilles...

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Chez les abeilles solitaires, chaque femelle construit son propre nid. Elle va pondre dans des cellules construites à l'intérieur de cavités.



Les cavités peuvent être des trous dans le sol (80 % sont terricoles), des tiges creuses ou pleines, du bois, des coquilles escargot vides...



Installations au jardin écologique du MNHN

## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Le protocole

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



32 tubes en carton dans une bouteille d'1 L



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Le protocole

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Fixer les niochirs à un mètre de hauteur sur un piquet



Avec vis et rondelle



Avec vis et ficelle



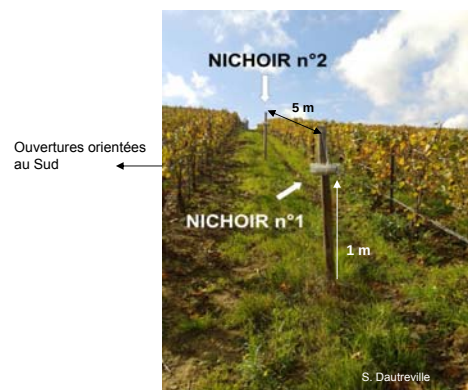
## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Le protocole

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Poser deux niochirs espacés de 5 m d'écart en bordure de parcelle, dans un endroit ensoleillé, orientés vers de sud.



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Le protocole

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Au moins 1 passage par mois, de 10 mn pour examiner 2 niochirs



- Noter au moins tous les mois le nombre de loges occupées, la nature de l'opercule, la présence d'insectes et la hauteur de la végétation sous le niochir

- Renseigner sur la feuille de terrain les éléments du paysage dans un rayon de 200 m environ

| Date         | heure   | Nature opercules | Nb de loges occupées | Nb d'abeilles observées | Hauteur végétation sous niochir |
|--------------|---------|------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 17./03./20xx | 16 h 15 | terre            | 3                    | 1                       | 15 cm                           |
|              |         |                  |                      |                         |                                 |
|              |         |                  |                      |                         |                                 |



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Les différents opercules...

Terre / boue  
La couleur dépend de la terre à proximité.



→ Osmies maçonnes



*Osmia cornuta* et *Osmia rufa*

- précoces, dès le mois de mars
- abeilles noires avec des poils roux sur l'abdomen
- pollinisatrices des arbres fruitiers et baies précoces et en général d'un grand nombre de fleurs et d'arbres.

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Les différents opercules...

Feuilles mâchées  
Les feuilles peuvent prendre différentes couleurs à long terme.



→ Osmies et autres



*Osmia caerulea*

- fin mai à fin juillet environ,
- Petite abeille bleue ou métallique-noire
- Pollinisatrice herbes aromatiques (lavande, romarin) et du trèfle



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Les différents opercules...

Morceaux de feuilles  
Les feuilles peuvent prendre différentes couleurs à long terme.



Pétales

→ Mégachiles ou « abeilles coupeuses de feuilles »



*Megachile* sp.

- Brosse ventrale bien développée, souvent orange ou rouge
- Abdomen convexe
- Fortes mandibules pour découper des demi-cercles dans les feuilles
- plus tardives : mai - août



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles ~ abeilles solitaires

### Les différents opercules...

Morceaux de feuilles  
Les feuilles peuvent prendre différentes couleurs à long terme.



Pétales



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »





## Les protocoles – abeilles solitaires

### Les différents opercules...

« Coton » Il s'agit de graines de plantes comme les pissenlits ou des poils présents sur certaines feuilles



→ Anthidies « cotonnières »

*Anthidium sp.*

- arrache ou découpe les poils sur les plantes, les roule en ballots
- bord du thorax présentant des bords jaunes ou rouges
- tardives : juin - août



ATTENTION à ne pas confondre avec des toiles et cocons d'araignées



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles – abeilles solitaires

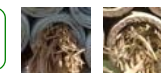
### Les différents opercules...

Résine (Certaines espèces ajoutent des gravillons sur la résine.)



→ Heriades et certaines Anthidies

« Herbes » Il s'agit de tiges ou d'herbes



→ guêpe : *Isodontia mexica*



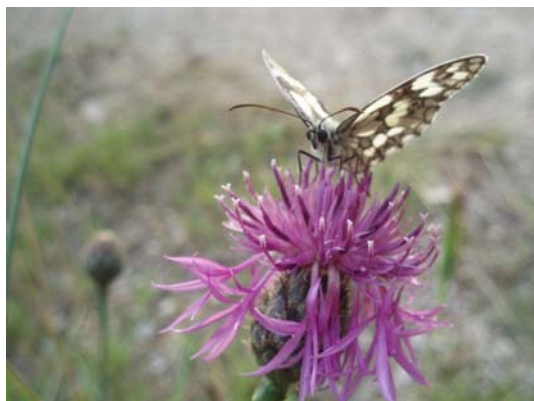
Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles

### PAPILLONS

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles – transect papillons

### En savoir plus sur les papillons...

→ Pollinisateurs

- Très sensibles aux modifications d'habitats
- Besoin des plantes hôtes pour les chenilles et de sources de nourriture pour les adultes
- Espèces généralistes ou spécialistes d'un milieu

