

CATALOGUE

Ateliers pédagogiques

Autour de l'agroécologie



version longue



Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche



INRAE



SOMMAIRE

SOL

Un sol, késako ?.....	3
Enquête autour des sols.....	4

BIODIVERSITE

Les habitants des sols.....	5
Insectes pollinisateurs.....	6

Légumineuses

Vertueuses légumineuses.....	7
------------------------------	---

Cycle de l'azote

Introduction : Cycle de l'azote et besoins des plantes.....	8
L'azote dans tous ses états.....	9
Les engrais, lesquels choisir	10
Les pollutions azotées.....	11
Nodosité, la star des symbioses.....	12
Conclusion : Cycle de l'azote et besoins des plantes.....	13

UN SOL, KESAKO ?

Atelier autour d'expériences



Cet atelier propose aux publics de découvrir la diversité des sols et leurs caractéristiques (composition, texture, couleur) à travers plusieurs activités et expériences.

Objectifs pédagogiques

- Faire comprendre que les sols sont des structures complexes, vivantes, constituées de différents éléments et de composition variable.
- Faire mettre en œuvre des protocoles expérimentaux et en interpréter les résultats.



PUBLICS

Tout public, collège (6^{ème}, 5^{ème}, 4^{ème})



BOÎTE À OUTILS

Expérimenter

Observer

Interpréter



DURÉE

30-45 minutes

UN SOL, KESAKO ?

Autour d'expériences



Objectifs pédagogiques

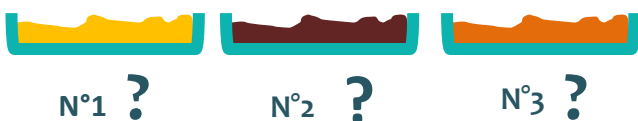
- Faire comprendre que les sols sont des structures complexes, vivantes, constituées de différents éléments et de composition variable.
- Faire mettre en œuvre des protocoles expérimentaux et en interpréter les résultats.

Déroulement

Avant de débiter les expériences, demander aux participants ce qu'est un sol et de quoi il est constitué (**aide possible avec des photos, photos à trouver**). Noter les idées aux tableaux. Répartir les participants en groupe de 2 à 3 pour chaque activité.

ACTIVITE N°1 : QUEL EST CE SOL, DOCTEUR WATSON ?

Sur une table est placée trois bacs numérotés de 1 à 3, remplis de trois sols différents (argile, limon, sable) non identifiés. Les participants doivent identifier les trois sols grâce à une série d'expériences dont le protocole est fourni (cf protocole n°1). Ils remplissent au fur et à mesure la fiche protocole/bilan en notant leurs observations et conclusions.



LIEU

Quelle salle + adaptée ??



CONTACTS

??

?? ???@dijon.inra.fr

????

???? ???@dijon.inra.fr

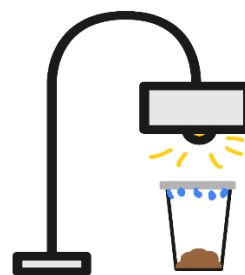


CONTRAINTES

Préparation des sols

ACTIVITE N°2 : DE L'EAU DANS LES SOLS

Les participants réalisent une expérience mettant en évidence la présence d'eau dans les sols. Chaque participant se munit d'un bocal qu'il remplit d'un échantillon de terre. L'ouverture du bocal est recouverte avec du film plastique. Le tout est placé sous une lampe et les participants notent leurs observations (cf protocole n°2).



ACTIVITE N°3 : LES SOLS « RESPIRENT »

Les participants réalisent une expérience mettant en évidence la présence d'air dans le sol. A l'aide d'un protocole fourni, ils remplissent un pot en verre avec un échantillon de terre. Ils observent à la loupe les agencements de terre. Ils ajoutent de l'eau dans le pot (jusqu'au $\frac{3}{4}$). A chaque étape, ils notent leurs observations et leurs conclusions.

Contenus de médiation

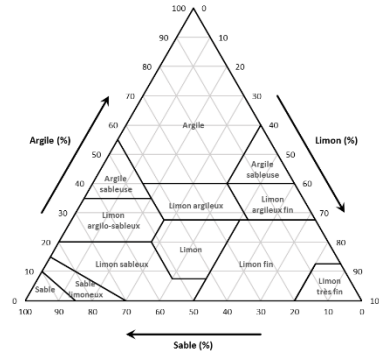
Demander à chaque groupe de restituer les observations qu'ils ont faites et ce qu'ils en ont conclu.

Qu'est-ce que la texture d'un sol ?

Demander au groupe de l'activité n°1, de présenter leurs observations et leurs conclusions : d'après eux, quelle est la texture respective des sols n°1, 2 et 3 ?

Valider ou corriger leurs résultats. Expliquer que le sol est **constitué de différentes particules minérales (blocs, pierres, graviers, limons, argiles, sables...)** de différentes tailles. Préciser que leurs proportions **varient d'un sol à l'autre**. La texture du sol dépend de la distribution de ces particules minérales de différentes tailles. Ces différences de taille, c'est ce qu'on appelle la **granulométrie**.

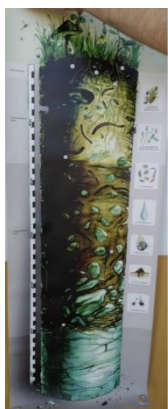
Expliquer qu'il faut **analyser les échantillons en laboratoire pour connaître la texture d'un sol avec précision**. La texture d'un sol peut être plus complexe et plus finement décrite, en fonction des proportions de ses constituants (limons, argiles, sables), un sol peut être qualifié de « **limoneux-argileux** », « **sableux-limoneux** » ... Montrer le diagramme illustrant la diversité des combinaisons possibles de ces particules (**à imprimer sur un cartel, ajouter des couleurs**).



La texture du sol **influence ses propriétés** (aération, humidité, température...). Expliquer **l'importance de la texture du sol et son lien avec l'agriculture**. Les sols qui contiennent en grande proportion argiles et limons, retiennent mieux l'eau car les « pores » sont très petits. Au contraire, un sol sableux avec des macropores grossiers laisse plus facilement circuler l'eau et les gaz (et retient donc moins bien l'eau). **Préciser que la texture du sol influence également la difficulté du labour/travail du sol (donner des exemples précis, selon la composition, le sol est +/- compact et difficile à travailler)**.

Montrer la diversité des sols en termes de couleurs et de textures, avec les tubes à essais transparents contenant différents types de sol.

La composition du sol



Utiliser le poster « *Structure du sol* » pour illustrer votre propos. Le sol est constitué d'une **couche profonde** composée de **débris des roches** situées en dessous (sables, argiles, minéraux) et d'une **couche moins profonde, appelée l'humus**, composé de **matière en décomposition** (feuilles d'arbres, oiseaux morts, petits rongeurs...). Le sol n'est pas constitué uniquement de particules minérales. Comme l'activité n°2 et n°3 le mettent en évidence, **le sol contient aussi de l'eau et de l'air (et de la matière**

organique vivante). Présenter les résultats de l'expérience n°2 (« *De l'eau dans les sols* ») : des gouttes de condensation sont observées sur le film plastique après avoir exposé le pot rempli de terre sous la lampe. Ces gouttelettes proviennent de l'évaporation de l'eau contenue dans l'échantillon. **Le sol est constitué de pores dans lequel l'eau ou l'air peut se loger**. Présenter les résultats de l'activité n°3 (« *Les sols respirent* ») : après l'ajout de l'eau, des bulles d'air sont observées en surface. Quand l'eau est ajoutée, elle chasse l'air présent dans les pores d'où la formation de bulles en surface. **L'eau et l'air présents dans le sol sont essentiels à la croissance des plantes mais**

également à la vie de la microfaune et des microorganismes qui composent le sol. En effet, ça grouille sous nos pieds ! Une cuillère à soupe de terre contient plus d'êtres vivants que d'humains

sur la planète ! Un gramme de terre contient 1 milliard de bactéries (dont des centaines de milliers d'espèces différentes) et 1 million de champignons avec des milliers d'espèces.

Comment le sol se forme ?

A l'aide du poster « Comment le sol se forme ? », expliquer que la texture du sol vient de la longue formation du sol.



Il faut 500 ans pour former 5 cm de sol ! Le sol est donc considéré comme une ressource non renouvelable à l'échelle de l'homme

Une cuillère à soupe de terre contient plus d'êtres vivants que d'humains sur la planète ! Un gramme de terre contient 1 milliard de bactéries (dont des centaines de milliers d'espèces différentes) et 1 million de champignons avec des milliers d'espèces.

