

INDICE BIOLOGIQUE DE LA QUALITE DES SOLS (IBQS)

Bio-indicateur de la qualité des sols basés sur l'étude des peuplements de macro-invertébrés

Ruiz N. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Centre France-Nord
 Contact : nuria.ruiz-camacho@ird.fr

Les macro-invertébrés du sol sont composés d'une grande diversité d'organismes visibles à l'œil nu. Ils peuvent être groupés selon leur rôle principal dans l'écosystème (cf figure 1).

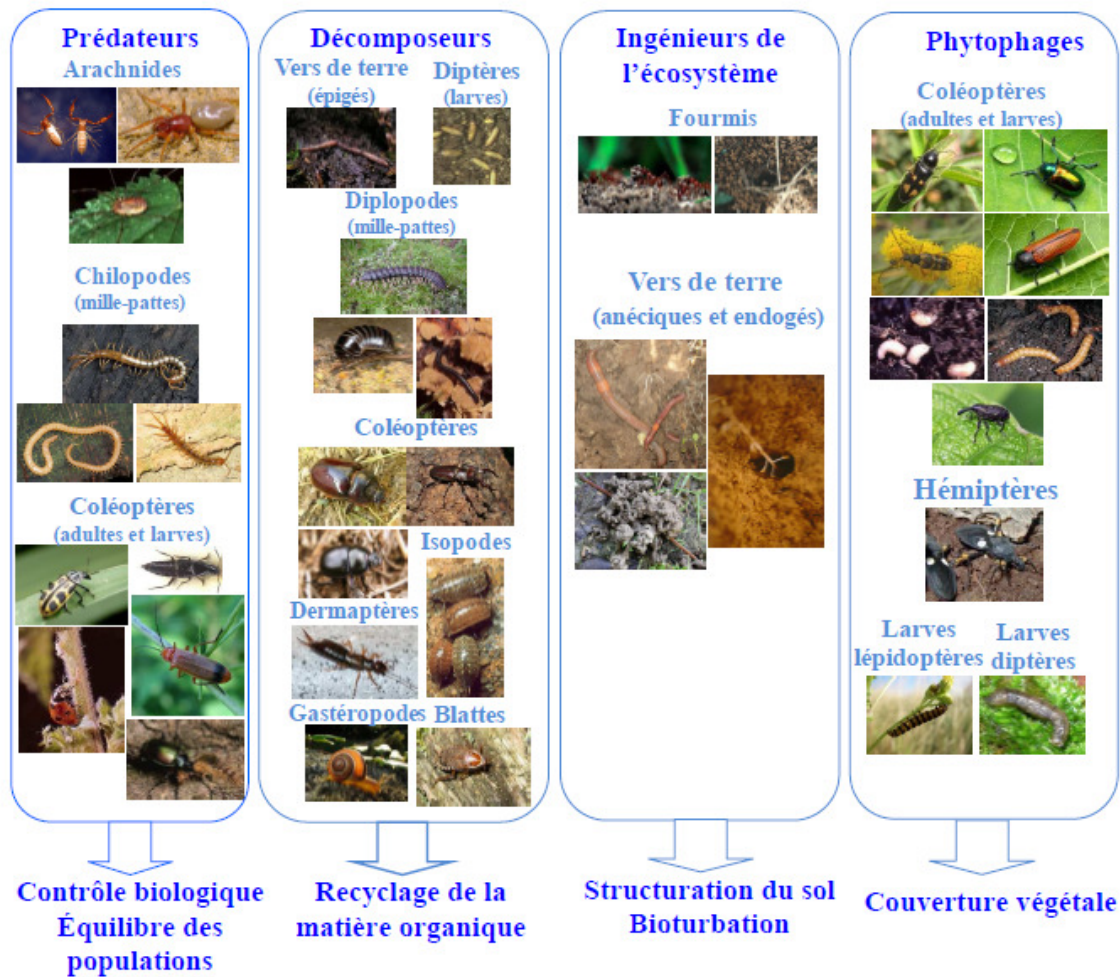


Figure 1 : Rôle des macro-invertébrés du sol dans l'écosystème terrestre

Ces organismes participent activement au fonctionnement du sol en lui permettant de rendre un ensemble de services écosystémiques essentiels pour la planète tels que :

- l'infiltration et le stockage d'eau ;
- la séquestration de carbone ;
- la stimulation de la croissance des plantes ;
- le maintien de la biodiversité ou de l'activité microbienne ;
- le recyclage de la matière organique.

En leur absence, ces fonctions se trouvent fortement diminuées.

Les macro-invertébrés du sol sont en contact permanent avec ce milieu où ils vivent, se nourrissent et se reproduisent. Ils occupent une grande diversité d'habitats et possèdent des modes de vie très variés. De ce fait, ils sont capables d'intégrer les changements de l'environnement dans le temps et dans l'espace et d'y répondre avec un degré d'intensité variable dépendant de leur mode de vie. Ces changements peuvent être ressentis à différentes échelles et seront reflétés par des variations dans une ou plusieurs des unités (taxonomiques, fonctionnelles, écologiques) qui les composent.