→ Indicateurs à l'échelle du paysage



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



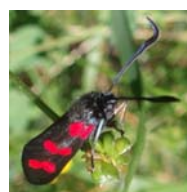
## Les protocoles – transect papillons

### En savoir plus sur les papillons...

Insectes : 3 paires de pattes

Lépidoptères : 2 paires d'ailes couvertes d'écailles, trompe rétractable

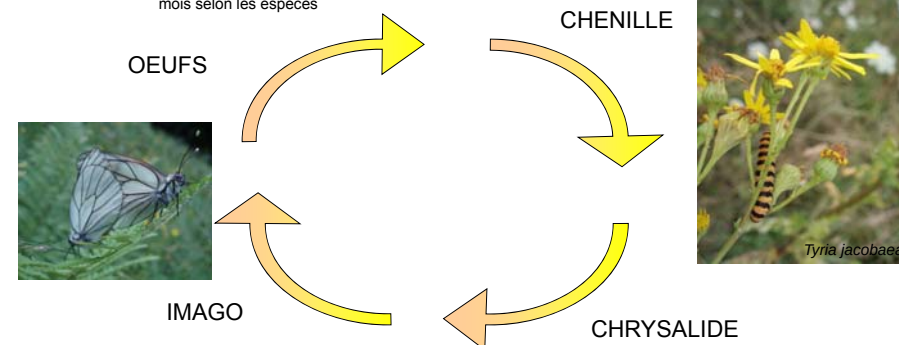
|                                | Rhopalocères                                       | Hétérocères                                                                                                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | Les papillons « de jour »<br>Uniquement la journée | Les papillons « de nuit »<br>Le jour et/ou la nuit                                                              |
| La période de vol              | En forme de massue.                                | Plusieurs formes possibles : plumbeuses, élargies sur toute la longueur...                                      |
| Les antennes                   | Accolée au dessus du corps.                        | A plat, en forme de toit.                                                                                       |
| La position des ailes au repos | Le vol est en général assez « léger » et « agile » | Semble voler avec difficulté, sauf certains papillons comme les zyènes (papillons noir et rouge) et les sphinx. |
| Le vol                         |                                                    |                                                                                                                 |



## Les protocoles – transect papillons

### En savoir plus sur les papillons...

Quelques uns à plusieurs milliers  
Eclosion au bout de quelques jours à quelques mois selon les espèces



## Les protocoles – transect papillons

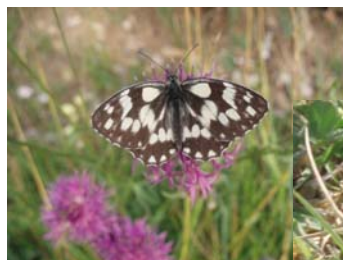
### Espèces communes en milieu agricole

#### Demi-deuil

Milieus plutôt ouverts

Juin – juillet

Plante hôte : Poacées diverses



#### Piérides blanches

Généralistes

Avril à octobre

Plante hôte : Brassicacées diverses

#### Lycènes bleus

Milieus ouverts

Avril – mai à septembre

Plante hôte : Fabacées diverses

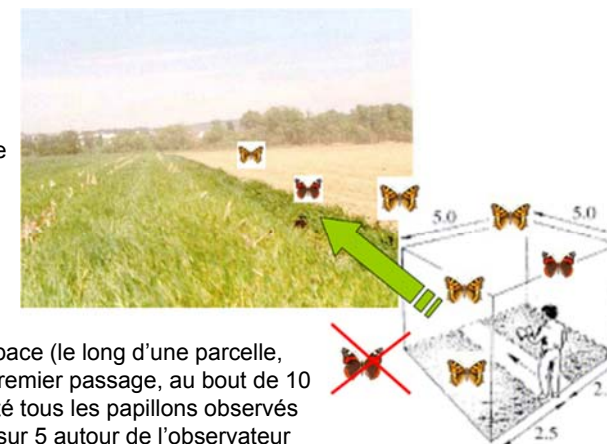


## Les protocoles – transect papillons

### Méthodologie

3 à 5 passages entre mai et septembre, 10 mn par transect

- Journée ensoleillée, si possible sans vent
- Passage de préférence en juin, juillet et août
- Espèces ou groupes d'espèces à reconnaître



Parcours fixe dans l'espace (le long d'une parcelle, distance fixée lors du premier passage, au bout de 10 min) sur lequel sont notés tous les papillons observés dans une boîte de 5 m sur 5 autour de l'observateur







## PLANCHES INVERTEBRES



E. Thys



## Mollusques

Les escargots et les limaces sont **des éléments importants de l'équilibre écologique** puisqu'ils sont des proies pour de nombreux oiseaux et animaux. Ils participent aussi à la décomposition des plantes et des feuilles mortes, contribuant ainsi à la **fabrication de l'humus** et au maintien de la qualité des sols.

Surtout actifs la nuit  
Surtout actifs si humidité  
Le plus souvent herbivores



Reproduction : jusqu'à une fois par mois, 100 œufs  
Longévité = 5 à 7 ans

Reproduction : 1 à 2 fois par an, 500 œufs  
Longévité = environ 1 an

Plusieurs centaines d'espèces d'escargot en France, la plupart très petites (moins de 5 mm)



## Mollusques

Luisants



RL. Preud'Homme



E. Thys

Petits gris



RL. Preud'Homme



E. Thys

Escargots des haies, des jardins et des bois



B. Fontaine

Hélicelles



## Mollusques

Les limaces, la question de la lutte contre les ravageurs...





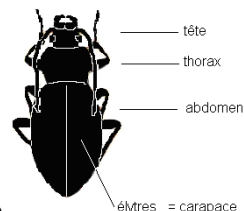
## Les protocoles – planches invertébrés

### Carabes

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Famille des Coléoptères
- environ 1000 espèces de carabes en France, de couleur sombre (noir à cuivré ou vert métallique), de taille entre quelques millimètres et 3 cm environ
- corps allongé, élytres striées, mandibules



## Les protocoles – planches invertébrés

### Carabes

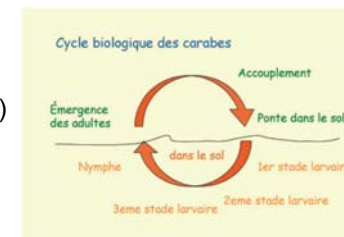
Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Auxiliaire de culture : prédateur de ravageurs (limaces, pucerons...)
- Indicateurs des éléments du paysage (sensibles à la présence de haie, à la couverture du sol...)