Sources

1. L'actu en classe. Un sol vivant en vidéo - L'actu en classe [Internet]. 2019. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=zYLhNgNFpBw>
2. OFEV O fédéral de l'environnement. Le sol et ses fonctions [Internet]. Disponible sur: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-boden/boden--fachinformationen/boden-und-seine-funktionen.html>
3. OFEV O fédéral de l'environnement. Richesses du sol [Internet]. Disponible sur: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-boden/boden--publikationen/publikationen-boden/bodenschaetze.html>
4. A la découverte de la biodiversité du sol — Wikidebrouillard [Internet]. Disponible sur: https://www.wikidebrouillard.org/wiki/Group:A_la_d%C3%A9couverte_de_la_biodiversit%C3%A9_du_sol
5. Atelier pédagogique : La découverte des différents types de sol [Internet]. Disponible sur: <https://www.jardinons-alecole.org/index.php?lg=fr&alias=atelier-pedagogique-la-decouverte-des-differents-types-de-sol.html&spec=activite&numpage=642&numfamille=107&numtag=2>
6. Cahier d'ariena n°14 - La face cachée du sol [Internet]. calameo.com. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/0000026853270cc6113e5>
7. Estimer la texture de son sol - Jardiner Autrement [Internet]. Disponible sur: <https://www.jardiner-autrement.fr/estimer-la-texture-de-son-sol/>
8. Fiche activité 3 - que contient un sol. :9.

9. Guide pédagogique. Les sols, terreau fertile pour l'EDD_ Fiche activité 4- Quelques propriétés du sol [Internet]. Disponible sur:
https://www.alterrebourgognefranchecomte.org/_depot_alterrebourgogne/_depot_arko/articles/224/guidepeda-sols-fiche-4-les-proprietes-du-sol_doc.pdf
10. LE SOL [Internet]. Disponible sur:
https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706f/x6706f06.htm
11. Les fonctions du sol: le sol filtre notre eau potable | [Internet]. Disponible sur:
<https://bodenreise.ch/fr/bodenfunktionen-boden-filtert-unser-trinkwasser/>
12. Pourquoi le sol est-il vital ? - Flash #14 - L'Esprit Sorcier - YouTube [Internet]. Disponible sur:
<https://www.youtube.com/watch?v=AZpqogYlaoQ>
13. Sol - Texture et travail du sol [Internet]. Disponible sur: https://www.supagro.fr/ressources/sol/co/2_1_TextureSol.html

MATÉRIEL :

Echantillons de sols:

- Sol argileux
- Sol limoneux
- Sol sableux

Autres matériels :

Règle graduée

Bouteille d'eau (vaporisateur)

Film plastique

Elastiques

Lampe

Bocaux

Loupe

Tubes à essais transparents avec différents types de sol

Protocole/fiche activité n°1 :

Regarde attentivement les trois bacs sur la table et note tes observations :

De quelle couleur sont les échantillons ?

Couleur échantillon n°1	Couleur échantillon n°2	Couleur échantillon n°3

Malaxe chaque échantillon dans le creux de la main, qu'observes-tu ?

Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3

Réalise le test des manipulations successives en suivant les instructions :

Prend une poignée de sol et mouille-la avec un peu d'eau. Forme une boule d'un diamètre de 3cm en roulant l'échantillon. Pose la boule. Note tes observations

	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
La boule se désagrège-t-elle ?			

Pour les échantillons qui ne se désagrègent pas, roule la boule et forme une saucisse de 15 à 16 cm (comme sur la figure E ci-dessous). Essaie ensuite de former un arc de cercle (voir figure F ci-dessous).



	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Parviens-tu à former un arc de cercle ?			

Pour les échantillons que tu as réussi à courber, continue de recourber la saucisse pour former un cercle complet (comme sur la figure G).



	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Parviens-tu à former un cercle complet ?			

Correction activité n°1

De quelle couleur sont les échantillons ?

Couleur échantillon n°1	Couleur échantillon n°2	Couleur échantillon n°3
Jaune (sable)	Marron +/- foncé (terre)	Noir (terreau) Blanc au noir avec variation (argile)

Malaxe chaque échantillon dans le creux de la main, qu'observes-tu ?

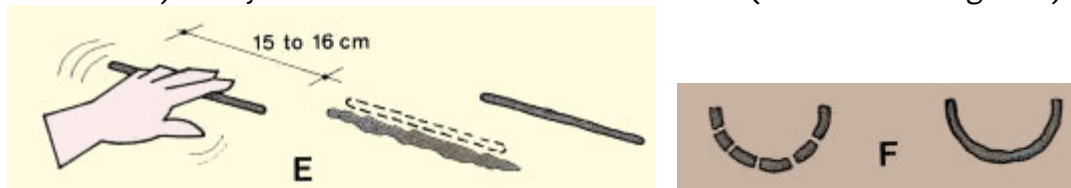
Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Constitué de grains de petites tailles, durs, libres (sable)	Constitué de particules, de cailloux (terre)	Constitué de particules (terreau) Constitué de particules collées sous la forme d'agrégats (argile)

Réalise le test des manipulations successives en suivant les instructions :

Prend une poignée de sol et mouille-la avec un peu d'eau. Forme une boule d'un diamètre de 3cm en roulant l'échantillon. Pose la boule. Note tes observations.

	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
La boule se désagrège-t-elle ?	Oui (sable)	Non (terre)	Non (terreau) Non (argile)

Pour les échantillons qui ne se désagrègent pas, roule la boule et former une saucisse de 15 à 16 cm (comme sur la figure E ci-dessous). Essaie ensuite de former un arc de cercle (comme sur la figure F).



	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Parviens-tu à former un arc de cercle ?	Non (sable)	Non (limon)	Oui (argile)

Pour les échantillons que tu as réussi à courber, continue de recourber la saucisse pour former un cercle complet (comme sur la figure G).



	Echantillon n°1	Echantillon n°2	Echantillon n°3
Parviens-tu à former un cercle complet ?	Non (sable)	Non (limon)	Oui (argile)

Protocole/fiche activité n°2 :

- 1) Prend le pot en verre et remplis-le de terre
- 2) Découpe un morceau de film plastique et recouvre l'ouverture du pot en verre avec.
- 3) Place le pot sous une lumière. Veille à ne pas placer le pot trop près de la lumière pour ne pas faire fondre le film plastique.

Qu'observes-tu après quelques minutes?

Quelle conclusion peux-tu en tirer ?

Protocole/fiche activité n°3 :

- 1) Observe les agencements de terre à l'aide de la loupe

Que remarques-tu ? Dessine ce que tu observes

- 2) Prend le pot en verre et remplis-le de terre
- 3) Ajoute de l'eau dans le pot en verre de sorte à le remplir au $\frac{3}{4}$

Qu'observes-tu ?

Quelle conclusion peux-tu en tirer ?

UNE ENQUÊTE AUTOUR DES SOLS

Atelier autour d'expériences



Cet atelier propose aux publics d'établir un diagnostic des sols à travers plusieurs activités et expériences et de découvrir le lien entre diversité et santé des sols.

Objectifs pédagogiques

- Faire découvrir les différentes « classes » de sols en fonction de leur localisation et de leur utilisation (sol de forêt, technosol, sol industriel...).
- Faire mettre en œuvre une démarche expérimentale (émettre des hypothèses) et interpréter les résultats.
- Faire comprendre l'importance des indicateurs de la santé des sols.



PUBLICS

A partir du lycée



BOÎTE À OUTILS

Expérimenter

Observer

Interpréter



DURÉE

30-45 minutes

UNE ENQUÊTE AUTOUR DES SOLS

Autour d'expériences



Objectifs pédagogiques

- Faire découvrir les différentes « classes » des sols en fonction de leur localisation et de leur utilisation (sol de forêt, technosol, sol industriel...)
- Faire mettre en œuvre une démarche expérimentale (émettre des hypothèses) et interpréter les résultats.

Déroulement

Avant de débuter les activités, demander aux participants ce qu'est un sol et quelles sont les différents « types de sol » (sol forestier, sol de prairie, sol agricole, sol industriel, sol urbain...) et quelle en sont les utilisations possibles (**possibilité de les aider avec des photographies cf**). Noter les idées aux tableaux. Demander quelle est la différence entre un sol de forêt et de champ par exemple. Répartir les participants en groupe de 2 à 3 personnes.

ACTIVITE N°1 : D'OU PROVIENT CE SOL ?

Sur une table est placée trois bacs numérotés de 1 à 3, remplis de trois sols (**soit des vrais échantillons de sols avec ajout d'éléments, soit des photographies de sols plastifiées**) qui ont été prélevés à différents endroits : malheureusement impossible de savoir quel sol a été prélevé où (les étiquettes ont été mélangées lors du prélèvement ou simplement un oubli d'étiquetage sur le terrain)!. Proposer à chaque groupe d'observer un bac (rotation des groupes d'un bac à l'autre), de lister et identifier ce qu'ils voient en complétant leur fiche participant. Une fois qu'ils ont pu observer chaque bac, leur demander de faire des



LIEU

Non précisé



CONTACTS

??

?? ???@dijon.inra.fr

????

???? ???@dijon.inra.fr



CONTRAINTES

???

hypothèses sur l'origine probable du sol (sol forestier, industriel, agricole, urbain, de prairie...). Chaque groupe met en commun ces hypothèses et argumente leurs choix (1 participant porte-parole).



1

Contient des pommes de pin, de la mousse, du lichen, des branches, des champignons



2

Contient ???



3

Contient ???