Faciles à échantillonner à l'aide d'une méthode standardisée (ISO 23611-5¹), les macro-invertébrés du sol constituent des excellents bioindicateurs de l'état du milieu et de l'impact des pratiques de gestion.

¹ ISO 23611-5 : Qualité du sol – Prélèvement des invertébrés du sol – Partie 5 : Prélèvement et extraction des macro-invertébrés du sol.

COMMENT SONT REALISES LES PRELEVEMENTS DE MACRO-INVERTEBRES ?

L'Indice Biologique de Qualité des Sols (IBQS) est basé sur l'étude de l'ensemble des peuplements de macro-invertébrés du sol comme bioindicateurs de son état physique, chimique et écologique. (Ruiz *et al.*, 2008 ; 2011).



- A : Nettoyage de la surface d'extraction
- B : Extraction chimique à l'eau formolée (0.2%)
- C : Prélèvement d'un bloc de sol (25 x 25 x 15 cm)
- D : Tri manuel du sol

Figure 2 : Illustrations de la méthode TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) en quatre étapes

Sur le terrain, trois zones de prélèvements sont délimitées au niveau du site étudié. Au sein de chacune de ces zones, 10 points de prélèvements sont déterminés.

Au niveau de chaque point de prélèvement (photos A et B, figure 2), les macro-invertébrés sont échantillonnés selon la méthode TSBF (Anderson & Ingram, 1993 ; ISO 23611-5¹) qui utilise un matériel simple et peu coûteux et qui combine l'extraction chimique (eau formolée) et le tri manuel du sol. Les invertébrés récoltés sont conservés dans de l'eau formolée à 4% ce qui permet de fixer les couleurs et les tissus.

Une fois au laboratoire les échantillons sont nettoyés et les principaux ordres de macro-invertébrés (17 au total dans le sol) sont séparés et dénombrés. Les individus sont stockés dans de l'alcool à 70% et identifiés par la suite jusqu'au niveau taxonomique des espèces.

COMMENT L'IBQS EST-IL CALCULE ?

Une fois l'ensemble des espèces de macro-invertébrés identifiées, la méthode IndVal (Dufrêne et Legendre, 1997) permet de sélectionner, dans le grand nombre d'espèces récoltées, les taxons qui ont une valeur indicatrice significative pour un groupe de sites. Ces taxons sont à la fois les plus spécifiques aux sites constituant le groupe et les plus fréquents dans les prélèvements effectués au niveau de chaque site du groupe.

Le groupement des sites peut se faire (i) *a priori*, les sites sont alors réunis en fonction des caractéristiques et des similitudes connues (ex. : milieux très pollués, faiblement pollués et peu ou pas pollués) et on identifie par la méthode IndVal s'il existe des taxons indicateurs caractéristiques de ces groupements, ou (ii) *a posteriori*, dans ce cas, les sites sont groupés à partir des résultats d'un traitement statistique des données caractérisant l'état du sol et de l'écosystème (ex. : données physico-chimiques ou faunistiques) à l'aide des analyses multivariées. L'ensemble des paramètres utilisés pour caractériser l'état de l'écosystème permet de grouper les sites d'étude en fonction de leur similitude. Pour chaque groupe de sites, la méthode IndVal va ensuite extraire les taxons caractéristiques des sites d'un même groupe. Ces taxons seront par conséquent représentatifs d'un état donné de l'écosystème. À titre d'exemple, dans le cas de l'étude présentée ci-après, les sites d'étude ont été groupés *a posteriori* et la macrofaune du sol a mis en évidence des groupements de sites en fonction du niveau de contamination et du type de plantation.

Une formule simple réunit ces données et évalue la qualité du sol dans un intervalle de 0 à 20 :

$$IBQS = \sum_{i=1}^n \left[\ln(Di+1)/N / \ln (Di+1)_{\max} \right] \times Si$$

Di est la densité moyenne de l'espèce *i* dans un site
Si est la valeur indicatrice du taxon.

L'abondance et la diversité des taxons indicateurs présents sur un site permettent d'octroyer au sol étudié une note comprise entre 0 et 20, 0 indiquant une qualité mauvaise et 20 une qualité optimale (Ruiz, 2004 ; 2011).

Le score obtenu renseigne sur l'état écologique du sol qui est en lien direct avec sa capacité à s'autoréguler pour remplir les fonctions essentielles au maintien de sa qualité ainsi qu'à sa capacité à intégrer les changements qu'ils soient d'origine naturelle ou dus aux activités humaines.