- Stade adulte à la surface du sol
- Stades larvaires dans le sol (environ 1 an)
- Deux groupes écologiques : reproduction au printemps ou à l'automne

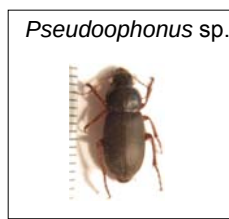
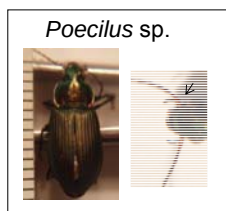
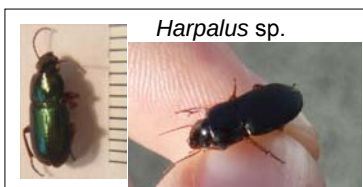
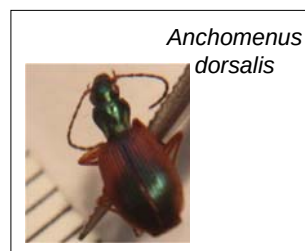
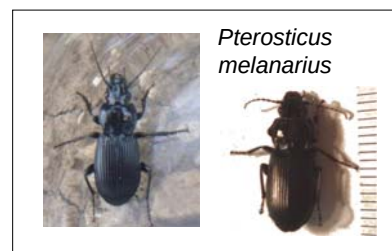


Source : fiche technique carabes Critt Innophyt, 2004

## Les protocoles – planches invertébrés

### Carabes

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles – planches invertébrés

### Autres invertébrés

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Vers
- Mille pattes
- Cloportes
- Araignées
- Opilions
- Fourmis
- Larves
- Autres coléoptères



## Les protocoles – planches invertébrés

### Vertébrés

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Reptiles
- Amphibiens
- Petits mammifères



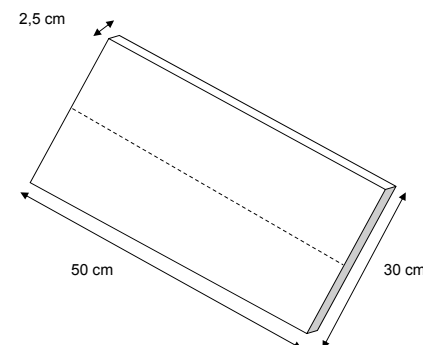
## Les protocoles – planches invertébrés

### Matériel

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



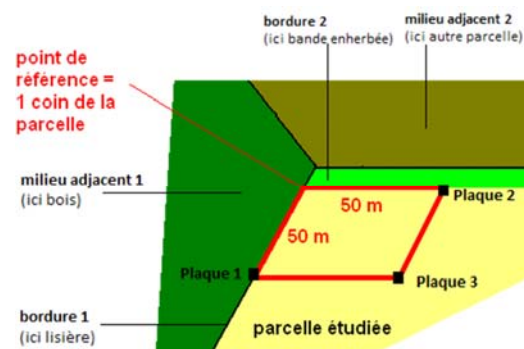
Planche en peuplier (essence neutre), non traitée



## Les protocoles – planches invertébrés

### Méthodologie

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Placer trois planches de peuplier (50 x 30 x 2,5 cm) en bordure et à l'intérieur de la parcelle étudiée. Privilégier deux bordures différentes si possible.
- *Il est recommandé de mettre en place les planches dans une parcelle où le passage d'engins agricoles n'est pas trop fréquent.*

## Les protocoles – planches invertébrés

### Méthodologie

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



1. Retourner d'un coup sec la planche
2. Observer en premier les carabes qui se sauvent rapidement (éventuellement les capturer dans un récipient pour observation puis les relâcher). Si vous voyez de gros trous, grattez un peu la terre autour, les carabes sont souvent cachés dedans. Noter les résultats sur la feuille de terrain.
3. Observer les mollusques (escargots et limaces). Attention à bien regarder également sous la planche, ils peuvent y être accrochés. Noter les résultats sur la feuille de terrain.
4. La présence d'autres invertébrés ou animaux peut être renseignée également sur la feuille de terrain.
5. Remettre la planche en place.

Au moins 1 passage par mois de 15-30 min pour examiner les 3 planches



Réaliser ces observations de mars à novembre, au minimum tous les mois, plus souvent si possible. Passer de préférence le matin.





## Les protocoles

# PLACETTES VERS DE TERRE

Formation « vers un observatoire de  
la biodiversité en milieu agricole... »



# OPVT



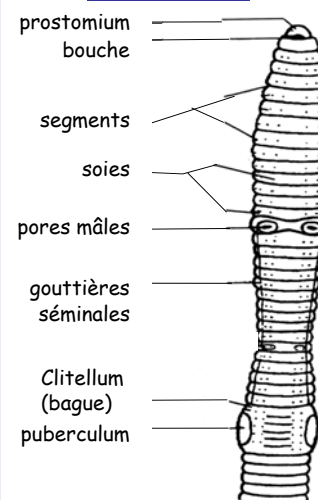
## Les protocoles – placettes vers de terre

# Mieux connaître les vers de terre...

Formation « vers un observatoire de  
la biodiversité en milieu agricole... »



### morphologie



### les lombriciens

#### Annelides

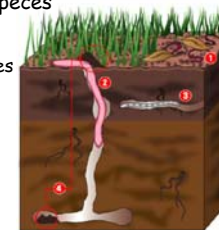
- vers annelés
  - oligochètes
- (différent de achètes et polychètes)

### diversité

En France : 100 espèces

3 Catégories écologiques

- ✓ morphologiques
- ✓ physiologiques,
- ✓ écologiques



Piron D., Pérès G., Cluzeau D.





## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

#### Les épigés

Taille : 1-5 cm,

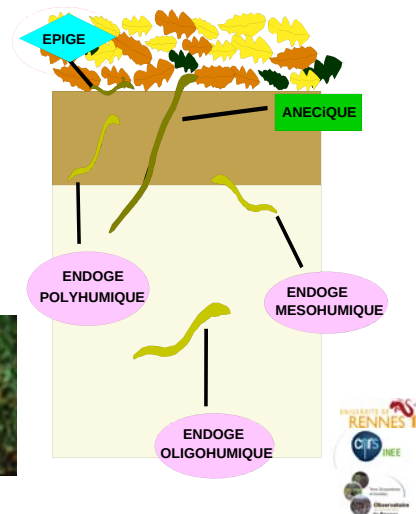
Couleur : rouge sombre

Mode de vie :

- Localisation en surface :
  - \* dans amas organique (fumier, compost, litière de feuilles, écorces, bouses...)
  - \* dans 1ère cm du sol
- Ingestion de peu de matière minérale.
- Participent au fractionnement de la M.O
- Creusent peu ou pas de galerie



*Eisenia eiseni*



## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

#### Les anéciques

Taille : espèces les plus grosses (10-110 cm)