Photographie ayant inspirée cette activité :



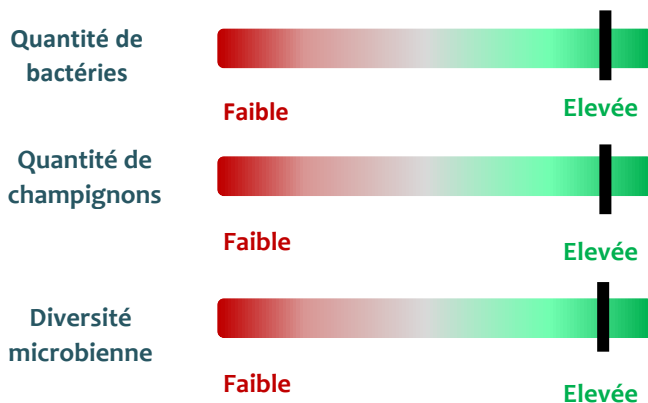
UNE ENQUÊTE AUTOUR DES SOLS

A la fin de l'activité, se référer à la partie « ... » de la section « *Contenus de médiation* » avant de passer à l'activité n°2.

ACTIVITE N°2 : QUOI DE NEUF DOCTEUR ?

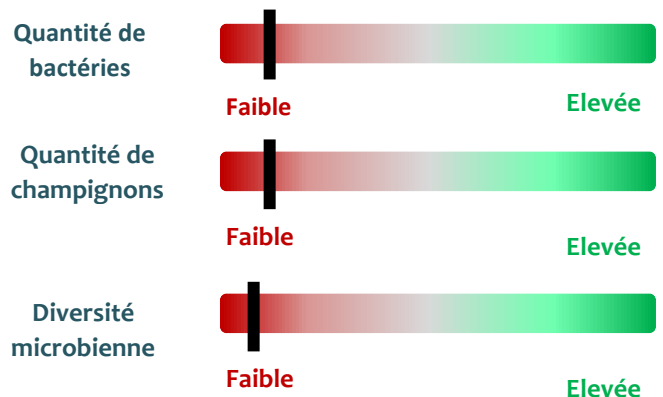
Toujours avec les mêmes bacs remplis d'échantillons et de différents indicateurs, les participants doivent désormais faire des hypothèses sur l'« état de santé » à partir des résultats d'analyses de ces échantillons de sols. Avant de commencer l'activité, expliquer l'importance des microorganismes des sols et la signification des différents indicateurs.

Sol 1 :



Demander aux participants leurs hypothèses et leurs conclusions. Normalement pour le sol n°1 : les participants concluent que le sol est « en bonne santé » car la quantité de bactéries, de champignons et leur diversité est élevée, ils peuvent aussi penser par exemple qu'il s'agit de l'analyse du sol n°1 (sol forestier). Expliquer que ce n'est pas parce que ces indicateurs sont élevés que l'état de santé est « bon », en effet cette analyse correspond à celle d'un sol pollué par des effluents (pas toujours le cas, parfois un sol contaminé peut mener à la disparition d'espèces et à l'altération de l'activité microbienne).

Sol 2 :



Pour le sol 2, les participants peuvent conclure que le sol est en « mauvais état » en raison de la faible quantité de bactéries et de champignons présents et la faible diversité des espèces, montrer qu'effectivement il ne s'agit pas d'un sol utilisé à des fins agricoles mais une forêt de pins dans les Landes et que ces faibles indicateurs s'expliquent par l'acidité et la texture sableuse du sol (donc parfois la faible quantité et diversité des microorganismes n'est pas due à l'activité humaine mais des caractéristiques propres du sol) Conclure que tout dépend de la référence : il faut pouvoir comparer ces niveaux avec une référence pour pouvoir dire si c'est similaire ou non et qu'il faut pousser les analyses pour conclure.

Peut-être ajouter encore un profil ?

Ajouter des profils « fictifs » de référence en fonction de la localisation des sols

Contenus de médiation

Demander à chaque groupe de restituer les observations qu'ils ont faites et ce qu'ils en ont conclu.

Comment prélever un sol ?

Expliquer comment les sols sont prélevés (carré d'observation...). Expliquer comment le prélèvement se passe sur le terrain. Expliquer quelle quantité est prélevée, et les différentes étapes : on les passe à travers différents tamis puis c'est envoyé en analyse.

L'obtention de différents indicateurs (bioindicateurs) à partir d'analyses, permet de réaliser un diagnostic environnemental des sols. Pour un niveau lycée, à partir des échantillons de sols, 1g de sol est envoyé en analyse pour en extraire l'ADN présent (ADN des sols). Il s'agit

d'ADN de microorganismes car le sol a préalablement été tamisé (montrer à quoi ressemble un tamis, une terre non tamisée, et tamisée) : c'est-à-dire que les morceaux de végétaux, de verres, de branches, les cailloux, la microfaune (lombrics...) ont été retirés. Avant de passer l'échantillon au tamis, ces éléments sont retirés à l'aide d'une pince à épiler, c'est un travail minutieux et fastidieux. Ensuite l'échantillon tamisé subit différentes étapes de broyage, de séparation... etc. avant d'accéder à l'ADN et de pouvoir l'analyser, on obtient alors différents indicateurs

Les sols : un milieu d'une grande diversité

Les sols sont plus qu'une simple structure ou un simple support. Il s'agit d'un **milieu d'une grande diversité**. 1g de sol contient jusqu'à **1 milliard de bactéries** avec 1 million d'espèces différentes, **1 million de champignons** avec 100 000 espèces et 2000 lombrics soit 5 tonnes par hectare de terre

et une dizaine d'espèces au m². Les microorganismes jouent un rôle très important dans la vie des sols. **Expliquer les rôles de μ orga** (si l'activité « Habitants du sol » a été réalisée, référez-vous à la précédente activité).

Qu'est-ce que la biomasse moléculaire microbienne ?

La biomasse moléculaire microbienne indique la **capacité d'un sol à héberger une quantité plus ou moins importante de microorganismes** (bactéries et champignons). Elle correspond à la **quantité totale de microorganismes présente dans un**

échantillon de sol. Cette capacité varie selon les usages du sol par l'Homme (usage agricole, industriel, urbain...).

Qu'est-ce que la diversité microbienne ?

S'intéresser à la diversité microbienne revient à se demander « Qui est là ? », c'est-à-dire **les espèces microbiennes présentes dans les sols** (champignon et bactéries). La diversité microbienne est un **indicateur de la qualité**

biologique des systèmes. Grâce à cet indicateur, il est possible de savoir quelles espèces sont présentes, si elles sont connues quels sont leurs rôles et d'en déduire la complexité du sol analysé.

Qu'est-ce que l'équilibre microbien ?

Une fois que l'on connaît les espèces qui sont là et en quelle quantité, on peut déterminer ce qu'on appelle l' « équilibre microbien », il s'agit d'un ratio entre la part de bactéries et de champignons

présents dans l'échantillon. Ensuite cet équilibre est comparé à des échantillons de référence (une norme).

Quel lien entre ces indicateurs et la « santé des sols » ?

Le type de sol et son usage déterminent **l'abondance microbienne et la diversité des espèces**. Ce sont des indicateurs primordiaux du bon fonctionnement d'un sol. Une forte abondance microbienne indique une bonne activité microbienne, c'est-à-dire que **la matière organique est correctement dégradée par les microorganismes** donnant ainsi accès aux plantes à des éléments nutritifs essentiels à leur croissance. **Plus la diversité des espèces est grande, plus la probabilité d'avoir des espèces ayant une résistance à des perturbations ou une bonne résistance contre des pathogènes est grande**. Un niveau de diversité microbienne bas induit une diminution de la dégradation de la

matière organique : une baisse de 30% de la diversité microbienne diminue de 50% la fertilité végétale et de 40% la minéralisation de la matière organique. **Ces indicateurs varient en fonction du type de sol et de ses propriétés** (acidité, teneur en argile, matière organique...).

On regarde par rapport à la norme, si différent de la référence : possibilité de déséquilibre microbien, problème de conservation ou une particularité des sols. Montrer l'expérience marrante des agriculteurs qui enterrent leurs slips : manière empirique connaître l'activité de leurs sols.

Localisation	Alpes du Nord Vosges Lorraine	Bretagne	Landes
Abondance microbienne (biomasse moléculaire microbienne)	Elevée	Faible	Faible
Diversité microbienne	Faible	Elevée	Faible

La faible abondance et diversité microbienne des Landes s'explique par la forte acidité et la texture sableuse des sols moins propice à la rétention d'eau et à la vie microbienne. Ces sols ne sont pas utilisés à des fins agricoles, il s'agit d'une forêt de pins.

En fonction de l'usage des sols : sol de prairie/forêt (couverts végétaux), sol agricoles (labours excessifs, minéralisation de la matière organique, réduction des stocks de carbone), sols contaminés (disparition des espèces microbienne et altération de leurs activités).

Pourquoi les microorganismes du sol sont si importants ?

Bactéries > rhizobia

Champignon > mycélium

Dégradation MO, résistance pathogène

Sources :

Atlas français des bactéries du sol

<https://www.youtube.com/watch?v=zYLhNgNFpBw>

<https://www.youtube.com/watch?v=AZpqogYlaoQ>

MATÉRIEL :

Echantillons de sols:

3 bacs contenant des photographies/objets et échantillons de terre

Photographies joker



LES HABITANTS DU SOL

Atelier autour de mécanismes



Cet atelier propose aux publics de découvrir les habitants du sol, leur diversité et leurs rôles respectifs.

