

Sensibiliser les jeunes au sol à l'aide de la démarche scientifique :

Retour d'expérience d'un atelier conduit dans le cadre de la Fête de la Science

Anne-Maïmiti Dulaurent*, David Houben

AGHYLE, Unilasalle, SFR Condorcet FR CNRS 3417, 19, rue Pierre Waguet BP 30313 F-60026 Beauvais Cedex, France

* : Auteur correspondant : anne-maimiti.dulaurent@unilasalle.fr

RÉSUMÉ

Cet article traite de l'organisation d'un atelier de sensibilisation au sol à destination d'élèves âgés d'entre 8 et 11 ans organisé à Beauvais (France) dans le cadre de la Fête de la Science 2017, et discute de l'efficacité de ce type d'action sur base des retours collectés. L'approche adoptée pour l'élaboration des ateliers a été basée sur la démarche scientifique d'investigation. A travers différentes observations et expérimentations, les élèves sont partis à la découverte des organismes du sol et ont appréhendé le rôle du sol dans la régulation du cycle de l'eau. De manière plus générale, ils ont été amenés à se questionner sur l'importance du sol pour les écosystèmes et le bien-être humain. Les retours très positifs collectés à l'issue de ces ateliers ainsi que lors d'une journée ouverte aux citoyens suggèrent que la méconnaissance du sol en tant que réalité multifonctionnelle est davantage liée à un manque d'information qu'à un manque d'intérêt du grand public. L'engouement suscité par cet événement encourage à conduire des actions de sensibilisation similaires ainsi qu'à promouvoir l'intégration du sol dans les programmes scolaires.

Mots clés

Sensibilisation, communication, enseignement, pédagogie, vulgarisation, sol multifonctionnel.

Comment citer cet article :

Dulaurent A.-M. et Houben D., 2020 -
Sensibiliser les jeunes au sol à l'aide de
la démarche scientifique : retour d'expérience
d'un atelier conduit dans le cadre de la Fête de
la Science, *Etude et Gestion des Sols*, 27, 9-22

Comment télécharger cet article :

<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/volume-27/>

Comment consulter/télécharger

tous les articles de la revue EGS :

<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/>

SUMMARY**RAISING THE AWARENESS OF YOUNG PEOPLE ABOUT SOIL USING THE SCIENTIFIC APPROACH:****Feedback from a workshop conducted for the Scientific Days**

This article deals with the organization of an awareness-raising workshop about soil for students from 8 to 11 years old and taken place in Beauvais (France) during the Science Days in 2017. The approach adopted for the design of the workshops was based on the scientific approach of investigation. Through various observations and experiments, the students have discovered the soil organisms and the role of the soil in the regulation of the water cycle. More generally, they have questioned the importance of soil for ecosystems and human well-being. The very positive feedback collected at the end of these workshops and during a day open to the general public suggests that the lack of knowledge on soil as a multifunctional system is more related to a lack of information than to a lack of interest from the general public. The enthusiasm generated by this event encourages similar awareness-raising activities and strengthen the need to integrate soil in school programs..

Key-words

Awareness-raising, communication, teaching, pedagogy, popularizing science, multifunctional soil.

RESUMEN**SENSIBILIZAR LOS JÓVENES AL SUELO CON AYUDA DEL ENFOQUE CIENTÍFICO****Retorno de experiencia de un taller realizado en el cuadro de la Feria de la Ciencia**

Este artículo trata de la organización de un taller de sensibilización al suelo destinado a alumnos entre 8 y 11 años organizado en Beauvais (Francia) en el cuadro de la Feria de la Ciencia en 2017, y discute de la eficacia de este tipo de acción en base a los retornos colectados. La metodología adoptada para la elaboración de los talleres se basó sobre el enfoque científico de investigación. A través de diferentes observaciones y experimentaciones, los alumnos descubrieron organismos del suelo y encararon el papel del suelo en la regulación del ciclo del agua. De manera más general, lograron cuestionarse sobre la importancia del suelo para los ecosistemas y el bien-estar humano. Los retornos muy positivos colectados al final de los talleres así que durante una jornada abierta a los ciudadanos sugieren que el desconocimiento del suelo como realidad multifuncional es más ligado a una falta de información que a una falta de interés del gran público. El entusiasmo suscitado por este evento alienta desarrollar acciones de sensibilización similares así que promover integración del suelo en los programas escolares.

Palabras clave

Sensibilización, comunicación, enseñanza, pedagogía, vulgarización, suelo multifuncional.

1. INTRODUCTION

Depuis la conférence des Nations Unies de Stockholm en 1972, l'éducation est considérée comme l'une des voies privilégiées de sensibilisation à la préservation de l'environnement. En effet, la recommandation 96 demande que soit établi: *“un programme éducatif international d'enseignement interdisciplinaire, scolaire et extrascolaire, relatif à l'environnement, couvrant tous les degrés d'enseignement et s'adressant à tous, jeunes et adultes, en vue de leur faire connaître l'action simple qu'ils pourraient mener, dans les limites de leurs moyens, pour gérer et protéger l'environnement”*. L'éducation en vue d'un développement durable est également fortement promue depuis deux décennies par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et celle-ci prend actuellement place parmi les principales finalités éducatives des curriculums de différents systèmes éducatifs à travers le monde (Gremaud et Roy, 2017). Plus récemment, en France, l'éducation au développement durable a été reconnue comme une politique éducative prioritaire dans le cadre de la loi sur la refondation de l'école de la République de 2013.