Couleur : rouge, gris clair, brun

Mode de vie :

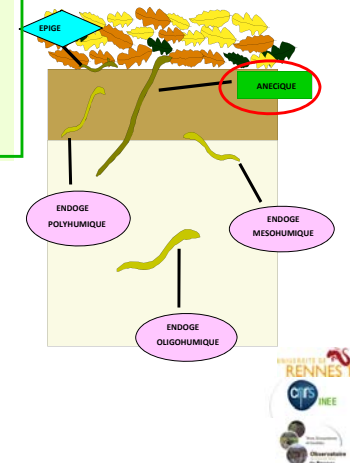
- Localisation dans le sol
- Mixent matière organique et matière minérale.
- Creusent galeries permanentes d'orientation sub-verticales à verticales, ouvertes en surface (5-6 m)
- Rejetent des déjections à la surface du sol (turricules)



*Aporrectodea giardi* (anécique)



*Lumbricus terrestris* (épi-anécique)



## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

#### Les endogés

Taille : moyenne à grande (1-20 cm)

Couleur : faiblement pigmentée (rose à gris clair)

Mode de vie :

- Localisation dans le sol (ne remontent presque jamais à la surface)
- Se nourrissent de MO plus ou moins dégradée
- en fonction de la richesse organique du bol alimentaire :
  - \* endogés oligohumiques
  - \* endogés méso-humiques
  - \* endogés polyhumiques
- Creusent galeries temporaires d'orientation sub-horizontales à horizontales, très ramifiées



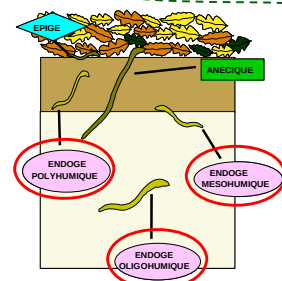
*Allolobophora icterica* (endogé)



*Allolobophora chlorotica albanica* (endogé)



*Octolasion cyaneum* (endogé)



## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

#### Lombriciens, leur écologie

#### Leur reproduction

Les vers de terre sont hermaphrodites

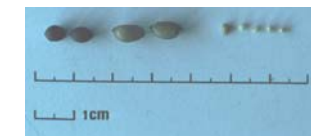


La fertilité est assez variable suivant les espèces :

- le lombric commun (anécique) : douze cocons par an
- le ver de fumier (épigée) : une centaine de cocons/an

Le développement du cocon à l'adulte est variable suivant les espèces :

- environ 9 mois pour le lombric commun
- 45 jours pour un ver de fumier.



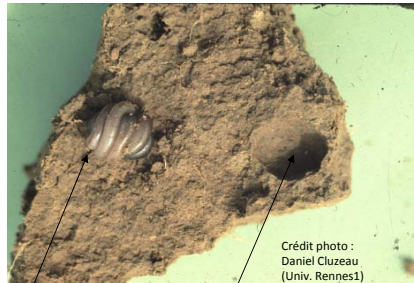
## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

Lombriciens, leur écologie

Leur période d'inactivité = léthargie

Vie en ralentie avec enroulement sur eux même



A. giardi

Logette d'estivation

Quand se mettent ils en léthargie?

quand le sol est gelé  
quand le sol est sec



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Les protocoles – placettes vers de terre

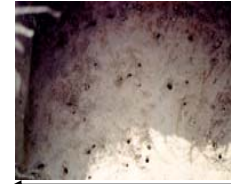
### Mieux connaître les vers de terre...

1- Action sur la structuration des sols

A) activité fouisseuse : formation de galeries ou de logettes d'estivation

1 tonne de lombriciens /ha à galeries = 5% du volume de sol

(Pérès, 2001)



25 cm

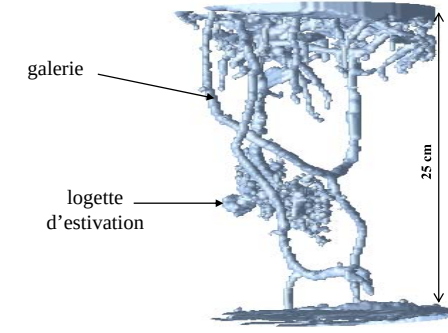


Image au scanner d'un réseau de galeries (Pérès, 2003)



## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

B) Production de déjections (fèces)

chiffre = 1 tonne de lombriciens /ha

→ 30 tonnes déjections de surface/ha/an

→ 240 tonnes déjections /ha/an



Déposées à la surface du sol

Turricules



Déposées dans le sol



Canacristiastes

déjections = mélange intime de Minéral et Organique

- sécrétions (mucus, enzymes, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>),
- les matières minérales (argiles)
- les matières organiques
- les microorganismes

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



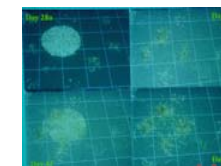
## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

C) Production de cabanes (middens)

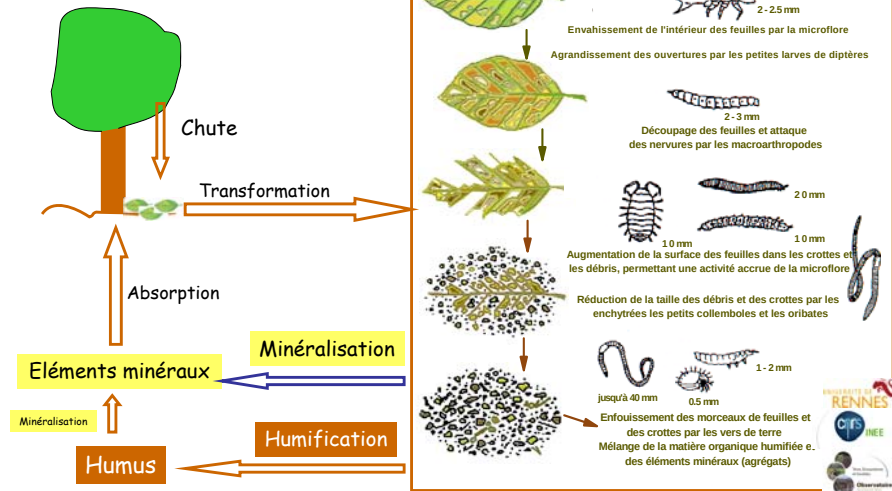


Diminution du ruissellement



## 2- Rôle de la biodiversité sur la dynamique de la matière organique

Séquence de transformation  
d'une feuille de hêtre  
par les organismes  
décomposeurs



## Les protocoles – placettes vers de terre

Mieux connaître les vers de terre...