Objectifs pédagogiques

- Montrer la diversité des habitants du sol.
- Faire comprendre les différents rôles des habitants du sol et leur importance pour la vie des sols.



PUBLICS

Collège



BOÎTE À OUTILS

Identifier

Observer

Jouer



DURÉE

20-30 minutes

LES HABITANTS DU SOL

Autour de mécanismes



Objectifs pédagogiques

- Montrer la diversité des habitants du sol
- Faire comprendre les différents rôles des habitants du sol et leur importance pour la vie des sols.

Déroulement

ACTIVITE N°1 : QUI HABITE LES SOLS ?

Proposer aux participants de jouer à un jeu. Faire défiler des photographies de différents animaux (habitants ou non du sol), à l'écran à l'aide d'un vidéoprojecteur (utiliser le powerpoint cf). Pour chaque photographie, demander s'il s'agit ou non d'un habitant du sol, les participants notent leurs réponses sur leurs feuilles réponses. A la fin du powerpoint, laisser quelques minutes de réflexion aux participants puis repasser le powerpoint en mettant en commun les réponses de chacun et en apportant des éléments d'explication. **Ajouter des photos de bactéries et de champignons.** Demander aux élèves, les animaux qui manquent (carabes, bactéries...)



LIEU

Non précisé



CONTACTS

??

?? ???@dijon.inra.fr

????

???? ???@dijon.inra.fr



CONTRAINTES

???

ACTIVITE N°2 : QUI SONT LES HABITANTS DU SOL ?

Répartir les participants en binôme (3 groupes de 2). Distribuer à chaque participant 6 cartes du « *La vie cachée des sols* » (en ayant préalablement écarté la famille « Scientifique », « Sols », « Végétal »). Les participants doivent maintenir leurs cartes à l'abri des regards de leur binôme, un classeur est placé entre les deux participants. Chaque participant choisit une carte à faire deviner à son binôme. Le but du jeu est de découvrir en premier la carte choisie par son adversaire. Il doit pour cela poser des questions à son adversaire qui ne peut répondre que par OUI ou par NON. En fonction de la réponse, le participant retourne les cartes éliminées. Si les participants ont du mal à poser des questions, leur confier la feuille « Aide aux questions ». **Utilisation détournée du jeu des 7 familles en une version « Qui est-ce ? »**

ACTIVITE N° 3 : ajouter une activité pour faire découvrir les rôles des habitants du sol, par exemple un atelier autour de la décomposition d'une feuille ou à partir des photo de l'activité 1, les rôles qu'ils présupposent (prédation, structuration, aération...) : qui dégrade quoi, qui structure le sol ?

Contenus de médiation

Qui habite les sols ?

Le sol est composé de 90 à 99% de matière minérale, **les 1 à 10% restants étant de la matière organique qui peut être morte (85%) ou vivante (15%)**. Selon les types de sol et leur utilisation, **les micro-organismes représentent 75 à 90% de la biomasse du sol** (de la part de matière organique vivante) tandis que **la faune représente 5 à 10%** et les **racines entre 5 et 15%**.

Tous les habitants du sol ne vivent pas forcément dans le sol ! De même, tout ce qui touche le sol ne fait pas forcément partie des habitants du sol, sinon nous serions également des habitants du sol. Par contre, **nous dépendons tous du sol d'une manière ou d'une autre**, comme **support** (pour marcher par exemple) ou **base d'alimentation** par exemple. Il y a 5 fois plus de vie dans le sol qu'en surface :

Qui sont les habitants du sol ?

Les habitants du sol, qui vivent ou s'abritent dans le sol, peuvent être classés en fonction de leur

avec 200 000 milliards de bactéries, 100 km de filaments de champignons, 200 000 insectes, vers et protozoaires (organisme avec 1 cellule). La biodiversité des sols peut se définir comme l'ensemble des formes de vie qui réalisent au moins un stade actif de leur cycle biologique dans le sol. Cette définition inclut **les habitants de la matrice du sol, des litières et des bois morts en décomposition**. Ces habitants **interagissent avec le sol** (habitat, reproduction, alimentation...) et **influencent la texture** (proportion de limons, argiles et sables), la **structure** (taille et organisation des particules du sol entre elles) et la **composition du sol** (couches du sol) (cf Atelier « Un sol, késako ? »)

taille. **A compléter**

Quels sont les rôles des habitants du sol ?

Les **micro-organismes** (bactéries, champignons, micro-algues...) sont **invisibles à l'œil nu** mais ont un **rôle indispensable dans la fertilité des terres**. Le monde souterrain est encore largement méconnu, seul 1% des espèces sont référencées. Les rôles des micro-organismes sont multiples : ils participent à **la dégradation de la matière organique**, à la **minéralisation du carbone, de l'azote, du phosphore et du soufre** (recyclage), à la **production de composés organiques** et de filaments de champignons qui **structurent le sol**. **Les habitants des sols structurent, maintiennent, aèrent** (comme les vers de terre), **assemblent les sols**. Ils permettent aussi la **régulation des sols par la prédation** et **recyclent la matière organique, vivante et animale en minéraux**.

Phytophages : se nourrissent des végétaux vivants

Décomposeurs primaires : se nourrissent de litière (matière végétale morte)

Décomposeurs secondaires : se nourrissent de matière décomposée (particules d'humus, excréments, microorganismes)

Microorganismes : colonisent la matière organique morte, fabriquent du humus, libèrent les éléments nutritifs

Quelques exemples :

- Les cloportes et collembolles sont des **insectes recycleurs**, ils se nourrissent de litière en décomposition.
- Les lombrics ont un **rôle de brassage du sol** : ils facilitent l'aération du sol et l'infiltration d'eau.
- Les bactéries et les champignons **dégradent la matière organique et vivent en symbiose**

Sources :

1. Activité 2. La transformation de la matière organique dans le sol. :12.
2. NOE-NOAH l'équipe. ATELIER 6 : les ravageurs et les prédateurs [Internet].. Disponible sur: <https://www.noenoah.eu/atelier-6-ravageurs-predateurs/>
3. Comprendre et transmettre : les décomposeurs [Internet]. Disponible sur: https://www.animateur-nature.com/pedagogie/les_decomposeurs.html
4. Concurrents ou associés dans le sol — Wikidebrouillard [Internet]. Disponible sur: https://www.wikidebrouillard.org/wiki/Concurrents_ou_associ%C3%A9s_dans_le_sol
5. Décomposition d'une feuille au sol — Wikidebrouillard [Internet]. Disponible sur: https://www.wikidebrouillard.org/w/index.php?title=D%C3%A9composition_d%27une_feuille_au_sol&oldid=7932
6. Découvrir les habitants du sol — Wikidebrouillard [Internet]. Disponible sur: https://www.wikidebrouillard.org/wiki/D%C3%A9couvrir_les_habitants_du_sol

MATÉRIEL :

Echantillons de sols:

2 jeux de carte « *La vie cachée des sols* »

Posters/supports :

Powerpoint « Les habitants du sol »

Aide aux questions pour l'activité n°2 :

- A-t-il des pattes ?
- A-t-il 6/8/10/plus de 10 pattes ?
- A-t-il des anneaux ?
- A-t-il un corps rond et allongé ?
- A-t-il un corps mou et gluant ?
- A-t-il des antennes ?
- Appartient-il à la microfaune/mégafaune ?
- Est-il visible à l'œil nu ?
- A-t-il un squelette ?

A compléter

INSECTES POLLINISATEURS

Atelier autour de mécanismes



Cet atelier propose aux publics de découvrir la diversité des abeilles et de montrer leur importance dans le contexte agricole pour le rendement et la stabilité des cultures mais également pour le maintien de la biodiversité et les « liens alimentaires » entre plantes et insectes.

Objectifs pédagogiques

- Faire comprendre la notion d'espèce à travers la diversité des abeilles.
- Faire découvrir les pollinisateurs
- Identifier, classer des espèces par observation sous loupe binoculaire.
- Faire prendre conscience de l'importance des insectes pollinisateurs



PUBLICS

Collège, lycée



BOÎTE À OUTILS

Identifier

Observer

Interpréter



DURÉE

30-45 minutes

INSECTES POLLINISATEURS

Autour de mécanismes

Objectifs pédagogiques

- Faire comprendre la notion d'espèce et montrer la diversité des abeilles
- Faire découvrir les pollinisateurs.
- Identifier, classer différentes espèces pollinisatrices à partir d'observations à la loupe binoculaire
- Comprendre l'importance des pollinisateurs dans le contexte agricole

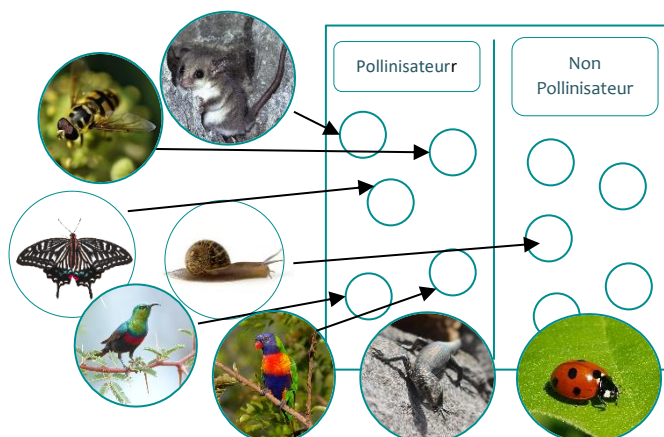
Déroulement

INTRODUCTION :

Partir des représentations des participants : leur demander ce qu'est une abeille et noter au tableau les éléments évoqués, puis proposer les activités :

ACTIVITE N°1 : QUI POLLINISE ?

