



**TABLE RONDE**  
**BIOINDICATEURS**  
**QUELLE APPROPRIATION ? QUELLE UTILISATION ?**



**Olivier ATTEIA**  
**Professeur à l'ENSEGID Bordeaux**  
**Directeur scientifique de la fondation INNOVASOL**  
1 allée Daguin - 33607 Pessac  
Tél. : 05 57 12 10 12 - [olivier.atteia@ensegid.fr](mailto:olivier.atteia@ensegid.fr)

### **Activités menées dans le cadre des bioindicateurs**

Coordination du projet ARENBI « Analyse des Risques Environnementaux, Biodisponibilité et Impacts liés aux pollutions diffuses ».

Le projet rassemble tous les laboratoires aquitains travaillant sur le domaine de la pollution diffuse des sols ainsi que 5 entreprises. L'objet d'étude est la pollution diffuse en milieu péri-urbain (ici deux domaines viticoles). Il s'agit de confronter les données chimiques et écotoxicologiques pour essayer d'établir un niveau de contamination des sols étudiés. L'aspect méthodologique est central, par la participation de bureaux d'études qui testent l'applicabilité de la méthode. En ce qui concerne les bioindicateurs, les approches concernées sont : les bioindicateurs végétaux (croissance, enzymes, marqueurs de stress oxydant, acides gras) invertébrés (marqueurs d'exposition et d'effets, génotoxicité sur lombrics).

### **Fondation INNOVASOL**

Le projet 4 de la fondation est centré sur l'écotoxicologie sur des pollutions ponctuelles. Sur de nombreux sites, le risque lié à la pollution vis à vis des écosystèmes est souvent évoqué, voire calculé, rarement mesuré. En raison de la complexité de la question, la fondation a souhaité développer des approches pragmatiques simplifiées applicables au contexte industriel. En premier lieu nous testons de nombreux bio-tests pour déterminer ceux qui sont le mieux adaptés à une problématique donnée (type de polluant, doses, suivi...). Actuellement la comparaison sur site est effectuée entre : test de croissance de végétaux (4 espèces, tiges et racines), test Microtox<sup>®</sup> sur extraits et mortalité/évitement chez les lombrics. Cette approche vise à identifier sur site les zones les plus polluées.

Sur des échantillons représentatifs de zones contaminées, nous souhaitons développer une analyse approfondie de l'origine de la toxicité par des méthodes combinant analyse de toxicité cellulaire et caractérisation chimique détaillée. Ici il s'agit de mieux cibler les molécules effecteurs à étudier sur site pour obtenir une meilleure évaluation de l'écotoxicité.

# Les bioindicateurs au service des sols urbains

Xavier MARIE

Sol Paysage, Dirigeant

8 bis bd Dubreuil 91400 Orsay

Tél. : 01.60.10.77.00 – xavier.marie@solpaysage.fr

Sol Paysage est un bureau d'étude de projets et de conseil en paysage et en environnement qui développe et applique des pratiques innovantes dans les domaines de la connaissance, de la transformation et de la gestion des sols urbains et péri-urbains, sous forme de mission d'assistance à la maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'œuvre. Les savoir-faire de l'équipe se sont initialement développés dans des contextes opérationnels : de la conception à la réception des projets d'aménagement, connaître, concevoir et valoriser les sols permet d'optimiser la gestion écologique, hydraulique et végétale des projets d'aménagement.

Les acteurs de l'aménagement urbain et périurbain et ceux de la gestion du territoire, soutenus par les politiques publiques, portent un intérêt croissant pour la prise en compte de la diversité biologique. Celui-ci s'exprime souvent en premier lieu pour des espèces animales ou végétales emblématiques. Le sol, extraordinaire réservoir de biodiversité, contient peu d'espèces emblématiques mais une profusion d'organismes peu connus (du grand public et parfois des scientifiques). Ils assurent néanmoins des fonctions environnementales fondamentales.

Sol Paysage développe des études de la diversité biologique du sol dans deux contextes complémentaires, liés aux territoires urbains et péri-urbains :

- **L'aménagement urbain et périurbain**, mais aussi l'aménagement d'infrastructures représentent un moment clé, durant lequel des moyens humains, financiers et mécaniques souvent importants sont mobilisés sur une durée relativement courte. Les sols, dans leur définition pédologique, sont systématiquement affectés : certains sont détruits pour permettre la mise en place d'infrastructures, d'autres sont reconstitués en vue d'être végétalisés (volet paysager du projet d'aménagement). La connaissance de la diversité biologique des sols et de son niveau de fonctionnalité, permet **d'orienter les pratiques d'aménagement** pour améliorer au maximum la qualité biologique des sols. La comparaison de l'état initial à l'état final du projet permet de **mesurer l'impact de l'aménagement**, qui peut être très différent entre un contexte de renouvellement urbain ou d'extension urbaine. Cette évaluation permet également d'identifier en début de projet des périmètres dont la préservation doit être privilégiée afin de **faciliter la recolonisation des sols** du site après aménagement.
- **La gestion des territoires**, dans leur diversité d'échelle et d'acteurs selon les contextes locaux ou globaux, et en particulier celle des zones urbaines et péri-urbaines, doit répondre à des enjeux parfois contradictoires. Les espaces naturels, les espaces verts publics et privés sont soumis à des niveaux variables de pression anthropique (liés aux usages) mais doivent tous contribuer au bon état écologique du territoire. Dans le cas des espaces verts ouverts au public, de nouveaux référentiels permettant d'évaluer leur qualité écologique sont disponibles (EcoJardins, EVE) et donnent lieu à une labellisation de site vertueux pour les bonnes pratiques de leurs gestionnaires. La connaissance des sols et de leur diversité biologique a été identifiée dans ces référentiels en **complément de celle de la biodiversité « aérienne »**. Au-delà de la simple obtention d'un label, l'étude de la biodiversité des sols peut permettre de **développer et tester des pratiques vertueuses** de gestion et d'entretien des espaces pour améliorer la qualité écologique des sols (et des écosystèmes qui en dépendent). Un suivi régulier de l'évolution de la pédofaune permet d'évaluer un changement de pratique ou un changement d'usage et renseigne sur les éventuelles actions correctives à mener.