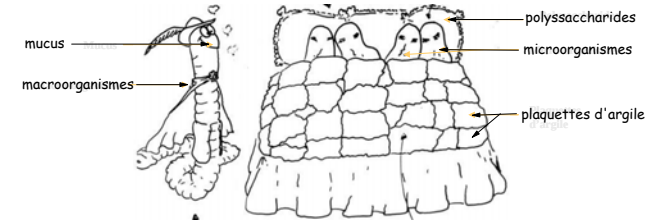
Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### 3- Rôle de la biodiversité sur la microbiologie des sols

Les invertébrés stimulent l'activité des microorganismes

Le paradoxe de la belle au bois dormant



La microflore est inactive la plupart du temps attendant des conditions plus propices

Les racines et les invertébrés jouent le rôle de « prince charmant »

Les racines et les invertébrés du sol peuvent créer des conditions favorables



## Les protocoles – placettes vers de terre

Mieux connaître les vers de terre...

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



**Dates :** janvier – Avril (décalage dans les zones enneigées ou humides)  
= période d'activité maximale pour les vers de terre

**Météo :** T C entre 6 et 10 C, sol ressuyé

**Moment de la journée :** De préférence le matin

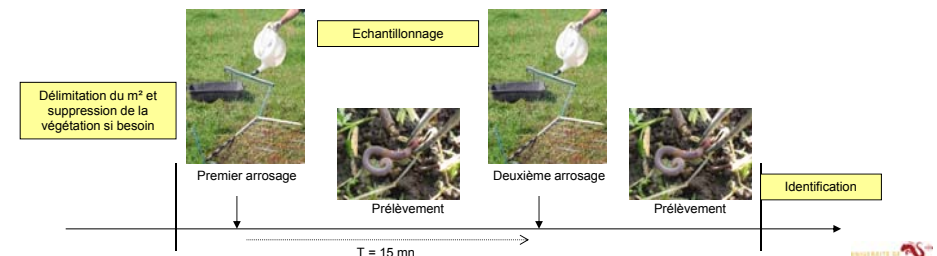
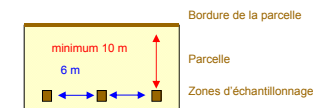
**Durée :** compter environ 3 heures pour la totalité de la manipulation  
(1 heure par m<sup>2</sup>)



## Les protocoles – placettes vers de terre

Mieux connaître les vers de terre...

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »





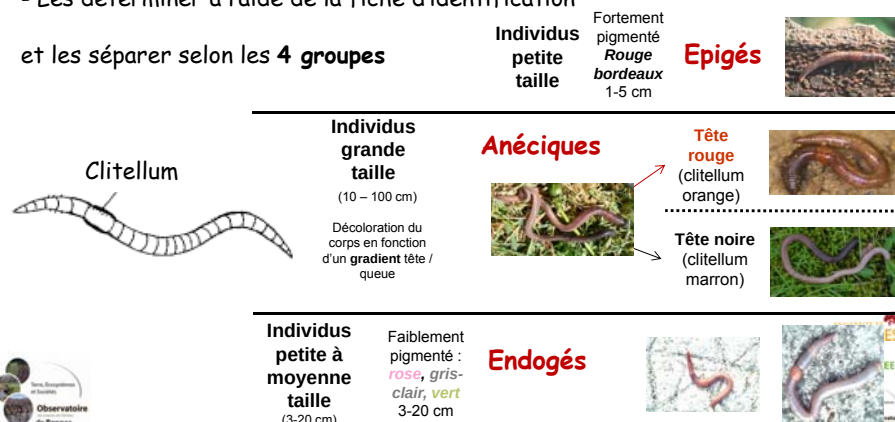
## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...

- Laver les vers
- Les étaler sur une surface de couleur claire (ex. bâche)
- Les déterminer à l'aide de la fiche d'identification et les séparer selon les 4 groupes



#### Identification



## Les protocoles – placettes vers de terre

### Mieux connaître les vers de terre...



Placette 1 Placette 2 Placette 3

Noter le nombre d'individus dans les cases correspondantes.

**Identification**

Individus petite taille (10 – 100 cm)  
Décoloration du corps en fonction d'un gradient tête / queue

Individus grande taille (10 – 100 cm)  
Décoloration du corps en fonction d'un gradient tête / queue

Individus petite à moyenne taille (3-20 cm)  
Faiblement pigmenté : rose, gris-clair, vert

Fortement pigmenté Rouge bordeaux 1-5 cm

**Total Epigés**

**SUIVI DES LOMBRICIENS COMMUNS EN MILIEU AGRICOLE**  
**FEUILLE DE TERRAIN – prairies**

Nom du site / Exploitation : \_\_\_\_\_ Lieu dit : \_\_\_\_\_  
Commune : \_\_\_\_\_ Observateur(s) : \_\_\_\_\_

**AGRICULTURE / GESTION**

Prairie Csemmentaire Csemmentaire Age : \_\_\_\_\_  
Espèces semées (si concerté) : \_\_\_\_\_  
Couture de la parcelle : \_\_\_\_\_  
Fertilisation : \_\_\_\_\_  
Produit : \_\_\_\_\_  
Quantité : \_\_\_\_\_

**HABITAT / PAYSAGE**

Texture du sol (dominante) : ☐ argile ☐ limon ☐ sable ☐ gît

Bois de la parcelle : ☐ bois ☐ prairie ☐ zone urbaine ☐ étang ☐ autre

**CONDITIONS DES OBSERVATIONS**

Date : \_\_\_\_\_ Heure de début : \_\_\_\_\_ Heure de fin : \_\_\_\_\_  
Météo : ☐ Pluie ☐ Ensoleillement ☐ nuageux ☐ vent ☐ calme ☐ fort ☐ sec ☐ humide ☐ détrempé ☐ ressuyé ☐ sec

**Attention**

Protocoles plus complexes et plus coûteux en temps ?  
Suivi à l'espèce de certains taxons ?