Rappeler ce qu'est la pollinisation. Demander aux participants de classer les photographies plastifiées d'animaux (insectes, mammifères...) en deux groupes : pollinisateurs ou non-pollinisateurs.



LIEU

Non précisé



CONTACTS

??

?? ???@dijon.inra.fr

????

????? ???@dijon.inra.fr



CONTRAINTES

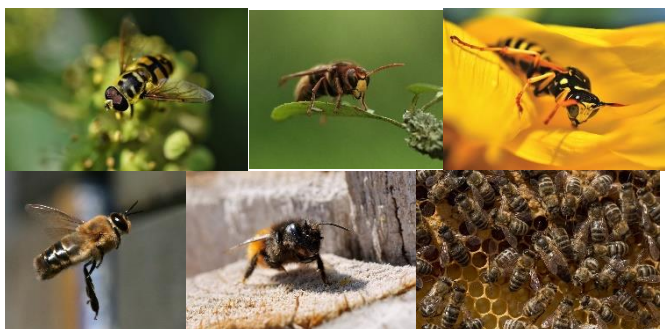
Salle avec tableau/vidéoproj.



ACTIVITE N°2 : ABEILLE OUI/NON ?

Faire défiler à l'aide d'un vidéoprojecteur un powerpoint contenant plusieurs photographies d'insectes (taon, bourdon, syrphé, guêpe, frelon, osmie...). Pour chaque photographie, demander aux participants s'il s'agit d'une abeille ou non puis leur faire compléter leur feuille-réponse (cf Feuille activité n°2). A la fin de la projection, laisser 2-3 minutes de réflexion aux participants puis repasser les photos une à une et demander aux participants ce qu'ils ont noté. Corriger les propositions et justifier les réponses.





ACTIVITE N°3 : LES POLLINISATEURS A LA LOUPE

Contenus de médiation

Qu'est-ce que la pollinisation ?

Chez les plantes à fleurs (plantes angiospermes), les fleurs sont les organes de reproduction. Elle contient les pièces fertiles mâles, appelées **étamines**, qui **produisent le pollen** : une poudre constituée de grains contenant les **gamètes mâles** (les cellules sexuelles). Les pièces fertiles femelles, appelées **carpelles**, contiennent l'ovule. La reproduction sexuée a l'avantage de maintenir une certaine diversité : un

Qu'est-ce qu'une abeille ?

Il existe une grande diversité d'abeilles avec 1 000 espèces d'abeilles en France et 20 000 dans le monde. Contrairement à ce que l'on peut penser, **les abeilles ne vivent pas forcément dans une société très organisée**. C'est effectivement le cas des abeilles domestiques également appelées « **abeilles sociales** » qui vivent en colonie avec des milliers d'autres abeilles dans une ruche ou une cavité, mais il existe également des **abeilles solitaires**.

Corriger l'activité n°2. Expliquer à partir des photographies ce qui différencie ces insectes et les abeilles.

A l'aide d'une loupe binoculaire, faire observer aux participants les différents spécimens. Ils remplissent au fur et à mesure la feuille d'identification (taille, présence de duvet, nombre d'antennes...)

ACTIVITE N°4 : POLLINISATION ET ALIMENTATION

A l'aide d'emballages alimentaires, d'aliments et de photographies, demander aux participants de faire leur marché en triant ce qui provient directement de la pollinisation, indirectement ou non.

individu unique est obtenu (différent des parents) issu d'un brassage génétique. Les végétaux étant immobiles, ils ont besoin **d'agents auxiliaires, de transporteurs de pollen**. C'est notamment le cas des insectes pollinisateurs, qui volent de fleur en fleur pour chercher un **lieu de ponte, de la nourriture ou un partenaire sexuel** et **disséminent ainsi les grains de pollen**.



Ceci n'est pas une abeille mais un taon. C'est une mouche. Son nom anglais est « *horsefly* » soit littéralement mouche à cheval. Elle possède une paire d'ailes (2 ailes) et non 2 paires (4 ailes) comme les abeilles. Les mouches sont des **diptères** (ptéron, grec aile) tandis que les abeilles sont des **hyménoptères** (hymen, grec membrane).



Il ne s'agit pas d'une abeille mais d'un bourdon. Tout comme l'abeille, le bourdon a 4 ailes (hyménoptères). Les bourdons sont sociaux comme les abeilles domestiques. Ils ont un corps massif, velu, noir et jaune, plus grand que les abeilles, leur bourdonnement est impressionnant. Ils produisent très peu de miel. Ils ne meurent pas



après avoir piqué.

Il s'agit encore une fois d'un bourdon.



Ceci n'est pas une abeille mais un syrphe. C'est également une mouche. Son nom anglais est « plus parlant » : *hoverfly* avec « fly », mouche et « hover », planer, qui se réfère au vol stationnaire de cette mouche. Elle possède une paire d'ailes (2 ailes) et non 2.



Ce n'est pas une abeille mais un frelon. Les frelons appartiennent à l'ordre des hyménoptères comme le bourdon et l'abeille.

C'est une grosse guêpe rousse, jaune et noire. Elle est trois fois plus grosse qu'une guêpe. Il s'agit de la plus grosse espèce de guêpe. C'est un prédateur redoutable des guêpes et des abeilles.



Il s'agit d'une guêpe. Elle appartient à l'ordre des hyménoptères comme l'abeille, le bourdon et le frelon. La guêpe est plus fine que l'abeille. L'arrière de son corps est dépourvu de poils. Elle ressemble à une grosse fourmi colorée avec des ailes. La guêpe est carnivore contrairement à l'abeille (végétarienne qui se nourrit de nectar, miel et pollen). Il s'agit d'un insecte social et « guerrier ».

Il s'agit bien d'une abeille. Plus précisément, d'une abeille mâle que l'on appelle aussi « faux-bourdon », à ne pas confondre avec le bourdon. Il ne butine pas et n'a pas de dard. Il est plus grand que l'abeille et possède deux yeux de grande taille.



Il s'agit bien d'une abeille mais pas d'une abeille domestique. Il s'agit d'une abeille sauvage, solitaire, plus particulièrement c'est une osmie. Elle ne transporte pas de pollen et ne produit pas de miel. Il existe une grande diversité d'abeilles sauvages, elles se nichent dans différentes cavités : il y a les abeilles dites « charpentières », « maçonnes », « tapissières », « fouisseuses » et « coucou ».



Il s'agit effectivement d'abeilles. Ce sont des abeilles domestiques encore appelées « sociales ». Elles vivent en colonie dans des ruches avec plusieurs milliers d'autres individus. Leur société est très organisée divisée en groupe d'ouvrières autour d'une unique reine. Il y a la reine (qui est plus grosse et dépourvue de dard) qui est la seule à être fécondée par plusieurs mâles (les faux-bourdons) et les abeilles ouvrières qui « gèrent » la vie de la colonie : elles nettoient les alvéoles, nourrissent les larves, produisent la cire qui sculptent les alvéoles.

A compléter

Pourquoi les abeilles sont-elles si importantes ?

Les abeilles assurent majoritairement la pollinisation des plantes (mais pas que ! voire prochaine section). 80 % des plantes à fleurs sont polonisées dans le monde. La plante « se sert » des abeilles pour assurer la pollinisation tandis que ces dernières se nourrissent de nectar et de pollen.

A compléter

Correction activité n°4 :

Montrer le nombre d'aliments qui dépendent de la pollinisation. 75% des plantes cultivées dans le monde

pour nourrir ou nous vêtir dépendent au moins en partie de la pollinisation. Sans les pollinisateurs, nous serions privés de la plupart des fruits, légumes, légumineuses, huiles végétales, épices mais aussi du café, coton, lin, cacao...

Qui sont les pollinisateurs ? Les abeilles seules polinisatrices ?

La pollinisation est assurée essentiellement par des insectes, en particulier des abeilles mais également par certaines espèces de mouches, de guêpes, de papillons de jour et de nuit, de fourmis, de chauve-souris, d'oiseaux, de primates, de marsupiaux, de rongeurs et de reptiles. C'est le cas par exemple de certaines gerbilles (*Gerbillurus paeba*), oiseaux tropicaux (*Cinnyris mariquensis*, *Trichoglossus moluccanus* ou Loricet arc-en-ciel), certains opossums (*Cercartetus concinnus*), chauve-souris (*Leptonycteris yerbabuenae*) et de lézards (*Trachylepsis atlantica*).



Qu'est-ce que la gelée royale et comment est-elle produite ?