Bien que depuis quelques années, un nombre croissant de campagnes de sensibilisation aient été entreprises auprès de la population (Pellerin *et al.* 2019), le rôle que joue le sol dans la fourniture de services écosystémiques reste encore mal connu par le grand public (Fournil *et al.*, 2018). Si nous voulons assurer sa protection, il apparaît dès lors essentiel de continuer à faire connaître le sol comme un élément essentiel des écosystèmes et du bien-être humain. Selon la Charte européenne des sols du Conseil de l'Europe du 30 mai 1972, *“la conservation des sols doit faire l'objet d'un enseignement à tous les niveaux et d'une information publique toujours accrue [...] Les autorités doivent s'efforcer de veiller à ce que l'information du public par les moyens modernes d'information soit scientifiquement correcte. Les principes de la conservation des sols doivent figurer dans les programmes d'enseignement à tous les niveaux comme élément de l'éducation en matière d'environnement en tant que telle : niveaux primaire, secondaire et universitaire”*. Plus tard, en 2006, la stratégie européenne pour les sols (COM/2006/0231 final) soulignait l'importance d'un investissement substantiel dans l'éducation et la sensibilisation aux sols. Pourtant, en dépit de ces préconisations, la méconnaissance du sol comme réalité multifonctionnelle est toujours d'actualité (Bispo *et al.*, 2016), ce qui traduit qu'en dehors des enseignements spécialisés, la place du sol dans les programmes éducatifs est encore insuffisante.

Créée en 1992, la Fête de la Science est organisée chaque année par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche pour permettre à chacun de découvrir le monde des Sciences et de rencontrer les femmes et les hommes qui font la science d'aujourd'hui. À Beauvais, cette manifestation se déroule en deux temps: les jours de semaine accueillent un public scolaire alors qu'un Village des Sciences a lieu le samedi pour le

grand public. Chaque année, l'Institut Polytechnique UniLaSalle est sollicité par la municipalité pour élaborer durant la semaine différents ateliers scientifiques à destination des élèves de CM1 et CM2. Conscients qu'ils représentent les architectes du monde de demain, nous avons, en 2017, souhaité saisir cette opportunité pour faire découvrir aux plus jeunes le sol et la pluralité des fonctions qui lui sont associées, tout en les sensibilisant à la nécessité de protéger ce patrimoine non-renouvelable. L'objectif de cet article est non seulement de présenter les ateliers et la démarche adoptée pour les concevoir mais aussi d'évaluer, à travers les retours collectés, l'efficacité de telles actions de sensibilisation.

2. CONCEPTION ET DÉROULEMENT DES ATELIERS

La conception des ateliers est le fruit d'un travail collaboratif entre les enseignants-chercheurs d'UniLaSalle et l'association H₂O de la Ville de Beauvais dont les missions sont d'animer et de vulgariser les Sciences (H₂O, 2019). L'approche retenue pour l'élaboration des ateliers repose sur la démarche scientifique d'investigation, celle-ci s'articulant autour de quatre dynamiques: Problématiser, Investiguer, Planifier, Conceptualiser (*figure 1*). Par ailleurs, les ateliers ont été conçus pour aborder de manière complémentaire les principales méthodes scientifiques: suivi d'un protocole détaillé, utilisation individuelle de matériel de laboratoire, observation à la loupe binoculaire, mesure de critères physiques, etc.

Lors de l'arrivée en salle, un temps introductif rapide permet de présenter la thématique de la demi-journée aux élèves (CM1 ou CM2). Deux groupes d'une dizaine d'élèves sont constitués pour participer aux deux ateliers traitant des propriétés biologiques ou physiques du sol. Les élèves changent d'atelier après 30 minutes, afin que tous puissent participer aux deux ateliers. La demi-journée se termine par un bilan sous la forme d'un temps d'échange en classe entière.

À la suite de la semaine de la Fête de la Science dédiée aux écoles de la ville de Beauvais, les ateliers ont été transposés dans le cadre du Village des Sciences, ouvert au grand public durant le week-end. Le contexte et l'organisation des animations sont légèrement différents, car les ateliers sont alors ouverts tout au long de la journée sous la forme de stands. Le déroulé présenté ici correspond aux ateliers complets proposés aux scolaires.

Atelier “la chaîne alimentaire du sol et la dégradation de la matière organique”

La biodiversité du sol regroupe un quart de la biodiversité actuellement décrite à l'échelle de la planète (ADEME, 2010). Pourtant, elle représente la “3^e frontière biotique” (après les

grands fonds océaniques et les canopées des forêts équatoriales) car elle reste encore très largement méconnue. Différentes raisons expliquent ce phénomène, notamment les difficultés d'accès au sol qui est un milieu opaque et hétérogène, la taille réduite de ses habitants qui varie du micromètre au centimètre, et le nombre très élevé d'espèces qui l'occupent (Kuyper et Giller, 2011). Pourtant, le rôle des organismes du sol est essentiel dans son fonctionnement, puisqu'ils permettent entre autres la dégradation de la matière organique et le maintien du cycle des éléments nutritifs indispensables à la croissance des plantes (Wall *et al.*, 2012).

Du fait de la méconnaissance des organismes du sol, un certain nombre d'*a priori* peut mener, à terme, à un manque de considération de ces organismes dans les prises de décision concernant les usages du sol. Une première étape pour une meilleure connaissance de certains groupes d'organismes et de leur importance consiste en leur observation, d'un point de vue comportemental et morphologique, orientée vers une compréhension de leur rôle dans le fonctionnement du sol.