La sélection de bioindicateurs fonctionnels et efficaces représente un support méthodologique nécessaire à l'évaluation pertinente et rapide de la diversité biologique du sol et de ses fonctions. Sol Paysage se positionne comme un acteur pilote de l'application de méthodes innovantes pour la bonne gestion des sols urbains. L'objectif est d'apporter le service permettant d'orienter le décisionnaire aménageur ou gestionnaire à faire les bons choix de projet (d'aménagement ou de gestion) pour préserver ou améliorer les ressources de biodiversité déterminées par les sols urbains. La compréhension de ces enjeux tant au niveau technique qu'au niveau politique (élus en charge des territoires) apparaît prioritaire. Ainsi, il s'agit de développer des services dont les bio-indicateurs seront supports (valeur ajoutée économique), pour impacter les pratiques de conception, de réalisation et de gestion à moyen et long terme (valeur ajoutée environnementale), de façon à aboutir à des usages des sols par la population adaptés et respectueux (valeur ajoutée sociale).

# Observatoire national de la biodiversité

## Un indicateur sur la microflore des sols...

Luc MAUCHAMP

**Chef de projet "Observatoire national de la biodiversité"**  
**Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie**  
DGALN/DEB/PEM/PEM4 - Arche Sud - 92055 La Défense Cedex  
Tél : 01 40 81 13 61 – luc.mauchamp@developpement-durable.gouv.fr

**Contexte :** Le Grenelle de l'environnement a réaffirmé le besoin de disposer d'informations synthétiques et fiables sur l'état de la biodiversité. La loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement, dite Loi « Grenelle I », l'a inscrit dans son article 25. Initiée fin 2009, la réflexion a abouti au lancement officiel de l'Observatoire national de la biodiversité (ONB) le 14 janvier 2011.

**Objectifs :** L'ONB est l'outil de suivi des effets de la société sur la biodiversité et sur les interfaces entre la biodiversité et la société tels que présentés dans la stratégie nationale pour la biodiversité (p 43 de la SNB). A ce titre, il est chargé de proposer des indicateurs et de les mettre à disposition de tous. Il a proposé une première liste d'indicateurs pour la SNB en mai 2011. **Le premier jeu d'indicateurs de synthèse pour la SNB (y compris sur l'outre-mer), ainsi qu'un jeu thématique « Nature » a été publié le 22 mai 2012 (journée internationale de la biodiversité) sur un site dédié <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr>.**

L'ONB assure en particulier la publication des indicateurs de suivi des effets de la SNB et renseigne pour la France les indicateurs liés (i) à la stratégie européenne pour la biodiversité, (ii) à l'engagement international sur les ressources phytogénétiques de la FAO et (iii) à la Convention sur la diversité biologique (CBD).

**Les indicateurs :** Afin de caractériser l'état de la biodiversité et son évolution, la société a besoin de repères fiables permettant un pilotage efficace des politiques (décideurs et gestionnaires) et un débat démocratique large et constructif (citoyens). Pour cela, des jeux d'indicateurs contribuent à éclairer le débat en amont des décisions d'une part et suivre leurs effets en aval d'autre part. L'ONB doit proposer des indicateurs – nouveaux ou existants – adaptés aux différents publics intéressés, aux différentes échelles pertinentes et sur l'ensemble des enjeux retenus dans la SNB. Il doit contribuer à l'appropriation par l'ensemble de la société des enjeux liés à la biodiversité. Il a donc pour missions de :

- bien comprendre les enjeux et les traduire en questions ;
- élaborer des jeux d'indicateurs qui apportent des éléments de réponse à ces questions ;
- les renseigner (avec rétro-action sur la structuration et la production des données) ;
- les mettre à disposition – sous une forme adaptée – de tous, décideurs et gestionnaires, publics et privés, citoyens.

Il assure la production d'indicateurs de suivi des effets des politiques et des comportements sur la biodiversité, qu'il porte à la connaissance des acteurs en charge de l'évaluation, du rapportage, de l'expertise, de la communication et de la recherche. Il n'assure pas lui-même ces différentes fonctions. Il organise le choix, la construction et le mode de calcul des indicateurs en veillant à la transparence de ce travail.