Saisir vos résultats en ligne

## Les protocoles

### Où faire les observations ?



### La question du plan d'échantillonnage

... liée à l'objectif poursuivi

- A l'échelle de la parcelle pour l'agriculteur volontaire :
  - dans la parcelle de son choix
  - Facile d'accès ou souvent traversée pour ne pas oublier les observations
  - Représentative de son exploitation : assolement principal ou conduite la plus représentée
  - En lien avec une problématique particulière : suivi dans le temps d'un changement de pratique ou de la mise en place d'un aménagement

## Les protocoles

### Où faire les observations ?



### La question du plan d'échantillonnage

... liée à l'objectif poursuivi

- A l'échelle d'une exploitation expérimentale pour un diagnostic :

Plusieurs réplicats

- dans des parcelles représentatives (prise en compte des assolements principaux, des flots PAC...)
- dans des milieux non cultivés de l'exploitation

Protocoles plus complexes et plus coûteux en temps ?  
Suivi à l'espèce de certains taxons ?

## Les protocoles

### Où faire les observations ?

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### La question du plan d'échantillonnage ... liée à l'objectif poursuivi

- A l'échelle du territoire pour le groupe d'agriculteurs et les animateurs :
  - suivi d'un changement de pratiques agricoles
- Plusieurs réplicats par « modalité » et plusieurs réplicats témoins, Prise en compte du facteur « temps » (avant / après)
- suivi d'un aménagement particulier
- Plusieurs réplicats autour de cet aménagement et plusieurs réplicats témoins, Prise en compte du facteur « temps » (avant / après)

## Les protocoles

### Où faire les observations ?

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### La question du plan d'échantillonnage ... liée à l'objectif poursuivi

Dans tous les cas :

- renseignements sur le paysage, l'environnement et les pratiques sur les feuilles de terrain, pris en compte pour les analyses
- Besoin d'un nombre important de données pour pouvoir interpréter les résultats

« Vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

## Transmission des données

Formations des  
14 février 2011 Moutiers-sur-le-Lay (85)  
16 février 2011 Chaumont (52)  
18 février 2011 Avignon (84)



Rose-Line PREUD'HOMME (MNHN)  
Stéphanie GILARD (APCA)

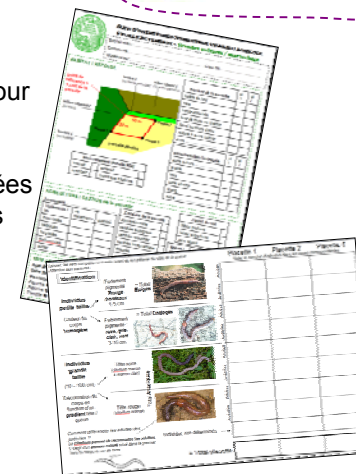
## Transmission des données

### Que faut-il transmettre ?

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- les résultats des observations de terrain (pour chaque date)
- les informations complémentaires demandées sur les feuilles de terrain (paysage, pratiques agricoles, conditions de prélèvements : météo...)
  - Elles sont prises en compte dans les analyses statistiques



Même si aucun animal n'est observé, il est important de renvoyer ces informations. Il s'agit d'une donnée scientifique intéressante !

## Transmission des données

### Comment transmettre les données ?

- masques de saisie (documents Excel) à envoyer par e-mail à [preudhomme@mnhn.fr](mailto:preudhomme@mnhn.fr)

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Transmission des données

### Comment transmettre les données ?

- interface web (en projet)

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Transmission des données

### Outils informatiques

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Transmission des données

### Outils informatiques

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

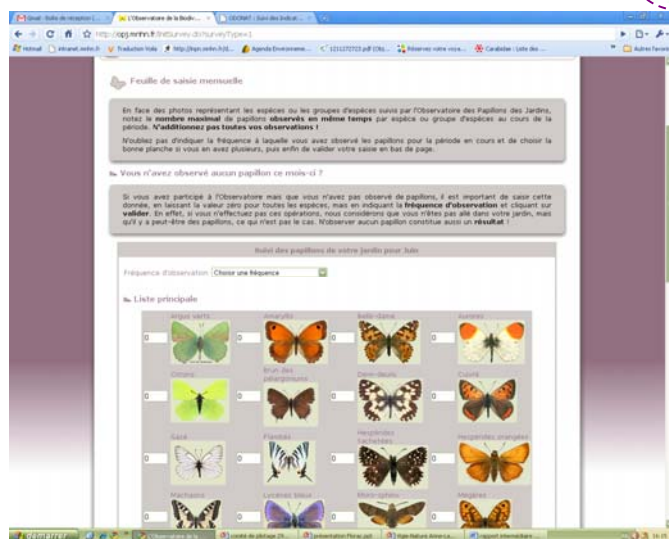




## Transmission des données

### Outils informatiques

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Transmission des données

### Qui transmet les données ?

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- les agriculteurs
- via les réseaux ?

### Quand transmettre les données ?

- au fur et à mesure
- tout à la fin

« Vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

## Analyses des données et retours vers les observateurs

Formations des  
14 février 2011 Moutiers-sur-le-Lay (85)  
16 février 2011 Chaumont (52)  
18 février 2011 Avignon (84)

Rose-Line PREUD'HOMME (MNHN)  
Stéphanie GILARD (APCA)



## Analyses et retours vers les observateurs

### Quels retours ?

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Résultats personnels
  - Les espèces observées
  - Abondance (nombre d'individus)
  - Diversité (nombre d'espèces ou groupes d'espèces)
  - « intérêt » (certains indices sont calculés selon l'écologie des espèces : généralistes ou spécialistes de milieux particuliers)
- Des référentiels (résultats à l'échelle nationale, régionale et par grand type de système de culture)
- Des informations pour relativiser l'interprétation des résultats (influence de la météo, du paysage environnant, tendances de l'année issues des résultats globaux ou d'autres suivis, répartitions géographiques)