L'objectif de cet atelier est de s'appuyer sur la démarche scientifique d'investigation afin de faire découvrir les principaux groupes d'animaux du sol aux élèves (*figure 1*). La problématique concerne ici la dégradation de la matière organique et le rôle des animaux du sol dans la fourniture d'éléments nutritifs aux plantes (problématiser). Les élèves formulent ensuite des hypothèses sur la position dans la chaîne alimentaire des animaux du sol impliqués dans la dégradation de la matière organique (planifier). Puis des observations à la loupe binoculaire et des mesures morphologiques leur permettent d'investiguer l'anatomie des animaux présentés. Enfin ils peuvent conceptualiser les processus fournissant des éléments nutritifs indispensables aux plantes à partir de matière végétale en décomposition.

Sensibiliser aux traits comportementaux des organismes par l'analyse de la méthode d'extraction de Berlèse

La première étape de l'atelier consiste à présenter des dispositifs d'extraction de Berlèse en fonctionnement (Ramade, 2012) (*figure 2*). À travers ce dispositif, les élèves appréhendent plus facilement le comportement spécifique des animaux du sol, qui fuient les conditions défavorables de la surface (taux d'humidité faible, luminosité, chaleur). Lors des explications accompagnant la présentation de la méthode, les notions de qualité d'habitat sont abordées à l'oral afin de sensibiliser les élèves à l'impact de l'Homme sur le sol, aussi bien en contexte agricole qu'urbain. Bien que cette observation directe des organismes plutôt qu'à travers des illustrations soit une plus-value, il est précisé aux élèves que cette méthode destructive doit être utilisée avec parcimonie, et seulement dans un cadre scientifique.

Figure 1 - Démarche d'investigation scientifique. Adapté de Roy et Germaud (2017).

Figure 1 - Scientific investigation approach. Adapted from Roy and Germaud (2017).

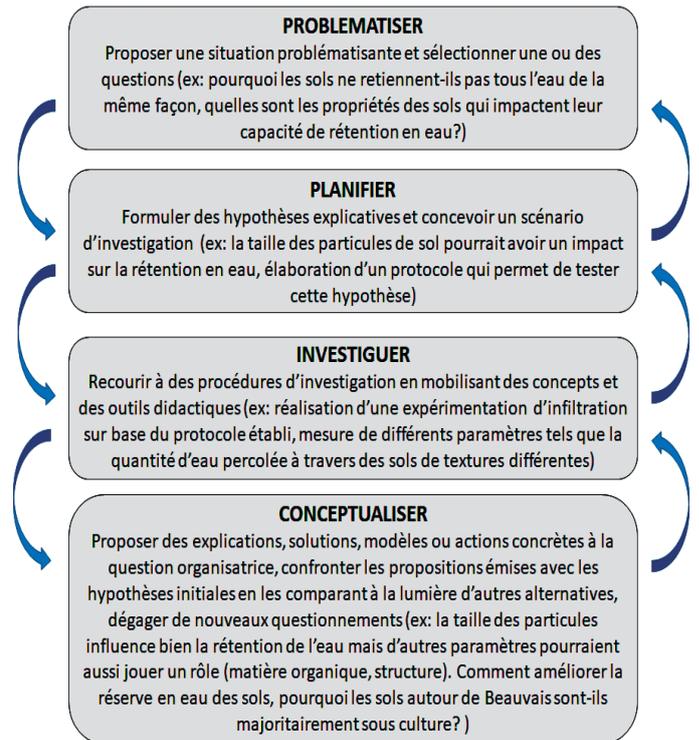


Figure 2 - Présentation des traits comportementaux des animaux du sol, à travers le dispositif d'extraction de Berlèse.

Figure 2 - Presentation of the behavioral traits of soil animals, through the Berlèse extraction device.



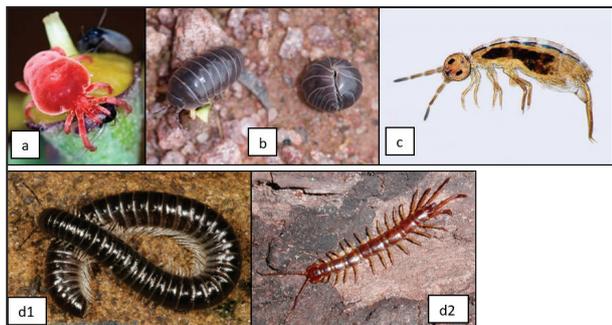
Sensibiliser aux traits morphologiques et alimentaires des organismes par l'observation à la loupe binoculaire

La deuxième étape de l'atelier consiste à observer les animaux extraits des dispositifs de Berlèse à la loupe binoculaire. Ce matériel, rarement utilisé avant l'enseignement secondaire, attise souvent la curiosité des élèves. Chaque élève dispose d'une loupe individuelle qui lui permet de mettre en évidence certains critères morphologiques en lien avec le comportement alimentaire :

- Les pièces buccales plus ou moins proéminentes, et donc propices à la consommation de différentes ressources alimentaires (proies, matière organique en décomposition, etc.) (figure 3.a);
- La forme du corps plus ou moins propice à la protection contre la prédation et la dessiccation (figure 3.b);

Figure 3 - Observation de traits morphologiques d'organismes du sol, en lien avec leur comportement alimentaire. Acarien du genre *Trombidium* présentant des pièces buccales proéminentes adaptées à la prédation (www.insecte.org) (a) ; cloporte commun (*Armadillidium vulgare*) présentant un squelette externe particulièrement enveloppant, le protégeant contre la prédation (www.insecte.org) (b) ; collembole présentant une furca, organe adapté au saut et à la fuite (www.insecte.org) (c) ; myriapodes présentant des formes de corps contrastées, permettant de différencier leur position de proie (d1) ou de prédateur (d2) dans la chaîne alimentaire (1 : www.bmig.org.uk ; 2 : www.inpn.mnhn.fr)

Figure 3 - Observation of morphological traits of soil organisms, related to their feeding behavior. A mite of the genus *Trombidium* with prominent mouthparts suitable for predation (www.insecte.org) (a); common woodlouse (*Armadillidium vulgare*) with a particularly enveloping external skeleton protecting it from predation (www.insecte.org) (b); collembola with a furca, an organ adapted to jumping and escaping (www.insecte.org) (c); myriapods with contrasting body shapes allowing differentiating their position as prey (d1) or predator (d2) in the food chain (1 : www.bmig.org.uk; 2 : www.inpn.mnhn.fr)



- La présence d'organes spécifiquement dédiés à la protection contre la prédation (figure 3.c);
- La position et la forme des pattes plus ou moins efficaces pour un déplacement rapide comme celui d'un prédateur (figure 3.d).