Concernant le thème « agriculture », un jeu complet d'indicateurs sera élaboré en 2012-2013. A ce stade, l'ONB a proposé pour le jeu de synthèse les 3 indicateurs suivants :

- Évolution de la consommation de produits phytosanitaires
- Évolution de la surface toujours en herbe considérée comme écologiquement fonctionnelle (finalisation pour mai 2013)
- Évolution des infrastructures agro-écologiques favorables à la biodiversité (finalisation pour mai 2013)

Concernant plus particulièrement les sols, l'ONB a constaté l'extrême difficulté à disposer de données nationales homogènes et fiables. Il recherche des indicateurs associant biodiversité et teneur en polluants dans les sols (croisement connaissance cartographique des polluants x causalité scientifiquement établie de leurs effets sur la biodiversité). Aujourd'hui, un indicateur a été retenu pour le jeu de synthèse, issu des travaux du GIS-SOL et calculé par ce groupement : **l'évolution de la biomasse microbienne des sols en métropole**. La biomasse microbienne a été mesurée dans les sols de France métropolitaine, grâce à une

estimation de la quantité d'ADN (figure). Cette dernière s'échelonne de 0,1 à 41,8 µg d'ADN par gramme de sol. Près des trois quarts des sols analysés ont des concentrations situées entre 5 et 15 µg, le reste se répartissant équitablement au-delà de ses deux limites. Les sols les plus riches en ADN microbien sont situés en Lorraine et en Champagne-Ardenne et dans les massifs montagneux (Alpes, Massif central, Pyrénées, Vosges). Les sols les plus pauvres en microorganismes se trouvent dans le Bassin parisien, les Landes et le Languedoc-Roussillon. Cette distribution géographique s'explique par la texture des sols, la teneur en carbone organique et en azote, le pH et par l'occupation et l'usage du sol. Les caractéristiques physico-chimiques des sols sableux et acides sont donc à l'origine des plus faibles biomasses microbiennes dans les Landes et en Sologne. Les sols présentant la plus grande abondance microbienne sont argileux, basiques (pH élevé) et riches en carbone organique.

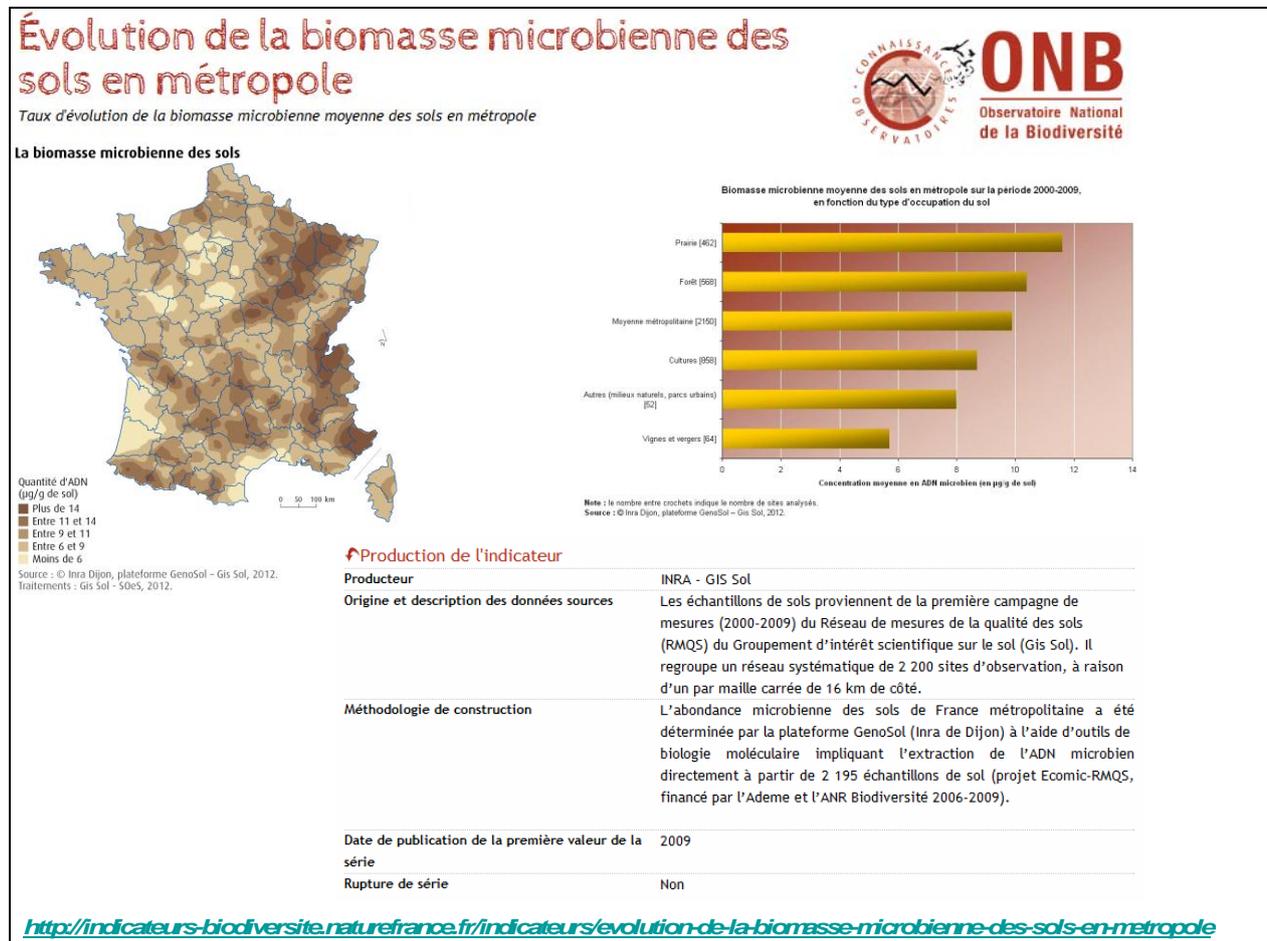


Figure . Extrait du site de l'ONB – Evolution de la biomasse microbienne des sols en métropole (source : INRA Dijon – Plateforme GENOSOL - GIS Sol 2012)

**RITTMO** Agroenvironnement, Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologie (CRITT), labellisé Centre de Ressources Technologiques par le Ministère de la Recherche, est reconnu pour son expertise dans le domaine de la gestion des déchets, la fertilisation et la qualité des sols. Le CRITT travaille sur la valorisation en agriculture des matières fertilisantes traditionnelles (organiques et minérales) et des nouveaux produits « biofertilisants ». Ce travail s'est toujours inscrit dans une optique de développement durable et s'appuie sur une longue expérience de caractérisation pertinente des matières fertilisantes, afin de juger de leur efficacité agronomique et de maîtriser leur impact sur l'environnement et sur la qualité des productions agricoles.