La gelée royale est fabriquée par une « catégorie » d'abeilles (domestiques) bien spécifiques : les abeilles nourricières. La gelée est consommée par les larves d'abeilles ouvrières pendant les 3 premiers jours de

leur développement alors qu'elle est consommée par les larves d'abeilles reines jusqu'à maturité et tout au long de leur vie.

Qu'est-ce que le miel ?

Le miel est produit par les abeilles à partir de nectar, un liquide sucré fabriqué par les fleurs leur permettant d'attirer les insectes. Les abeilles récupèrent ce nectar en l'ingérant et le stocke dans une poche située sous l'abdomen où commence sa transformation chimique. A la ruche, les abeilles régurgitent le mélange (nectar,

salive, sucs digestifs) qui est à nouveau ingurgité par d'autres abeilles. Le mélange est finalement déposé dans une alvéole de cire et les abeilles ventileuses font sécher la préparation. Lorsque celle-ci est suffisamment sèche, l'alvéole est scellée pour conserver le miel.

Quelle différence entre miel et gelée ?

La gelée est produite par une glande de l'abeille, c'est un produit « d'origine animale » tandis que le miel est

fabriqué à partir de nectar, donc à partir des plantes, c'est un produit « d'origine végétale ».

Relation plantes/insectes Coévolution

De façon assez impressionnante, certaines plantes ont adapté leur forme et/ou leurs couleurs pour imiter le corps d'un insecte ou leur odeur pour les attirer. C'est le cas par exemple de l'Orchidée Apifera dont le... ressemble à la femelle Eucère à longue antenne et qui attire dont le mâle.



A compléter



Sources :

1. Abeilles solitaires et abeilles sociales [Internet]. Espace pour la vie. Disponible sur: <https://espacepurlavie.ca/insectes-arthropodes/abeilles-solitaires-et-abeilles-sociales>
2. Abeilles, guêpes, bourdons, frelons, taons, syrphes, faux bourdons.... Quelles différences? [Internet]. rts.ch. 2013. Disponible sur: <https://www.rts.ch/decouverte/sciences-et-environnement/animaux-et-plant/abeilles/4824799-abeilles-guepes-bourdons-frelons-taons-syrphes-faux-bourdons-queelles-differences.html>
3. Jeu_des_assiettes. :6.
4. Oiseaux, mammifères, lézards : ces pollinisateurs menacés et trop souvent oubliés [Internet]. Sciences et Avenir. 2018. Disponible sur: https://www.sciencesetavenir.fr/animaux/biodiversite/oiseaux-mammiferes-lezards-ces-pollinisateurs-menaces-et-trop-souvent-oublies_122802
5. Pollinisation : des insectes mais aussi des vertébrés - Jardins de France [Internet]. Disponible sur: <https://www.jardinsdefrance.org/pollinisation-insectes-vertebres/>
6. Pollinisation : stratégies des fleurs pour attirer les insectes [Internet]. Disponible sur: <https://www.gerbeaud.com/jardin/decouverte/comment-fleurs-attirent-insectes-pollinisateurs,1066.html>
7. Pollinisation.pdf [Internet]. Disponible sur: <https://ecolothèque.montpellier3m.fr/sites/ecolothèque/files/Pollinisation.pdf>

Supports :



Figure 1 : Photos d'aliments



Figure 2 : Photos d'animaux

MATÉRIEL :

Photographies d'animaux plastifiées (12) et fiches A4 plastifiées « Pollinisateurs », « Non pollinisateurs »

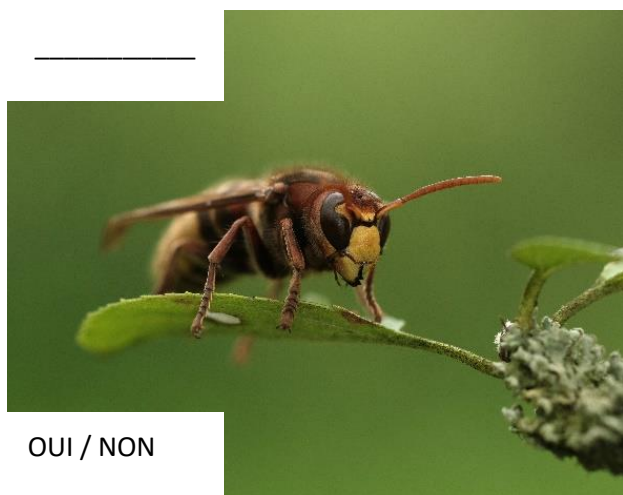
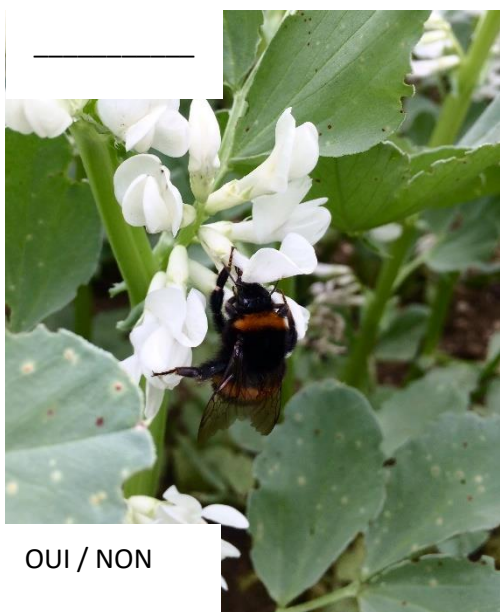
Photographies d'aliments plastifiées (30) et fiches A4 plastifiées « Pollinisation », « Sans pollinisation ».

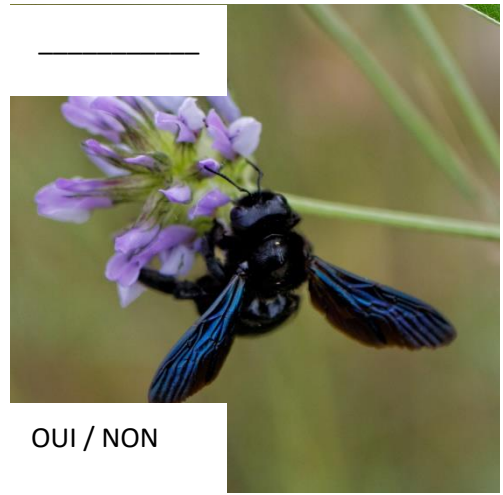
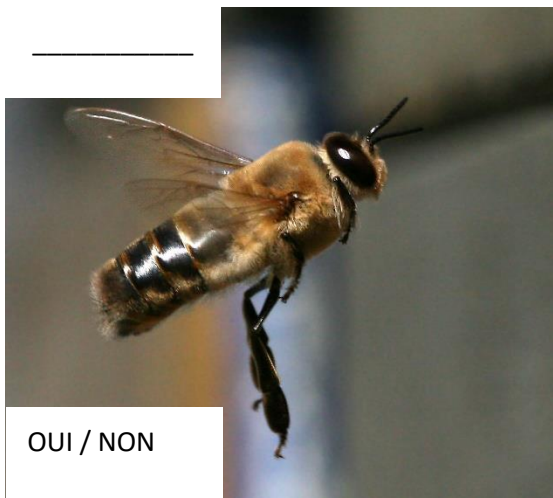
Powerpoint avec des photographies de différents insectes.

Fiche activité n°2 :

Regarde les photographies d'insectes projetées au mur.

S'agit-il d'abeilles ? Si non de quel insecte s'agit-il ?





Correction activité n°2 :

TAON



OUI / NON

BOURDON



OUI / NON

BOURDON



OUI / NON

SYRPHE



OUI / NON

FRELON



OUI / NON

GUÊPE



OUI / NON

FAUX -BOURDON



OUI / NON

EUCERE



OUI / NON

ABEILLE SOCIALE



OUI / NON

ABEILLE CHARPENTIERE



OUI / NON

OSMIE



OUI / NON

Correction activité n°3 :

Aliments dépendant essentiellement de la pollinisation par les abeilles et autres insectes :

- Laitue
- Œuf
- Châtaignes
- Pomme
- Basilic
- Choux
- Tomates
- Citron
- Concombre
- Carotte
- Oignons
- Framboise
- Prune
- Huile d'olive
- Figue
- Chocolat
- Viande rouge
- Orange
- Lentilles

Aliment dépendant essentiellement de la pollinisation par le vent :

- Noisettes
- Noix
- Orge
- Houblon
- Betterave
- Canne à sucre
- Pain : blé/froment/avoine/seigle/millet/maïs sont des **plantes graminées**, il s'agit de **végétaux anémophiles** : leur agent pollinisateur est le vent.
- Vigne

Aliments dépendant de la pollinisation par les abeilles et autre insectes et par le vent :

- Beurre
- Lait
- Fromage

Tous ces aliments sont issus de la vache/brebis/chèvre qui se nourrissent de **plantes graminées** (végétaux anémophiles) qui nécessitent une pollinisation par le vent et **de légumineuses** (sainfoin, trèfle, luzerne...) qui nécessite l'action de pollinisateurs.