Sensibiliser à l'écoute, la compréhension et la restitution à l'écrit par un questionnaire de bilan sur les processus abordés

Il est important de sensibiliser les élèves à l'importance de la restitution écrite pour exprimer et valider ce qui leur a été expliqué à l'oral (figure 4). Cela leur permet de développer des compétences rédactionnelles, et de garder une trace de l'atelier afin de travailler à nouveau sur son contenu lors du retour en classe (voir partie 3). Un questionnaire a donc été proposé aux élèves (annexe 1), reprenant les différentes étapes de l'atelier selon des approches complémentaires, afin de diversifier les modes de restitutions :

- Réponse à rédiger sous forme de phrase(s) entière(s);
- Schéma et légende à compléter sous forme de points à relier;
- Organismes du sol à relier à leur fonction et leur taille;
- Dessin d'observation à réaliser avec titre et légende.

Sensibiliser à la qualité des données scientifiques disponibles par la mise à disposition d'un ouvrage grand format de qualité reconnue

Une dernière étape consiste à mettre les jeunes en contact avec un ouvrage illustré de grand format, qui puisse être manipulé en toute simplicité. Du fait de son format A3 et de la qualité de ses illustrations, l'Atlas européen de la biodiversité du sol se prête idéalement à cet exercice (Jeffery *et al.*, 2010). Il reprend les principaux groupes d'animaux du sol observés durant l'atelier, avec des illustrations choisies et un court texte reprenant les éléments essentiels de la biologie du groupe. Il présente par

Figure 4 - Restitution écrite de l'atelier "la chaîne alimentaire du sol et la dégradation de la matière organique".

Figure 4 - Written feedback from the workshop "The soil food chain and degradation of organic matter".



ailleurs des groupes non observés durant l'atelier, présents dans d'autres contextes pédo-climatiques ou observables avec du matériel optique plus précis (termites, microorganismes, etc.), qui peuvent être présentés aux jeunes comme une ouverture sur l'immense diversité de la biologie des sols. Par ailleurs, cette étape permet d'adapter le temps passé sur l'atelier : elle est supprimée pour les élèves montrant plus de patience lors de l'observation à la loupe, mais permet de maintenir l'attention des élèves ayant besoin de changer d'activité.

Atelier "Comprendre le sol pour comprendre l'eau"

Le sol joue un rôle essentiel sur le cycle de l'eau. Situé en position d'interface, il recueille l'eau, la filtre, la stocke et la restitue aux plantes (Eagleson, 1978). Il assure le partage entre infiltration et ruissellement avec des conséquences tant sur la qualité que sur la quantité de l'eau (Scanlon *et al.*, 2007; Vereecken *et al.*, 2015). L'approvisionnement en eau et la résistance aux inondations et à la sécheresse ne peuvent se concevoir en l'absence de sols fonctionnels (Brevik *et al.*, 2015). Sol et eau sont donc au cœur des grands enjeux de société. Cet atelier a pour objectif de fournir aux élèves quelques éléments de compréhension du rôle que jouent le sol et ses propriétés dans la régulation de la ressource en eau (quantité et qualité). La démarche scientifique d'investigation a été là encore privilégiée (*figure 1*). Après leur avoir présenté les enjeux et quelques concepts liés à la régulation du cycle de l'eau (problématiser), les élèves ont été amenés à réfléchir aux propriétés des sols qu'il serait intéressant d'investiguer pour comprendre la dynamique de l'eau (planifier). Puis, un protocole (*annexe 2*) a été distribué

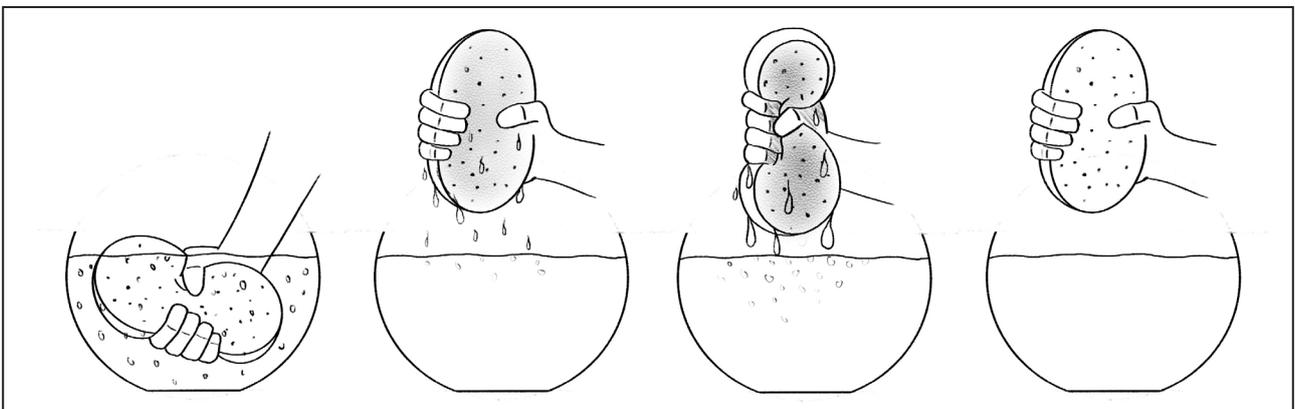
aux élèves afin de leur permettre de réaliser l'expérimentation en adoptant une approche scientifique d'investigation (investiguer). Les résultats générés par leurs expérimentations ont amélioré leur compréhension du rôle joué par le sol dans la régulation de l'eau dans le sol (conceptualiser) tout en suscitant de nouvelles questions.