## Analyses et retours vers les observateurs

### Outils informatiques de saisie



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Analyses

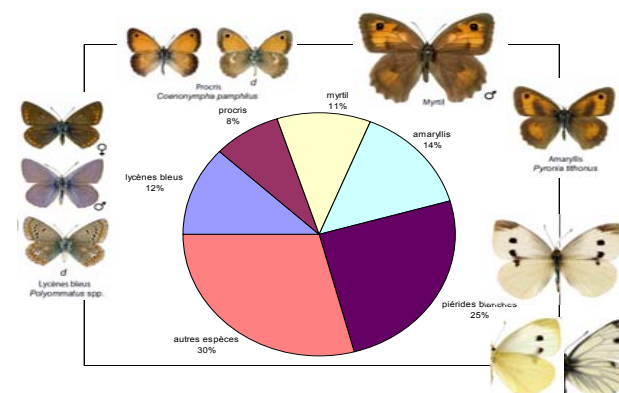
### « Référentiels »



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

### Résultats nationaux en milieu agricole

Résultats de la phase de test 2010



## Analyses

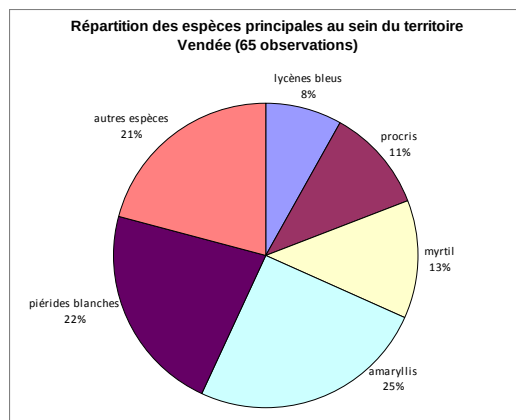
### « Référentiels »



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

### Résultats locaux / régionaux

Résultats de la phase de test 2010



## Analyses

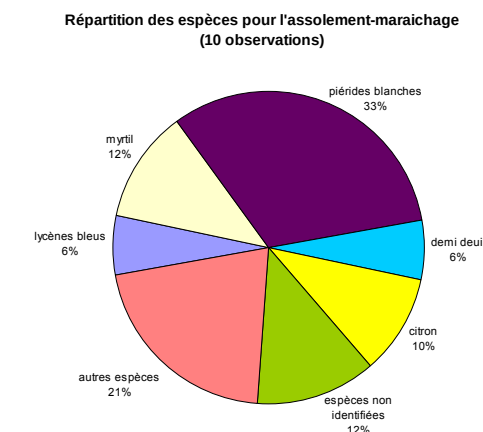
### « Référentiels »



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

### Résultats par système de culture

Résultats de la phase de test 2010



## Analyses et retours vers les observateurs

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### A plus long terme...

/!\ Quand il y aura assez d'observations pour lisser les résultats

#### • Indicateurs

• Tendances globales et lien avec les pratiques agricoles



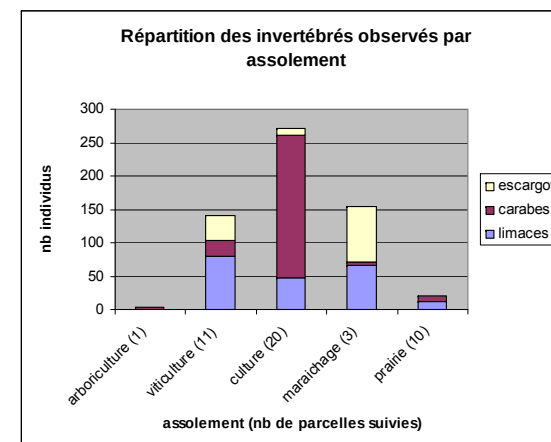
## Analyses

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### Lien avec pratiques agricoles

Résultats phase de test 2010



NB : résultats bruts, non interprétables !

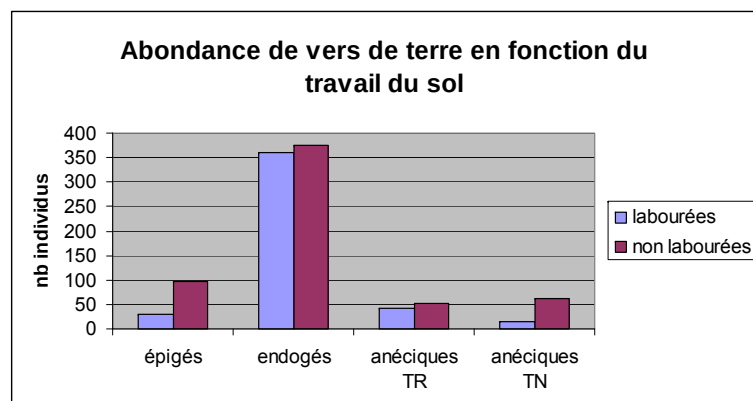
## Analyses

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### Lien avec pratiques agricoles

Résultats phase de test 2010



NB : résultats bruts, non interprétables !

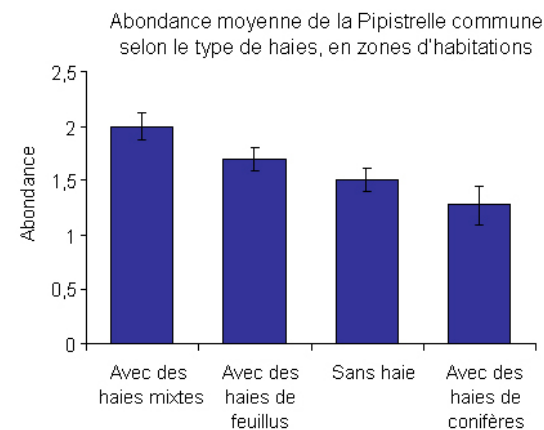
## Analyses

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



### Lien avec le paysage

Résultats Vige-Nature





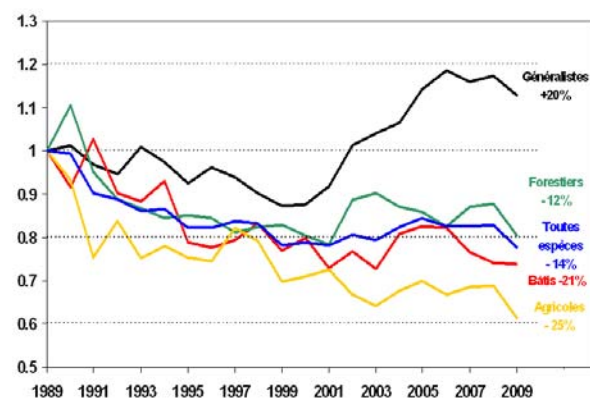
## Analyses

### Tendances d'évolution

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Résultats Vigie-Nature



Suivi Temporel des Oiseaux Communs

Représentation des indicateurs habitats  
Les valeurs sont arbitrairement fixées à 1 en 1989