Aliments ne dépendant pas de la pollinisation (ni par les abeilles ni par le vent) :

- Banane*
- Poisson**
-

* dans la nature, ce sont les chauves-souris qui assurent la pollinisation des bananiers. Dans les plantations, les fruits cultivés se forment sans qu'il y ait eu fécondation

** la nourriture donnée à certains poissons d'élevage peut contenir du blé/colza/pois/soja/lupin/maïs qui nécessite une pollinisation par le vent.









NON

POLLINISATEURS

POLLINISATEURS

POLLINISATION

SANS

POLLINISATION

DES LEGUMINEUSES VERTUEUSES

Atelier autour de mécanismes



Cet atelier propose aux publics de découvrir les légumineuses et leur intérêt pour l'environnement et la santé.



PUBLICS

Collège, lycée



BOÎTE À OUTILS

Jouer

Comprendre

Expérimenter



DURÉE

30-45 minutes

Objectifs pédagogiques

- Faire prendre conscience de l'intérêt des légumineuses pour l'environnement et la santé.
- Montrer la diversité des légumineuses.
- Présenter les atouts des légumineuses.

DES LEGUMINEUSES VERTUEUSES

Autour de mécanismes



Objectifs pédagogiques

- Faire prendre conscience de l'intérêt des légumineuses pour l'environnement et la santé.
- Montrer la diversité des légumineuses.
- Présenter les atouts des légumineuses.

Déroulement

INTRODUCTION :

Demander aux participants c'est qu'est une légumineuse pour eux et leur en demander des exemples.

Séparer le groupe en 2.

ACTIVITE N°1 : CULT'URE, QU'EST-CE QU'UNE LEGUMINEUSE ?

A l'aide du système de vote VotAR, faire le petit quiz des cultures. Expliquer le fonctionnement du système de vote puis lancer les diapositives avec les questions.

ACTIVITE N°2 : LA DIVERSITE DES LEGUMINEUSES

Demander aux participants d'essayer d'identifier les graines de légumineuses. Lorsque l'identification devient trop dur, leur fournir des



LIEU

???



CONTACTS

??

??_???@dijon.inra.fr

????

????_???@dijon.inra.fr



CONTRAINTES

???

échantillons de graines déjà identifiés en guise d'indices.

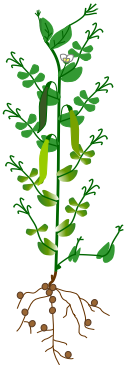
Faire un loto avec des plus petites boîtes de petri

ACTIVITE N°3 :

Demander aux participants de faire leur « marché » parmi les emballages alimentaires. L'objectif est de sélectionner les produits contenant des légumineuses. A la fin du temps imparti, commenter les « caddies » des participants. Leur demander dans quels autres aliments on retrouve des légumineuses (produits transformés ou non).

Contenus de médiation

Qu'est-ce qu'une légumineuse ?



Les légumineuses aussi appelées « légumes secs » désignent des plantes dont les **fruits (graines) sont contenus à l'intérieure d'une gousse** (illustrer à l'aide de la figure). Quelques exemples des légumineuses les plus consommées : arachide, soja, haricot, pois, fèves et lentilles. Elles appartiennent à la **famille des fabacées** qui rassemble des arbres, arbustes, herbes. La sous-famille de légumineuses étudiée à l'INRAE est celle des **papilionacées**. Ce terme décrit **les fleurs** de ces légumineuses qui sont **irrégulières et en forme de papillons** (à 5 pétales). La plupart des espèces de légumineuses ont des fleurs **riches en pollen et en nectar** (et attirent donc de nombreux

insectes pollinisateurs). Les légumineuses font partie des **premières espèces domestiquées par l'Homme** (il y a 10 000 ans) avec les céréales. Elles possèdent des organes, appelés **nodosités**, au niveau de leur racine (illustrer à l'aide de la figure). Ces nodosités sont le résultat d'une **symbiose** (association/échange bénéfique) **avec des bactéries du sol** qui sont **capables de fixer l'azote de l'air**. Certaines espèces de légumineuses sont exploitées comme **légume à graines** (comme le pois et le haricot) pour l'alimentation humaine, d'autres comme **fourrage** (comme la luzerne, trèfle) pour l'alimentation animale, ou encore pour **l'ornement** (acacia) et le **bois** (palissandre).



© INRA Dijon - CRG M. Chobert-Martinello

Quels sont les enjeux de la culture de légumineuses ?

L'un des enjeux majeurs est de répondre aux besoins alimentaires des 9 milliards d'individus que l'on comptera en 2050. La population mondiale croît et l'apport de protéines d'origine animale ne sera pas suffisant. **L'un des enjeux est**

donc d'équilibrer l'apport de protéines d'origine animale et végétale. Une réponse serait de substituer les protéines animales par des protéines végétales issues des légumineuses.

Pourquoi cultive-t-on et mange-t-on peu de légumineuses ?

En France, la culture de légumineuses est réduite depuis les années 50-80 et la révolution agricole. Elle s'est caractérisée par une intensification de la mécanisation et à une augmentation de l'utilisation d'engrais chimiques. **Les légumineuses ont été mise de côté à l'écart au**

profit d'espèces ayant une rentabilité importante à court terme comme le blé, le maïs ou le soja. De plus, la culture de légumineuses est soumise à des aléas comme le climat ou les ravageurs.

Quels sont les atouts de la culture de légumineuses ?

Les légumineuses sont une **source de protéines végétales pour l'alimentation humaine et animale** (fourrage...) avec une **bonne valeur nutritionnelle**. Les protéines végétales issues des légumineuses remplissent les mêmes rôles que les protéines animales, ce sont les composants essentiels des tissus du corps humain (peau, muscle, os). Cet apport de protéines **complète celui des céréales**. Ensemble légumineuses et céréales se complètent pour apporter l'ensemble des protéines dont notre corps a besoin. Les légumineuses sont appelées « **engrais verts** » car elles **enrichissent le sol en azote**, un élément indispensable à la croissance des plantes. Elles sont en effet **capables de capter l'azote de l'air et de le réintroduire dans le sol** grâce à leurs racines. Les légumineuses sont **des plantes fixatrices d'azote**, elles vivent naturellement en **symbiose avec des bactéries du sol** (alternative à l'utilisation d'engrais). **Ce sont les seuls végétaux capables de fixer l'azote de l'air!** Cette association bénéfique permet de réduire l'utilisation d'engrais chimiques (de synthèse) notamment en mettant en place des rotations de culture pour enrichir à nouveau le sol appauvri en azote. De fait, la culture de légumineuses a **une faible émission de gaz à effet de serre** puisqu'en

limitant le recours à des engrais chimiques, elle diminue les coûts énergétiques liés à leur production. Utiliser en rotation de culture, elles réduisent le risque d'érosion, d'épuisement des sols et le recours aux engrais azotés et **augmentent ainsi la fertilité des sols**. Les légumineuses ont la particularité de pouvoir **s'associer à des bactéries bénéfiques**. Cette association se fait au niveau des racines de la plante, les bactéries sont capables de fixer l'azote de l'air. Elle permet d'enrichir le sol en azote et donc de réduire le besoin d'engrais chimiques. En plus d'être bénéfique pour l'environnement, les légumineuses sont « **bonnes pour la santé** » : elles sont **riches en protéine, glucides complexes et en micronutriments et ont une faible teneur en lipides** (matière grasse sauf l'arachide et le soja). Elles sont également **riches en fibres** (jusqu'à 25% de leur poids), les fibres ralentissent le passage dans le tube digestif facilitant ainsi l'extraction des nutriments. Elles sont une **bonne source de vitamine et de minéraux**. De plus, elles ont un **bon pouvoir rassasiant** : elles procurent rapidement un sentiment de satiété. Les légumineuses ont aussi l'avantage de pouvoir être **stockées longtemps sans perte de valeurs nutritives**.

Indigestes légumineuses ?

On reproche souvent aux légumineuses leur manque de digestibilité. Cette dernière dépend de la quantité de fibres : ce sont ces fibres qui sont fermentées grâce à l'action de bactéries présentes dans notre intestin et qui sont à l'origine de gaz. Plus la peau des graines est

fine, moins il y a de fibres et plus elles sont digestes. Il est préconisé pour pouvoir mieux digérer de tremper dans l'eau au minimum 12h les graines de légumineuses pour « pré-digérer » les glucides et protéines complexes.

Sources :

<https://www.bienpublic.com/science-et-technologie/2021/04/03/legumineuses-quels-sont-les-freins>

<https://hal.inrae.fr/hal-03357862>

<https://www.rfl-legumineuses.com>

<https://www6.inrae.fr/psdr-bourgogne/>

<https://agriculture.gouv.fr/les-legumineuses-une-famille-de-vegetaux-redecouvrir>

<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/88979?token=7345eb6f894ece619e923584d44ace33e7f33e3318e3fa225f800835448bbb2c>

<https://agriculture.gouv.fr/telecharger/88980?token=340f6be19412f7a0a6a269ca54f0ac137de8440d04f2ad04b1ea98f4608b5108>

<https://www.mangerbouger.fr/l-essentiel/les-recommandations-sur-l-alimentation-l-activite-physique-et-la-sedentarite>

Fonctionnement du système de vote VotAR pour le quiz

Télécharger au préalable l'application VotAR (gratuite et libre de droit) sur un téléphone. Fournir aux participants les feuilles de vote imprimées et plastifiées. Le système de vote VotAR permet de **voter pour une seule proposition**. Au recto de ces feuilles de vote, se trouvent 4 carrés de couleurs différentes (rose, vert, jaune et bleu). Cette face (avec les carrés de couleurs) doit être visible pour l'animateur de l'atelier. En fonction de l'orientation de la feuille, le participant vote pour l'une des propositions du quiz. Il suffit alors de prendre une photographie grâce à l'application VotAR et la répartition des votes s'affiche. Au verso de la feuille, des aides sous la forme de mémo des correspondances couleurs/formes sont indiquées pour faciliter le vote des participants.