Sensibiliser à la rétention en eau et à la porosité

La première étape de cet atelier consiste à familiariser les élèves aux facteurs qui expliquent la rétention de l'eau par le sol. On fait l'hypothèse que le sol se comporte comme une éponge : comme elle, il est constitué de solide et de trous. Ces derniers, appelés "pores", représentent 30 à 60 % de son volume et sont remplis d'eau ou d'air. L'éponge est plongée dans un seau d'eau et en est ressortie (*figure 5*). Les élèves observent que l'eau s'en écoule spontanément. On leur explique que cette eau provient des gros pores (appelés "macropores"). L'eau n'y est que faiblement retenue et après un épisode de pluie, ils se vident rapidement de leur eau sous l'effet de la gravité. L'eau quant à elle rejoint les couches plus profondes ou la nappe. Après un certain temps, l'eau arrête de s'écouler. Pourtant, l'éponge est encore gorgée d'eau et si l'on exerce une pression, l'eau s'écoule à nouveau de l'éponge. Cette eau est retenue par les petits trous de l'éponge. Dans le sol, ces petits trous ("appelés micropores") sont capables de stocker l'eau et de la restituer à la plante. Après avoir pressé complètement l'éponge, celle-ci ne libère plus d'eau, le stock d'eau disponible est donc vide. Bien que l'éponge soit encore humide, l'eau résiduelle est trop fortement liée pour que l'on puisse l'extraire. Dans le sol, l'eau liée n'est pas disponible pour les plantes. On montre ensuite aux élèves que la quantité de gros pores et de petits pores dans

Figure 5 - Le sol se comporte comme une éponge. Après avoir saturé l'éponge en eau, l'eau s'écoule des macropores par gravité. Après ressuyage, l'éponge stocke dans les micropores de l'eau qu'il est possible d'extraire. Lorsque les micropores sont vides, l'éponge est encore humide mais il est impossible d'en extraire l'eau : elle est trop fortement liée.

Figure 5 - The soil behaves like a sponge. After saturating the sponge with water, the water flows from the macropores by gravity. After natural drainage, the sponge water stored in the micropores can still be extracted. When the micropores are empty, the sponge is still wet but it is impossible to extract the water too strongly bound.



un sol est fortement influencée par la taille des particules du sol. À l'aide de trois bocaux, l'un rempli de sucre en poudre, l'autre de pois secs et le troisième de noix, les élèves constatent que la quantité de gros pores augmente avec la taille des grains. On leur explique que dans les sols, la taille des particules est divisée en trois grands groupes, les argiles, les limons et les sables et que l'abondance relative de ces particules, appelée la "texture" du sol, influence la porosité et donc la capacité de rétention en eau du sol.

Estimer la texture du sol

La deuxième étape de cet atelier consiste à montrer aux élèves qu'il est possible d'estimer aisément la texture d'un sol. On travaille avec un sol de départ contenant environ 35 % d'argile et on leur donne deux autres sols préalablement fabriqués à partir du premier en incorporant du sable de rivière selon deux doses différentes (33 % et 66 %). Après leur avoir expliqué le test de la boule, du boudin et de l'anneau (*figure 6*) les élèves sont amenés à manipuler ces trois sols afin de les classer en fonction de leur teneur en argile. Les élèves remplissent ensuite trois piluliers avec un tiers de sol et deux tiers d'eau. Après avoir agité vigoureusement les piluliers, ils laissent le sol décanter pendant une minute et observent les différences de hauteurs des couches de particules ayant sédimenté. On les guide pour leur faire déduire que les particules qui sédimentent le plus rapidement sont les plus grosses ; dans le sol, il s'agit des sables. Ils confrontent ensuite les résultats de ce test à ceux du précédent.

Relier texture et rétention en eau du sol

Les trois sols de l'étape précédente sont introduits dans trois colonnes (piluliers de 60 ml perforés à la base) installées sur un dispositif permettant de récolter l'eau percolée. Une quatrième colonne contenant un amendement organique (compost commercial) est également intégrée au dispositif (*figure 7*). On demande aux élèves d'apporter une quantité d'eau identique sur les colonnes à l'aide d'une éprouvette graduée. Après trois minutes, la quantité d'eau récoltée dans chaque récipient placé en dessous des colonnes est déterminée à l'aide de l'éprouvette. Les élèves sont amenés à interpréter la quantité d'eau retenue par les sols A, B et C à la lumière de leurs résultats sur la texture obtenus à l'étape précédente. L'intégration d'une colonne contenant un amendement organique a pour objectif d'illustrer la capacité dont dispose la matière organique à retenir l'eau. Cela permet également de relier les deux ateliers : la matière organique constitue non seulement la principale source de nourriture pour les organismes du sol mais elle assure également d'autres services écosystémiques, notamment l'amélioration de la réserve en eau du sol. Les deux ateliers sont également reliés en demandant aux élèves comment les organismes du sol pourraient eux aussi modifier la capacité de rétention en eau des sols.