Afin de démontrer les enjeux de l'IBQS et son apport en évaluation des risques environnementaux de terrains contaminés, l'indice a été employé au cours d'une expérimentation menée dans le cadre de l'évaluation des effets d'une contamination en ETM (Eléments Traces Métalliques) des sols de surface sur un type d'écosystème terrestre : le boisement envisagé comme solution de reconversion d'anciennes parcelles agricoles contaminées. Dans ce contexte, la macrofaune du sol, maillon clé de l'étude, constitue une entité cible très à risque en raison de son contact direct et permanent avec le sol et pour son rôle fondamental dans l'activité biologique du sol et donc dans le fonctionnement de l'écosystème.

Ce groupe d'organismes a donc été étudié sur quatre stations boisées nommées A1, A2, A3 et A4 qui présentent d'une part, des niveaux de contamination variables (gradient de contamination décroissant de A1 vers A4) et d'autre part, différents modes de plantations (A1 et A4 sont des plantations pluri-spécifiques alors que A2 et A3 sont des plantations mono-spécifiques). Pour compléter ce dispositif expérimental, un boisement non contaminé (nommé AT2), issu d'une plantation pluri-spécifique, considéré comme témoin négatif de l'évaluation a également fait l'objet d'une étude de la macrofaune du sol.

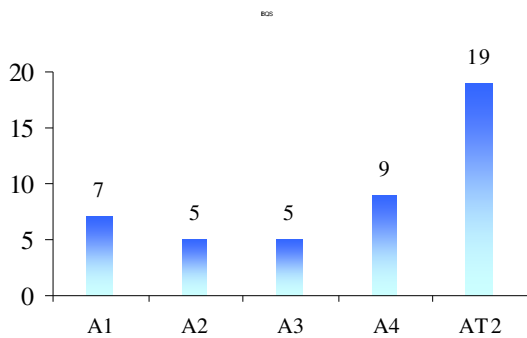


Figure 3 : IBQS des boisements contaminés et du boisement témoin (Ruiz, 2010)

Sur la base de l'IBQS (figure 3), les stations d'étude se classent de la manière suivante : $A2=A3 < A1 < A4 < AT2$. Dans notre contexte, c'est donc le boisement non contaminé AT2 qui a obtenu l'IBQS le plus élevé. La note obtenue (19/20) indique que les sols de ce boisement présente une qualité optimale au regard de la macrofaune du sol. À l'inverse, les boisements contaminés ont tous obtenus des notes inférieures à 10, ce qui traduit une plus faible qualité biologique des sols contaminés. Notons que, parmi ces boisements, ce sont les plantations monoclonales qui obtiennent les notes les plus basses. Ce résultat tend à démontrer qu'en plus d'une influence de la

contamination sur la qualité biologique des sols, le mode de gestion visant à mettre en place des plantations mono-spécifiques ne permet pas de restaurer un bon état écologique du sol. Aussi, dans le contexte de reconversion des sols contaminés par les métaux lourds, les plantations pluri-spécifiques semblent être les plus favorables à la diversité spécifique et fonctionnelle des macro-invertébrés.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'IBQS s'est montré pertinent pour l'évaluation de l'état du sol dans le contexte des sols pollués par les métaux lourds. La combinaison de l'abondance des espèces indicatrices et de leur valeur indicatrice a permis de faire une séparation pertinente entre (i) les boisements contaminés et le boisement témoin et (ii) entre les plantations monoclonales et pluri-spécifiques. L'indicateur exprime par conséquent l'influence de la contamination mais également des caractéristiques de l'écosystème.

Bibliographie

- Anderson, J.P.E., Ingram, J.S.I., 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. CAB International. Oxon, UK, pp 44-46.
- Dufrène, M., Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs, 67, 3, pp. 345-366.
- ISO/FDIS 23611-5: Qualité du sol – Prélèvement des invertébrés du sol – Partie 5 : Prélèvement et extraction des macro-invertébrés du sol.
- Ruiz N. 2004. Mise au point d'un système de bioindication de la qualité du sol basé sur l'étude des peuplements de macro-invertébrés. Thèse de doctorat de l'Université Paris 6, Spécialité science de la vie, 14 septembre 2004, Bondy : 327 p.
- Ruiz N., Velasquez E., Lavelle P. 2008. Vers la mise au point et l'application d'indicateurs synthétiques de la qualité des sols. Congrès annuel 2008 Sol, Société et politique. 7 et 8. février 2008, Université de Neuchâtel, France. 71 p.
- Ruiz N., Velasquez E. 2008. Les indicateurs synthétiques de la qualité des sols. Indicateurs de la qualité des sols, Académie d'agriculture de France, séance du 30 janvier 2008. 2 p.
- Ruiz, N., Mathieu, J., Celini, L., Rollard, C., Hommay, G., Iorio, E., Lavelle, P. 2011. IBQS : A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. Soil Biology and Biochemistry, 43: 2032-2045.
- Ruiz-Camacho N. 2010. Transfert sol – macrofaune du sol. In ADEME, 2010. Complémentarité des approches physico-chimiques et biologiques pour caractériser des sols contaminés par des ETM sur six parcelles du secteur de Métaleurop. 103 p.