Le potentiel biologique des sols revient au cœur des préoccupations des professionnels et les bio-indicateurs microbiens sont des outils indispensables pour répondre aux besoins qui vont en découler. En effet, les indicateurs microbiens représentent des outils d'évaluation et de suivi du potentiel biologique des sols qui peuvent aider les professionnels à choisir les pratiques et les intrants agricoles en mesurant leurs impacts environnementaux et agronomiques.

L'équipe de RITTMO met en œuvre de nombreux tests de laboratoire utilisant les bio-indicateurs. Ces bio-tests renseignent sur l'effet d'un produit vis-à-vis d'un organisme test. Cette expertise est au service des professionnels et notamment :

- Les producteurs de fertilisants qui s'inscrivent dans une démarche de mise sur le marché ou souhaitant évaluer l'intérêt de leur produit pour entretenir la qualité biologique des sols tout en évitant les perturbations trop importantes.
- Les agriculteurs souhaitant préserver la fertilité de leurs sols
- Les institutions souhaitant avoir des indicateurs d'évaluation pour les nouveaux types de fertilisants

Ces bio-tests sont souvent des tests normalisés (ou ont vocation à l'être), basés sur l'utilisation d'un large spectre de bio-indicateurs. Parmi les bio-indicateurs microbiens ciblés, on peut en trouver des globaux comme des plus spécifiques impliqués dans une fonction biogéochimique du sol (dégradation de la matière organique, activité nitrifiante, biodisponibilité du phosphore ou autre).

Dans la démarche globale de RITTMO visant à favoriser la valorisation raisonnable et durable en agriculture de déchets organiques, ces bio-indicateurs microbiens apparaissent donc comme des outils pertinents et complémentaires des bio-indicateurs macroscopiques ou des approches analytiques. C'est la raison pour laquelle au-delà de l'utilisation de ces bio-tests, RITTMO est constamment à la recherche de nouveaux outils pertinents et a pour mission de les démocratiser en travaillant à leur normalisation et en informant les professionnels sur leur existence et leurs intérêts.

**Rosine TRAVERS**  
**Chef du bureau des sols et de l'eau**  
**Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt**  
Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires (DGPAAT)  
Service de la stratégie agroalimentaire et du développement durable  
Sous-Direction de la biomasse et de l'environnement  
78, rue de Varenne – 75007 Paris  
Rosine.travers@agriculture.gouv.fr

Placé au sein de la sous direction de la biomasse et de l'environnement du ministère chargé de l'agriculture, le bureau des sols et de l'eau assure la contribution du MAAF à l'élaboration et la mise en œuvre des politiques relatives à la préservation qualitative et quantitative de la ressource en eau et aux sols agricoles. Il assure notamment le co-pilotage, aux côtés du ministère chargé de l'écologie, du GIS Sol.

La préservation des sols agricoles et de l'ensemble de leurs fonctions tant environnementales que de production agricole est un enjeu fort, qui à ce jour fait pourtant l'objet de peu de politiques spécifiques même si de nombreuses mesures permettent d'y contribuer. C'est ce constat qui a conduit à la volonté de définir une stratégie gouvernementale sur les sols qui permette de mieux intégrer ces enjeux de préservation des sols agricoles et de donner plus de visibilité et de lisibilité à l'action publique dans ce domaine. Il s'agit de promouvoir des mesures adaptées aux enjeux environnementaux et agronomiques, aux territoires et aux filières agricoles, permettant une meilleure prise en compte des enjeux de gestion durable des sols agricoles dans une optique d'approche intégrée de tous les enjeux environnementaux.

Le bon état des sols renvoie aux trois composantes interdépendantes que sont leur qualité physique, chimique et biologique. La caractérisation du bon état des sols par leur biodiversité est une approche innovante qui laisse espérer des perspectives prometteuses. Le MAAF serait particulièrement intéressé par les débouchés que pourraient avoir ces travaux en terme d'outils opérationnels, permettant aux gestionnaires et aux agriculteurs eux-mêmes de s'approprier l'enjeu de la préservation des sols et de leur biodiversité, comme témoin du bon état de l'ensemble de leurs fonctions. Il semble que les indicateurs doivent être assez faciles à renseigner, compréhensibles par les acteurs notamment agricoles. Au-delà du cas des sols pollués, une application plus transversale est souhaitée pour permettre une utilisation opérationnelle sur l'ensemble des sols agricoles. C'est ce que le MAAF essaie d'obtenir pour la biodiversité, plus générale que celle des sols, dans le cadre de l'observatoire de la biodiversité en lien avec les pratiques agricoles.

Afin de parvenir à une bonne appropriation de l'enjeu de préservation du bon état des sols agricoles, il serait intéressant de mettre en lumière les synergies pouvant exister entre ce bon état et d'autres enjeux environnementaux ou agronomiques. Ainsi, le fait de trouver des éléments convergents entre l'objectif de préservation de la biodiversité d'un sol et celui du maintien de son bon état en tant que milieu, voire à ses capacités de production ou sa résilience face à des événements climatiques ou à des bioagresseurs, serait un élément facilitateur pour faire progresser la prise en compte de l'ensemble de ces enjeux.