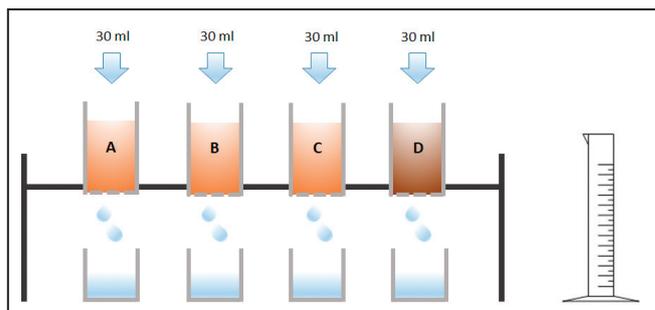
Figure 6 - Réalisation du test de la boule, du boudin et de l'anneau par les élèves.

Figure 6 - Manipulative test (ball, sausage and ring).



Figure 7 - Dispositif en colonnes permettant d'étudier la capacité de rétention en eau des sols en fonction de leurs propriétés texturales.

Figure 7 - Columnar device for studying the water retention capacity of soils according to their textural properties.



Conclusion de l'atelier

L'atelier se clôture en mettant en commun les résultats des élèves et en les positionnant dans un contexte plus large, notamment en identifiant comment les propriétés hydriques des sols influent sur leur usage et le façonnage des paysages (pourquoi les sols de Beauvais sont-ils majoritairement sous culture ?) et en imaginant des stratégies qui peuvent être mises en place pour améliorer la réserve en eau des sols (comment puis-je limiter la quantité d'eau utilisée pour arroser mon potager ?). On conclut en rappelant le rôle essentiel de régulateur que joue le sol vis-à-vis de la ressource en eau de surface et souterraine et que la préservation de cette ressource implique de connaître et protéger les sols.

Bilan des ateliers

Afin de conclure les activités, un bilan des ateliers est réalisé en classe entière, sous la forme d'un temps d'échange oral avec les élèves. L'enseignant questionne le groupe pour savoir ce qui a été retenu dans chaque atelier, et aide à structurer les réponses afin de faire un bilan sur les propriétés biologiques et physiques des sols. Les élèves repartent en ayant en tête les messages forts de chaque atelier :

- Les sols abritent un très grand nombre d'animaux, qui appartiennent à des groupes et ont des rôles différents ;
- L'action commune de ces animaux permet, le long d'une chaîne alimentaire complexe, de dégrader la matière organique et de libérer à terme des éléments nutritifs indispensables à la croissance des plantes ;
- Ces animaux sont fragiles et facilement impactés par les activités humaines ;
- Les sols jouent un rôle fondamental sur le cycle de l'eau et leur détérioration impacte à la fois la quantité et la qualité de l'eau de surface et souterraine ;
- La capacité des sols à retenir ou laisser l'eau s'infiltrer varie d'un sol à l'autre, notamment en fonction de leur texture ; cette dernière peut être facilement estimée ;
- Il existe des stratégies qui permettent d'améliorer le fonctionnement des sols ; celles-ci reposent notamment sur la gestion de la matière organique ;
- Les propriétés des sols délimitent leurs usages et façonnent les paysages ;
- Le sol est une ressource non-renouvelable à l'échelle humaine et sa préservation est essentielle pour garantir la sécurité alimentaire et un avenir durable.

Au-delà du fond scientifique, les élèves ont pu acquérir des compétences techniques en lien avec la rigueur de la démarche scientifique, en mettant en application un protocole expérimental simple, en acquérant des résultats par eux-mêmes, en les analysant et en les interprétant. De plus, le matériel utilisé étant simple à obtenir et peu onéreux (liste du matériel en *annexe 3*), ces ateliers peuvent être facilement réédités dans d'autres contextes. Des ressources complémentaires telles que vidéo (<https://www.youtube.com/watch?v=Mxp1nnrUG0Q>) ou lombricarium en présence/absence de vers de terre (Crespin *et al.* à paraître) peuvent être éventuellement envisagées pour compléter l'atelier et faire le lien entre biologie et physique du sol.

3. RETOUR DES INSTITUTEURS ET DU GRAND PUBLIC

À la fin de chaque demi-journée, les versions corrigées et commentées du "Questionnaire sur les organismes du sol" et du protocole de l'atelier "Comprendre le sol pour comprendre l'eau" ont été remises aux instituteurs, ainsi que les restitutions

Figure 8 - Diffusion des ateliers sous la forme de stand lors du Village des Sciences.

Figure 8 - Workshop at the Science Village.



écrites de chaque élève, afin de leur permettre de retravailler les contenus des ateliers à leur retour en classe.

Dans la semaine suivant les ateliers, l'association H₂O a fait parvenir un questionnaire aux instituteurs afin d'évaluer leur niveau de satisfaction (*annexe 4*). Cinq instituteurs ont répondu, sur six classes ayant assisté aux ateliers. Les objectifs des instituteurs, qui visaient à confronter leurs élèves à la démarche scientifique en leur faisant réaliser des expériences sur le sol, ont été atteints dans 100 % des cas. De la même manière, l'ensemble des instituteurs s'est montré très satisfait du contenu des ateliers et du niveau de participation de leurs élèves. Enfin, toutes les classes ont trouvé le temps nécessaire pour retravailler les ateliers et approfondir leurs contenus scientifiques en classe.

L'ouverture vers le grand public *via* le Village des Sciences a représenté une excellente opportunité de diffusion des messages forts des ateliers à une plus grande échelle (*figure 8*). Par ailleurs, l'intégration d'un message de sensibilisation dans une manifestation populaire permet d'en décupler la portée.