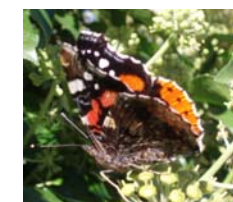
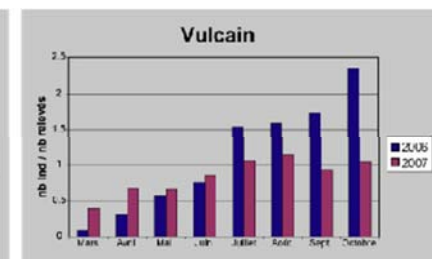
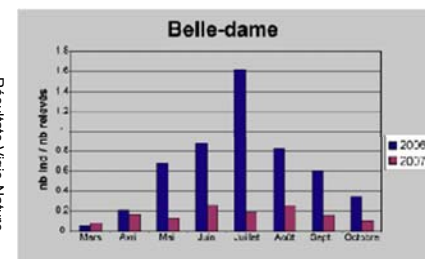
## Analyses

### Phénologie des espèces

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Résultats Vigie-Nature



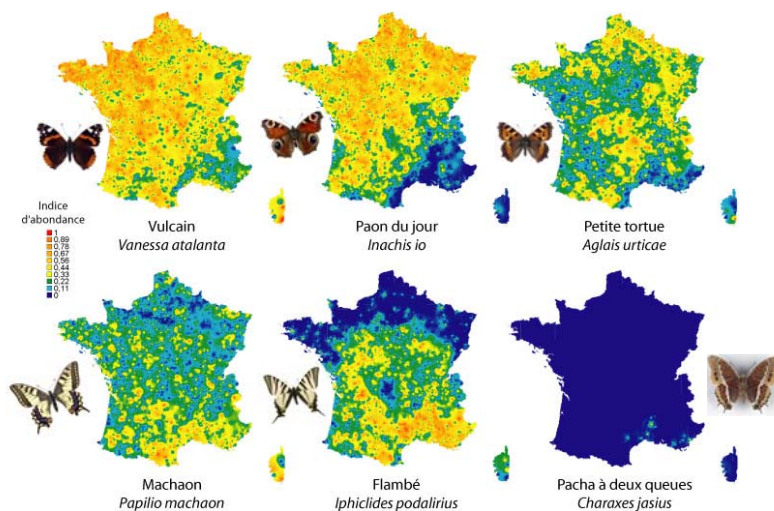
## Analyses

### Répartition géographique

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Résultats Vigie-Nature



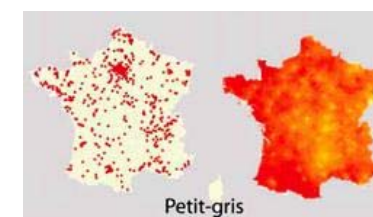
## Analyses

### Répartition géographique

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Résultats Vigie-Nature



Zonite peson (*Zonites algirus*)  
© O. Gargominy



« Vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

## Conclusion Pistes pour l'animation...



Formations des  
14 février 2011 Moutiers-sur-le-Lay (85)  
16 février 2011 Chaumont (52)  
18 février 2011 Avignon (84)

Rose-Line PREUD'HOMME (MNHN)  
Stéphanie GILARD (APCA)

## Conclusion – pistes pour l'animation...

### Pistes pour l'animation...

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Qui peut participer ?
- Tous les agriculteurs intéressés pour entrer dans la démarche !

## Conclusion – pistes pour l'animation...

### Quels délais ?

#### Pour les protocoles

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



Dès que les conditions sont favorables et jusqu'au 15 mars dans la moitié sud du pays en plaine, jusqu'au 15 avril dans la moitié nord. Décalage possible en zone de montagne.



Poser les planches en février.



Poser les nichoirs dès février, fin mars dernier délai.



Observations optimales en juin, juillet et août. Possibilité de faire deux passages supplémentaires ou de décaler en mai et septembre.

## Conclusion – pistes pour l'animation...

### Quels délais ?

#### Pour la mobilisation des agriculteurs volontaires

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



- Envoi au MNHN (et à l'APCA)
  - des coordonnées des agriculteurs
  - des protocoles choisis

- le plus tôt possible...

- avant le 18 mars

- avant fin avril



## Conclusion – pistes pour l'animation...

### Le matériel

- Commande groupée pour les tubes en carton des nichoirs à abeilles solitaires
  - Indiquer le nombre d'exploitations suivies (estimées) le plus rapidement possible



- Commandes à faire par territoire pour les planches en peuplier
  - Possibilité de s'informer des fournisseurs par région



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Conclusion – pistes pour l'animation...

### Suivi des agriculteurs

- de la part des animateurs
  - Faire passer les infos
  - Eventuellement aider sur le terrain
  - Vérifier la transmission des données
- de la part du MNHN et de l'APCA
  - lettres d'info régulières (avec messages de relance pour les dates d'observations)
  - disponibilité mail / téléphone
  - visite possible de terrain

Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



## Conclusion – pistes pour l'animation...

### Quelle restitution ?

- 3 journées de restitution à destination des animateurs en fin d'année
- Synthèse nationale



Formation « vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »



« Vers un observatoire de la biodiversité en milieu agricole... »

# Merci pour votre attention et pour votre participation à cette journée !



Formation du 14 février 2011  
Moutiers-sur-le-Lay (85)

Rose-Line Preud'Homme (CERSP, MNHN)  
Stéphanie Gilard (APCA)