Ces travaux pourraient ainsi permettre d'identifier et de promouvoir des pratiques favorables à la préservation des sols agricoles, à la fois en tant qu'interface environnementale que de facteur de production agricole.

# Bioindicateurs de la qualité des sols : des outils complémentaires pour le diagnostic agronomique

Mathieu VALÉ

Responsable agronomique, GROUPE SAS LABORATOIRE / AGRO-SYSTEMES

270 Av de la Pomme de Pin – 45160 Ardon

Tél. : 02 38 69 26 31 - [mvale@saslaboratoire.com](mailto:mvale@saslaboratoire.com)

Le groupe SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes est un laboratoire d'analyses agronomiques, filiale d'ARVALIS Institut du Végétal. Notre mission est de délivrer aux techniciens et aux agriculteurs des conseils de fertilisation pertinents sur la base d'analyses agronomiques et environnementales fiables et innovantes (analyses de terre, de produits organiques et de végétaux). Le groupe est membre actif du GEMAS, du COMIFER et des commissions de normalisation AFNOR et BN Ferti.



Depuis près de 5 ans, nous proposons à nos clients des indicateurs microbiologiques : biomasse microbienne (NF EN ISO 14240-2), potentiels de minéralisation carbone et azote (d'après la NF U44-163), fractionnement granulométrique de la matière organique (NF X31-516). De nouveaux indicateurs sont également en développement (activité enzymatique, métabolites microbiens, aptitudes métaboliques).

Ces bioindicateurs permettent de compléter la gamme d'outils existants pour caractériser les aptitudes culturales d'un sol : observation terrain (composante physique), analyse de terre « classique » (composantes chimiques et nutritives).

La construction de référentiels d'interprétation par situation agropédoclimatique permettra de rendre ces bioindicateurs pleinement opérationnels pour le diagnostic et le conseil agronomique.

Cependant les indicateurs de qualité biologique des sols ne déboucheront probablement pas sur des conseils de fertilisation. Il ne faut donc pas en attendre les mêmes valorisations que les analyses de terre « classiques ». Ils peuvent par contre être des outils de dialogue sur les choix de pratiques culturales d'un agriculteur (travail du sol, fertilisation organique, couverts végétaux, ...).



# Témoignage d'une start up

**Cécile VILLENAVE**  
**ELISOL environnement**

**Bureau d'étude, laboratoire d'analyse et centre de recherche  
et développement en biologie du sol**

Campus la Gaillarde, Bat 12, 2, place Viala – 34060 Montpellier Cedex 2

[cecile.villeneuve@elisol-environnement.fr](mailto:cecile.villeneuve@elisol-environnement.fr) - [contact@elisol-environnement.fr](mailto:contact@elisol-environnement.fr) – [www.elisol.fr](http://www.elisol.fr)

ELISOL environnement, société créée par 3 scientifiques en 2011, développe et commercialise des outils innovants de surveillance de la qualité des sols basés sur l'étude de bio-indicateurs microscopiques : les nématodes.

Les outils développés sont opérationnels et applicables dans des différents contextes d'utilisation:

- 1) suivi agronomique permettant de mesurer l'impact des pratiques agricoles,
- 2) suivi des sols pollués ou en réhabilitation,
- 3) surveillance environnementale de sites naturels protégés ou de jardins urbains.

ELISOL environnement est une jeune entreprise innovante issue de la recherche publique française. Dans le domaine de la bio-indication, les outils d'ELISOL environnement reposent sur l'analyse de vers microscopiques, appelés nématodes, pour lesquels nous disposons d'une expertise unique au niveau national.

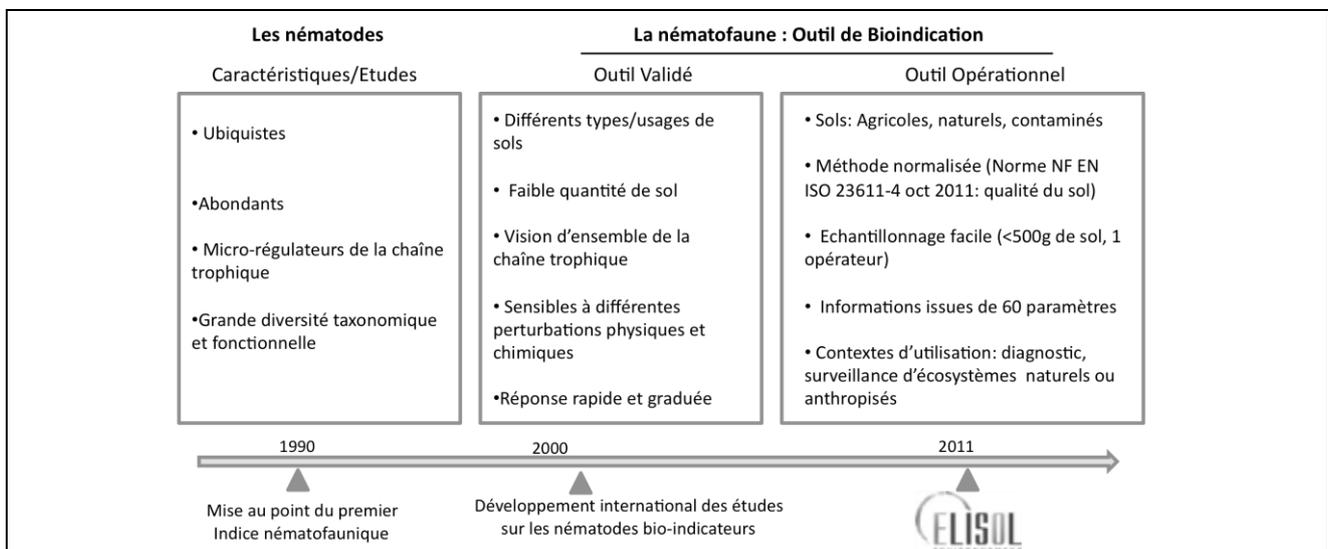
ELISOL environnement propose une caractérisation biologique des sols, par l'analyse de leur bio-diversité, permettant d'intégrer une dimension supplémentaire aux études de surveillance du sol, à savoir la composante vivante du sol, reflétant ainsi le sol dans sa complexité et non plus simplement ses seules caractéristiques physico-chimiques.