4. CONCLUSION ET OUVERTURE DES ATELIERS

Le succès rencontré par les ateliers et les retours positifs des instituteurs, des élèves et des citoyens témoignent de l'appétence du grand public pour le sol et suggèrent que la méconnaissance du sol par celui-ci résulte davantage d'un manque d'information que d'un désintérêt. Nous avons par ailleurs constaté que l'intérêt pour le sol se manifestait de plus belle dès lors que les enjeux associés à sa préservation sont expliqués, ce qui souligne l'importance d'adopter une approche holistique lorsque l'on

communiqué sur le sol. Celui-ci n'est pas un simple matériau mais bien une entité en interaction avec son environnement, qui délivre des services écosystémiques. À cet effet, la démarche d'investigation scientifique que nous avons mise en place pour aller à la découverte des sols *semble* avoir porté ses fruits. En reliant propriétés, fonctions, usages et préservation des sols à travers l'observation, la manipulation, l'interprétation de résultats et le questionnement, le public s'est mis à mesurer de son propre chef l'importance des sols pour son bien-être et celui de l'environnement. Les plus jeunes constituent un relai privilégié dans les cercles familiaux. Ils ont progressé l'attention portée aux sols et l'enthousiasme dont ils ont fait preuve tout au long de la semaine démontre leur bonne réceptivité sur ce sujet. Ces signaux positifs doivent nous encourager non seulement à réitérer ce type d'actions de sensibilisation mais aussi à mettre en œuvre les moyens pédagogiques permettant de renforcer la place du sol multifonctionnel dans les formations scolaires.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les membres d'H₂O impliqués dans ces ateliers, à commencer par Samir Chaqori pour son aide technique et sa grande pédagogie avec les jeunes enfants, et Benoît Morel pour son suivi et les photos utilisées dans cet article. Par ailleurs, nous remercions nos collègues de l'Institut Polytechnique UniLaSalle pour leur aide précieuse, Stéphanie Bachellez pour toute la logistique entourant cet événement, et Philippe Thuret pour son aide pour certaines illustrations de cet article. Ces activités (matériel, déplacement des élèves, etc.) ont été financées par Ombelliscience, la Région Hauts-de-France, la ville de Beauvais et l'Institut Polytechnique UniLaSalle.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, 2010 - La vie cachée des sols. Disponible en ligne via le lien : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/72480_7021a_vie_cachee_des_sols_a5.pdf
- Bispo A., Compagnone C., Chenu C., Guellier C., Sapjanskas J. et Soubelet H., 2016 - Construire une perception multifonctionnelle des sols, in: Les sols. Intégrer la multifonctionnalité pour une gestion durable. Editions Quae. 384p.
- Brevik, E. C., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., Pereg, L., Quinton, J. N., Six, J., & Van Oost, K., 2015 - The interdisciplinary nature of SOIL. Soil, 1(1), pp. 117-129.
- Crespin P., Pérès J., Sinagra J.-P., Lacassin J.-C., Blanchart E., Chevallier T., Darche M., Dosso M., Feller C. (à paraître). Une exposition sur le Sol à Alès (2018-2019) pour les jeunes et le grand public : faire du jeune avec du vieux, de l'imagination et de la passion ! Etude et Gestion du Sol.
- Eagleson P. S., 1978 - Climate, soil, and vegetation. 1. Introduction to water balance dynamics. Water Resources Research, 14 (5), pp. 705-712.
- Fournil J., Kon Kam King J., Granjou C. et Cécillon L., 2018 - Le sol : enquête sur les mécanismes de (non) émergence d'un problème public environnemental. Vertigo, 18, (2), <https://journals.openedition.org/vertigo/20433>.
- Gremaud B. et Roy P., 2017 - La matrice interdisciplinaire d'une question scientifique socialement vive comme outil d'analyse *a priori* dans le processus de problématisation. Formation et pratiques d'enseignement en question, 22, pp. 125-141.
- H₂O, 2019 - H₂O : un lieu d'animation sur la science [en ligne]. Date de consultation : 24/09/2019. Disponible sur : <<http://www.beauvais.fr/education-jeunesse/h2o.html>>.
- Jeffery S., Gardi C., Jones A., Montanarella L., Marmo L., Miko L.,... et Van Der Putten W. H., 2010 - Atlas européen de la biodiversité du sol. Edité par la commission européenne.
- Kuyper T. W. et Giller K. E., 2011 - Biodiversity and ecosystem functioning below-ground. Agro-biodiversity management for food security - a critical review. Edité par Lenné J.M. et Woods D.M., pp. 134-149.
- Pellerin S., Lelievre V., Arnaud F., Cécillon L., Dia A. et Valentin C., 2019 - Regards sur la recherche française en Sciences du sol à partir d'une analyse bibliométrique : points forts, points faibles et tendances récentes. Etude et Gestion des Sols, 26 (1), pp. 49-63.
- Ramade F., 2012 - Éléments d'écologie, écologie appliquée. Edité par Dunod.
- Roy P. et Gremaud B., 2017 - Une démarche d'investigation interdisciplinaire pour traiter des problématiques d'EDD dans une perspective d'instruction et de socialisation émancipatrice. Formation et pratiques d'enseignement en questions, 22, pp. 99-123.
- Scanlon B. R., Jolly I., Sophocleous M., & Zhang L., 2007 - Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. Water resources research, 43(3), pp. 1-18.
- Vereecken H., Huisman J. A., Hendricks Franssen H. J., Brüggemann N., Bogaen H. R., Kollet S., Javaux M., van der Kruk J. & Vanderborght J., 2015 - Soil hydrology: Recent methodological advances, challenges, and perspectives. Water resources research, 51(4), pp. 2616-2633.
- Wall D. H., Ritz K., Six J., Strong D. R. et van der Putten W. H., 2012 - Soil ecology and ecosystem services. Edité par Oxford University Press.