La société civile est actuellement demandeuse de modes de gestion des milieux plus écologiques, plus respectueux de la biodiversité et des fonctionnements des écosystèmes. Les analyses de bio-indicateurs du sol proposées par ELISOL environnement, permettent aux acteurs de la filière agricole et aux gestionnaires de sites naturels ou dégradés d'évaluer l'état de leur sol et son évolution au cours du temps, en vue de le préserver ou de l'exploiter de façon durable.

## **Des études à l'outil : la validation**

Les nématodes sont des organismes microscopiques vermiformes (longueur de l'ordre de 1mm pour un diamètre de 20 µm). Ils sont translucides et invisibles à l'œil nu. Les nématodes constituent un groupe extrêmement diversifié (environ 12 000 espèces décrites), ils sont présents dans tous les milieux. Du fait de leur diversité taxonomique et fonctionnelle, les nématodes sont le reflet quantitatif et qualitatif du réseau trophique du sol et des milieux aquatiques.

Le potentiel des nématodes comme bio-indicateurs de la qualité du sol a été pressenti dès les années 90 et les développements internationaux ultérieurs ont confirmé leurs intérêts.



C. Villenave, responsable scientifique chez ELISOL environnement a participé depuis 15 ans à la validation des organismes du sol, et en particulier de la nématofaune comme outil de la caractérisation biologique du sol. Elle a également participé à la normalisation des procédures spécifiques à ces études (norme ISO).

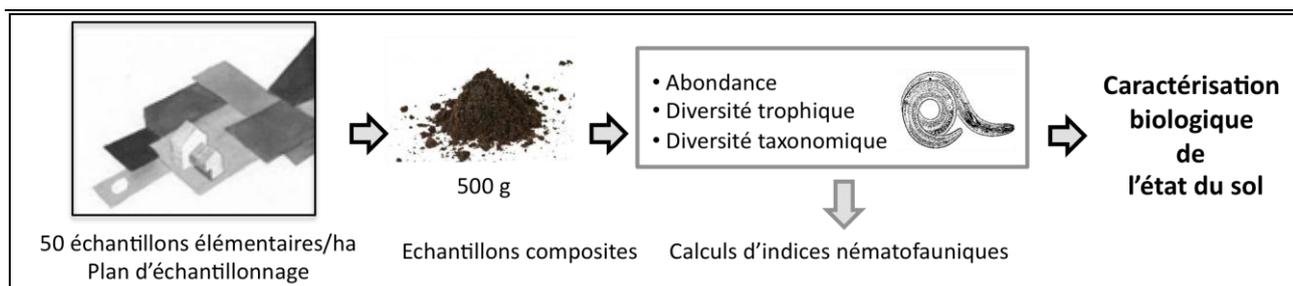
ELISOL environnement commercialise l'outil « nématofaune », et continue de le développer en implémentant un référentiel de données et travaillant à la validation d'un Indice Global de la Qualité des sols.

### **Du sol à son analyse**

L'analyse de la nématofaune ne nécessite pas de compétences particulières pour les gestionnaires de sites qui vont réaliser les prélèvements et les envoyer au laboratoire par colis postal rapide. L'abondance des nématodes ainsi que leur diversité sont prises en compte pour l'interprétation des résultats.

Cet outil permet de réaliser un diagnostic de la ressource « sol » et d'évaluer l'efficacité des mesures de réhabilitation des sols. Il peut également permettre de communiquer sur l'état de son sol avec des mesures concrètes (exemple comparaison dans le temps : avant le passage en agriculture biologique / après la conversion).

De la prise d'échantillon au diagnostic :



### **ELISOL environnement réalise différentes prestations :**

- des études de caractérisation de l'état du sol (bio-indication de la qualité des sols) basées sur des analyses de la nématofaune d'échantillons de sols ou autres composés naturels ou anthropiques, réalisées dans le but de caractériser leur fonctionnement biologique et leur biodiversité.
- des analyses dans le domaine de la protection des cultures : analyses phytonématologiques d'échantillons de sol, d'amendements organiques, de racines ou d'eaux dans lesquels les nématodes phytophages sont identifiés et quantifiés,
- des formations en écologie du sol et nématologie.

### **Des partenaires institutionnels soutiennent ELISOL environnement:**

ELISOL environnement est une jeune entreprise innovante liée à des partenaires scientifiques, en particulier l'UMR ECO&SOLS, dirigée par J-L. Chotte Directeur de Recherche à l'IRD, à Montpellier.