Annexe 1

Questionnaire sur les organismes du sol



Questionnaire sur les organismes du sol

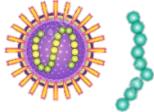
1. Le rôle des organismes du sol

Question 1 : qu'arrive-t-il à la feuille ci-dessous ?



Réponse :

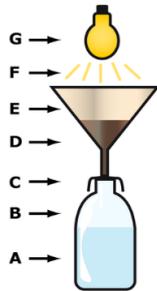
Question 2 : voici quelques exemples d'organismes qui vivent dans le sol. Associez chaque organisme à son rôle dans le sol et à sa taille.

Rôle	Organisme vivant dans le sol	Taille
A. Ils découpent et enfouissent la feuille	1. bactéries et champignons 	a. Quelques dizaines de centimètres
B. Ils se développent sur la feuille dès sa tombée de l'arbre	2. cloportes 	b. Quelques millimètres
C. Ils mangent les parties dures de la feuille (nervures)	3. collemboles et acariens 	c. Quelques micromètres
D. Ils mangent les parties tendres de la feuille (épiderme)	4. vers de terre 	d. Quelques centimètres

Réponse :

2. Les moyens d'attraper et d'observer les organismes du sol

Question 3 : associez chaque partie du schéma à sa définition.



1. Filtre ne laissant passer que les plus petits organismes
2. Chaleur
3. Sol contenant les organismes
4. Récipient recueillant les organismes extraits du sol
5. Source de lumière
6. Liquide pour conserver les organismes
7. Entonnoir

Réponse :

3. Dessinez l'organisme qui vous a été fourni :

Annexe 2

Protocole de l'atelier "Comprendre le sol pour comprendre l'eau"

Expérience 1 : Détermination de la teneur en argile d'un sol

A l'aide d'une pissette, humectez les trois sols A, B et C et réalisez ensuite le test du boudin et de l'anneau afin d'en déterminez la teneur en argile. Notez la teneur en argile des trois sols ci-dessous.

	Sol A	Sol B	Sol C
Teneur en argile (%)			

Expérience 2 : Comparaison de la teneur en sable des sols

- Les trois flacons A, B et C contiennent la même quantité de sol.
- A l'aide de la pissette, remplissez-les d'eau.
- Après les avoir refermés, agitez-les vigoureusement pendant 10 secondes.
- Laissez sédimenter les sols pendant une minute.
- Comparez la teneur en sable de vos sols.

.....

.....

.....

.....

Expérience 3 : Détermination de la capacité de rétention en eau d'un sol

- Les quatre colonnes disposées devant vous contiennent chacune la même quantité de sol.
- En vous aidant de l'éprouvette graduée, versez lentement 50 ml d'eau sur chacun de ces sols.
- Après 3 minutes, déterminez la quantité d'eau ayant percolé à travers le sol. Pour cela, vous viderez l'eau récoltée par les flacons collecteurs dans l'éprouvette graduée.

	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D
Quantité d'eau percolée (ml)				

A la lumière des résultats des expériences 1 et 2, expliquez les différences de quantité d'eau ayant percolé entre chacun des sols.

.....

.....

Annexe 3

Liste du matériel utilisé pour les deux ateliers

- Extracteurs de Berlèse : déjà disponibles dans le centre de formation
- Loupes et/ou éclairages associés : déjà disponibles dans le centre de formation
- Ouvrage "Atlas européen de la biodiversité du sol" (Jeffery, 2010)
- Piluliers en polypropylène
- Bocaux en verre remplis de sucre, de pois secs ou de noix
- Epprouvettes graduées
- Matériel de papeterie

Annexe 4

Questionnaire d'évaluation des ateliers envoyé aux instituteurs, et exemple d'une réponse reçue

EVALUATION				
Ecole : 				
Enseignant : 			Niveau de la classe : CM2	
Projet : Fête de la Science				
1 – Objectif				
1.1. Quel était votre objectif initial en participant à ce projet ?				
Découverte des milieux naturels, rôle des petites bêtes dans l'écosystème et pratique d'une démarche scientifique.				
1.2. Celui-ci a-t-il été atteint ?				
				X
<i>Si non, quelles sont vos attentes pour de futurs projets ?</i>				
2 – Organisation				
2.1. L'organisation vous a-t-elle satisfaite ?				
				X
Informations reçues de la Mairie				X
Transport (si prise en charge)				X
Accueil sur place				X
Durée et organisation				X
Sécurité (pour les visites)				X
3 – Pédagogie				
3.1. Le contenu des séances était-il satisfaisant ?				
				X
3.2. Les supports (équipements, documentations, panneaux, expériences ...) étaient-ils adaptés aux enfants ?				
				X
<i>Remarques/suggestions :</i>				
3.3. Les enfants ont-ils adhéré à la démarche ?				
				X
<i>Si non, pourquoi ?</i>				
3.4. L'animateur a-t-il été pédagogue ?				
				X
<i>Si non, qu'auriez-vous souhaité ?</i>				
3.5. Exploitation des animations				
<i>Quelles séquences avez-vous pu ré-exploiter ?</i>				
Corrections des activités et élaboration d'une trace écrite collective élaborée à partir des documents reçus par les intervenants et H2O				
4 – Ordre Général				
<i>Remarques/suggestions :</i>				
Excellente animation, projet motivant pour les élèves qui ont très très bien participé				