La start-up est accompagnée par trois incubateurs régionaux :

- Languedoc-Roussillon Incubation (LRI) qui soutient les start-up qui valorisent des travaux de la recherche publique,
- AgroValo méditerranée ; une part importante de notre activité s'exerce dans le domaine agricole,
- Business Innovation Center (BIC) de Montpellier en raison du caractère innovant de nos produits.

Le soutien institutionnel et régional a offert à ELISOL environnement l'opportunité de concilier démarrage d'activité et formation en gestion d'entreprise.

# Témoignage d'une start up

**Marina LE GUEDARD**  
**LEB AQUITAINE TRANSFERT**  
**Lipides Environnement et Biotechnologies**

LBM

71, avenue Edouard Bourlaux - 33883 Villenave d'Ornon Cedex

Tél. : 05 57 12 25 31 – Fax. : 05 57 12 26 44

marina.leguedard@u-bordeaux2.fr

jean-jacques.bessoule@u-bordeaux2.fr

www.biomemb.cnrs.fr/LEB\_Aquitaine.html

*Les molécules lipidiques, notamment par leur rôle fondamental dans la constitution des membranes biologiques et leurs fonctions multiples dans la cellule, sont indispensables à toute forme de vie. LEB Aquitaine transfert conduit plusieurs programmes de recherche sur les lipides. Il s'agit de programmes en biotechnologie dont il ne sera pas question dans le présent document, et de programmes divers dans le domaine de l'environnement. En effet, particulièrement sensibles aux stress environnementaux, les lipides constituent un outil puissant de l'évaluation environnementale.*

## **I- LEB Aquitaine Transfert est une cellule de transfert de technologie spécialiste du diagnostic et de la surveillance de l'environnement.**

Fort de son expérience, LEB Aquitaine Transfert intervient dans l'évaluation de l'état de santé des écosystèmes en mettant à disposition ses outils de diagnostic et de biosurveillance à tout acteur soucieux de contribuer à la qualité environnementale de son territoire et désireux de développer une procédure écologique de contrôle et de suivi. En effet, la pollution engendrée par les activités humaines constitue aujourd'hui un problème majeur. La protection et la sauvegarde de l'environnement sont ainsi devenues un enjeu primordial pour les industriels et les collectivités. Or pour répondre aux questions et problèmes posés, la mise en place de nouveaux concepts, de méthodes et d'outils d'aide à la décision est nécessaire.

Les outils actuellement utilisés pour caractériser et évaluer la pollution des sols sont principalement basés sur des analyses physico-chimiques. Elles donnent des indications sur la présence ou l'absence d'un polluant cependant :

- Certaines familles de polluant peuvent échapper à cette surveillance. En effet, les analyses physico-chimiques ne permettent pas de détecter dans les sols la présence de molécules totalement nouvelles ou certains produits de dégradation encore mal connus ;
- Ces analyses ne renseignent en rien sur la disponibilité/toxicité des polluants détectés et ne permettent pas de prédire les effets de synergie et d'antagonisme entre les contaminants.

Les analyses physico-chimiques ne permettent donc pas de connaître l'impact des polluants sur le milieu vivant et ne suffisent pas pour réellement apprécier la qualité écologique des écosystèmes terrestres. D'où la nécessité d'utiliser en complément des d'outils biologiques permettant de mesurer un stress global de l'environnement (par exemple la pollution chimique, l'état physique du sol, des changements biologiques, etc).

Conscients de l'importance de disposer de tels outils, le personnel impliqué dans la cellule LEB Aquitaine Transfert a développé depuis ces dix dernières années un outil biologique de diagnostic de la pollution/qualité des sols dont le principe repose sur l'analyse de la composition lipidique de feuilles de végétaux ayant poussé sur des sols de sites industriels ou agricoles potentiellement contaminés (métaux, hydrocarbures, pesticides et herbicides). Cet outil mesure l'effet des polluants au niveau cellulaire et permet ainsi :

- une appréciation globale de l'état de santé de l'écosystème ;
- une évaluation intégrée dans le temps et dans l'espace des polluants phytodisponibles ;
- une détection précoce des effets des contaminants.

Les travaux que nous avons réalisés nous ont notamment conduit à la rédaction de la Norme AFNOR XP-X31 233 (2012 : Qualité du sol. Détermination des effets des polluants sur la flore du sol: Effets des sols contaminés sur la composition en acides gras foliaires de *Lactuca sativa*). Ce sont les connaissances et les compétences acquises lors de ces travaux ainsi que la demande de plus en plus importante en matière d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes qui ont conduit à la création de LEB Aquitaine Transfert en janvier 2012. Il s'agit d'une cellule de transfert de technologie gérée financièrement par l'ADERA (Association pour le Développement de l'Enseignement et des Recherches en Aquitaine) et adossée au LBM (Laboratoire de Biogenèse Membranaire).

## II- L'outil de diagnostic et de surveillance proposé par LEB Aquitaine Transfert.

L'indice Oméga 3 permet de mettre en évidence une exposition des végétaux à divers contaminants du sol (métaux lourds, HAP, pesticides, etc.) grâce à des prélèvements de feuilles de plantes suivi d'analyses de leur composition en acides gras (Cf. Fiche Outil de l'indice Oméga 3). Dans ce cadre, deux stratégies peuvent être appliquées :

- La première approche repose sur une analyse «*ex situ*» normalisée à l'AFNOR (AFNOR XP X31-233) : un échantillon de sol est prélevé sur site, les analyses sont ensuite réalisées sur des plantes modèles (*Lactuca sativa*) cultivées sur les sols prélevés en conditions contrôlées (Fig 1) ;



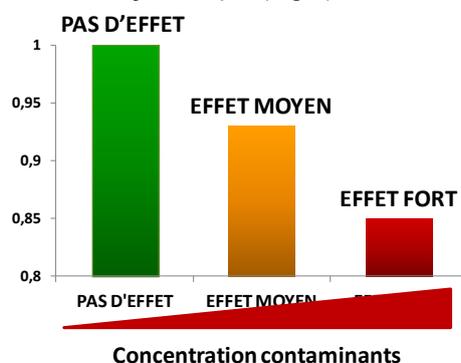
**Figure 1 : Plants de *Lactuca sativa* cultivés sur différents sols en conditions contrôlées.**

- La seconde approche, «*in situ*» repose sur l'analyse directe d'échantillons de plantes prélevées sur site (Fig 2).



**Figure 2 : Prélèvements de feuilles sur site.**

Les données acquises doivent être interprétées par rapport à une situation de référence choisie sur le site étudié (témoin ou parcelle sur laquelle l'indice Oméga 3 est le moins sensible). L'indice Oméga 3 varie de 0 à 1 et permet de classer les différentes parcelles étudiées entre elles. Suivant l'indice Oméga 3 obtenus sur un site, les résultats sont interprétés de façon simple (Fig 3) et donc aisément communicable :



**Figure 3 : Echelle d'interprétation de l'indice Oméga 3**

- Les intérêts de l'indice Oméga 3 dans l'évaluation de l'état de santé des écosystèmes sont les suivants :
- Il permet d'évaluer la « qualité des sols » agricoles et pollués ;
- Il permet de classer les parcelles les unes par rapport aux autres ;
- Cet indice est complémentaire aux analyses physico-chimiques ;
- Le test est sensible : la composition en acide gras est altérée pour des doses de contaminants « subaigües », et n'altérant ni la germination ni la croissance des plantes, voire n'entraînant aucun phénotype « visuel » particulier (chlorose, jaunissement des feuilles...) ;
- La méthode d'analyse est robuste, répétable et reproductible ;
- La méthode est peu onéreuse, rapide et facilement réalisable par des personnes non spécialistes.

### **III- Les services proposés par LEB Aquitaine Transfert.**

Nous proposons aux industriels, aux opérateurs publics et aux collectivités territoriales des prestations technologiques adaptées à leur demande et innovantes en matière d'évaluation des impacts environnementaux. Les prestations sont les suivantes :

- Expertise, conseils aux entreprises, études bibliographiques ;
- Réalisation des tests *ex situ* selon la norme AFNOR XP X31 233 que nous avons élaborée ;
- Réalisation des tests *in situ* comme nous avons menés dans plusieurs programmes.

Nos avantages concurrentiels dans le domaine de l'évaluation de la pollution des sols incluent une grande expertise dans le domaine et une parfaite connaissance des tests à réaliser. Par ailleurs, notre test normalisé présente une grande sensibilité, et l'obtention des résultats est rapide et peu onéreuse. De plus, nos travaux réalisés tout au long de ces années sur l'indice Oméga 3 et la pollution des sols fait que notre personnel est reconnu, et est au besoin, à même de s'entourer des partenaires les plus qualifiés.

En conséquence, dans le domaine de l'évaluation de la pollution des sols, nous mettons à disposition l'ensemble de notre savoir-faire dans :

- La cartographie de site ;
- Les problèmes d'épandage de boues de stations d'épuration ;
- Le test de l'efficacité de dépollutions des sols ;
- La sécurité des sites (aide à la décision pour la gestion de site et des sols) ;
- L'évaluation de l'impact des pollutions : métaux, organiques, pesticides... ;
- L'évaluation des pratiques culturales.

Voici quelques exemples concrets de nos applications :

- Analyse écotoxicologique des végétaux sur des sites agricoles et sur des sites industriels ;
- Suivi de dépollution par les végétaux de sols contaminés par les HAP, triazines ;
- Analyses écotoxicologiques par les végétaux des sols de terrain viticoles.

### **IV- L'équipe et les moyens techniques de LEB Aquitaines Transfert.**

Pour mener à bien les missions qui lui sont confiées, LEB Aquitaine Transfert bénéficie d'un personnel hautement qualifié, possédant une longue expérience et un important savoir-faire dans les thématiques « des lipides » et de « l'évaluation environnementale » :

- Jean-Jacques Bessoule assure la direction scientifique et apporte toute son expérience et son expertise dans le domaine des lipides. Il est Directeur de Recherche au CNRS et directeur adjoint du laboratoire d'adossement. Il possède une soixantaine de publications dans des revues internationales à comité de lecture relatives aux lipides des plantes et des microorganismes. Il est l'initiateur des études réalisées sur l'indice Oméga 3.
- Marina Le Guédard est responsable de la R&D au sein de la cellule. Elle est Ingénieur en biotechnologie (ENSTBB) et Docteur de l'université Victor Segalen (Bordeaux) avec une thèse sur le métabolisme des lipides. Elle a été coordinatrice du groupe flore dans le programme national ADEME « Bioindicateurs de Qualité des sols ».

Ces deux personnes impliquées dans la cellule ont contribué au développement de l'indice Oméga 3 et sont co-rédactrices de la norme AFNOR XP X31 233. LEB Aquitaine Transfert, située dans les locaux du Laboratoire de Biogenèse Membranaire, bénéficie par ailleurs de l'appui des équipes de recherche performantes et du matériel scientifique de son laboratoire d'adossement. Nous disposons également d'enceintes phytotroniques permettant la culture des végétaux en conditions contrôlées.

Page de notes