Figure 1 : Bonne orientation de la feuille réponse avant de prendre la photo

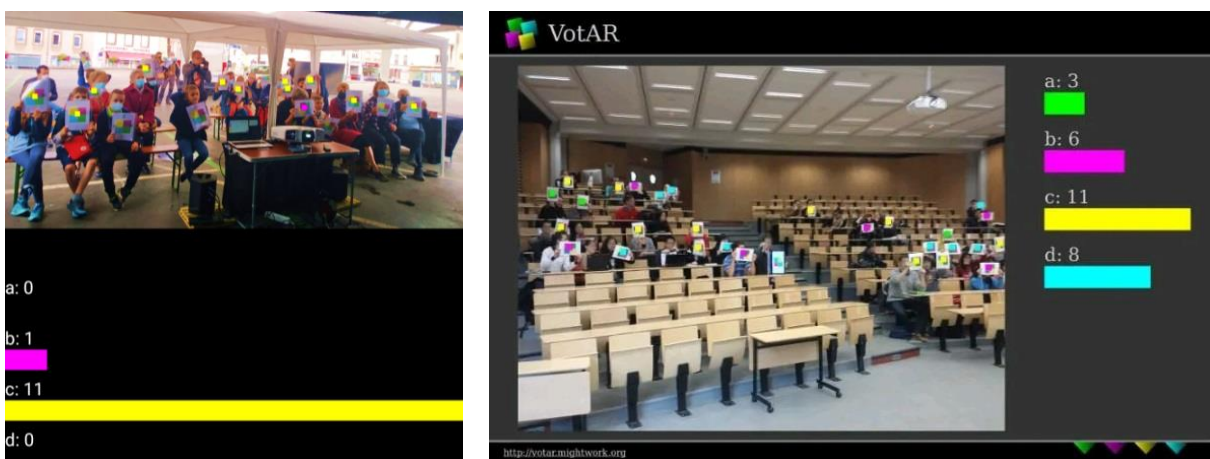


Figure 2 : Analyse des réponses réalisée par l'application VotAR

Supports :



Figure 1 : Echantillons de graines



Figure 2 : Photos de plats cuisinés avec des légumineuses



Figure 3 : Cartons remplis d'emballages de produits alimentaires à base de légumineuses

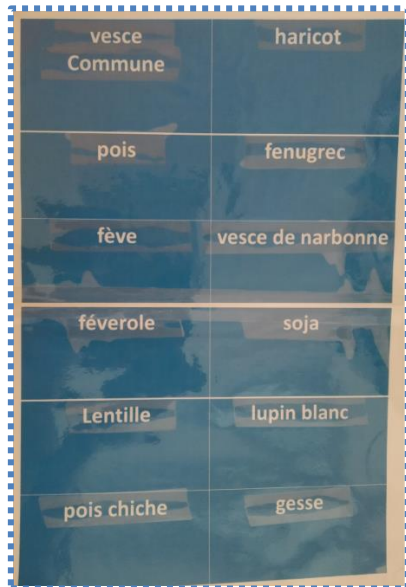


Figure 3 : Jeu de reconnaissance des graines

MATÉRIEL :

Diaporama quiz Cult'ure

Pots contenant des graines de différentes légumineuses (Armoire bureau 146, bâtiment Mendel)

Jeu de reconnaissance de graines (support A3 et 12 pots transparents, armoire bureau 146, bâtiment Mendel)

Supports à graines et photos (Armoire bureau 146, bâtiment Mendel)

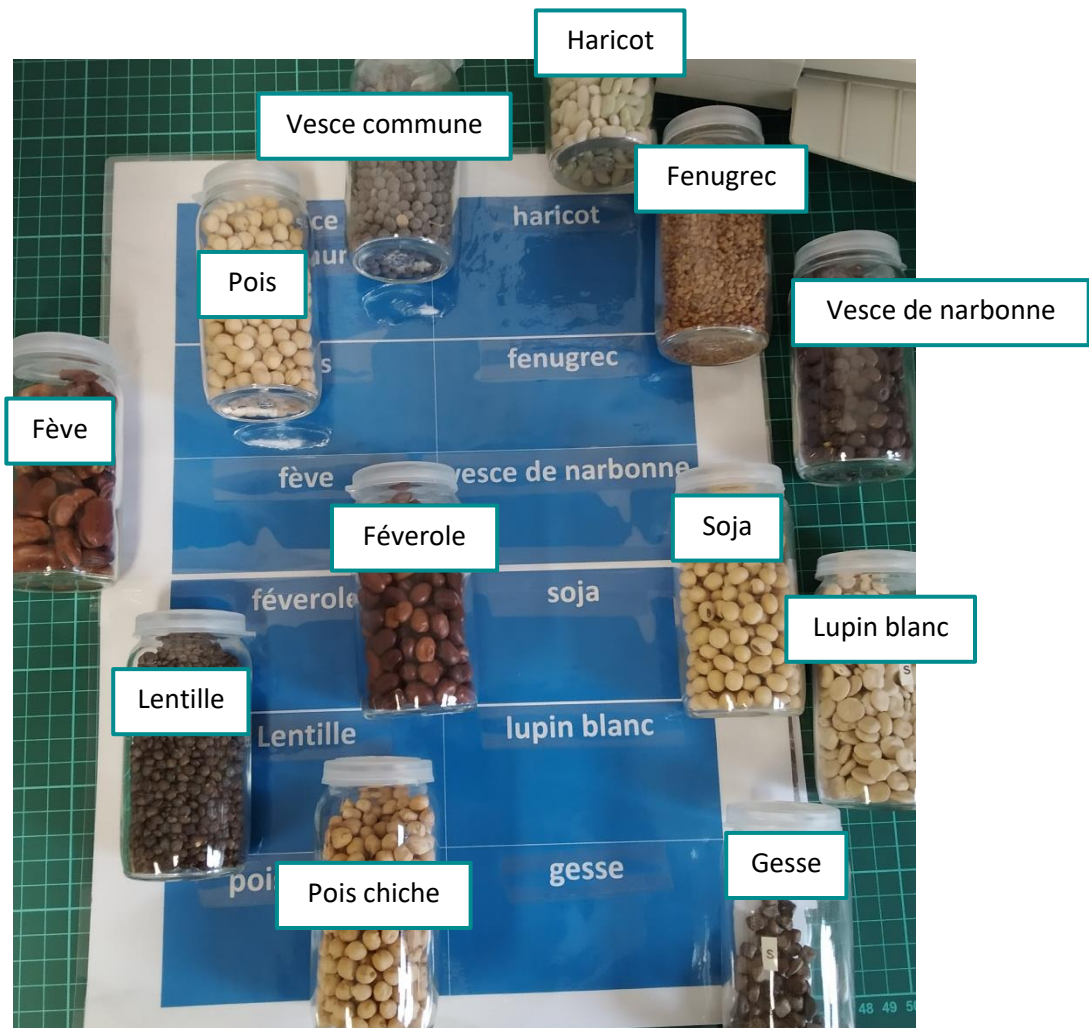
Caisse contenant des emballages (Armoire bureau 146, bâtiment Mendel).

SUPPORTS :

Photos de plats cuisinés (Armoire bureau 146, bâtiment Mendel)

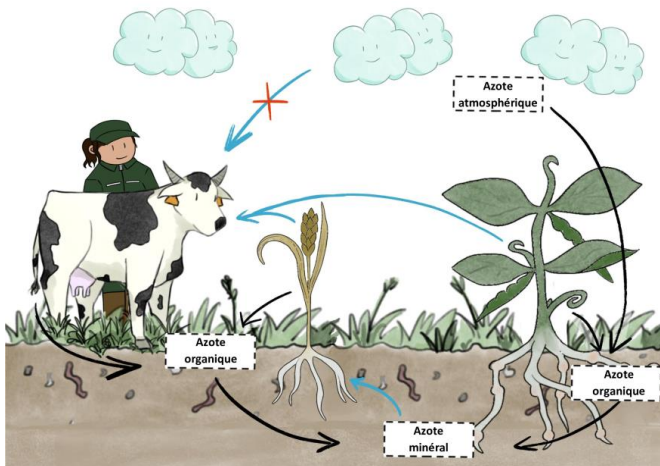
Recettes de cuisine à base de légumineuses (Armoire bureau 146, bâtiment Mendel)

Correction: Jeu de reconnaissance de graines



Introduction : Cycle de l'azote et besoins des plantes

Atelier autour de mécanismes



Cet atelier propose aux publics de découvrir le cycle de l'azote et les besoins des plantes, en faisant appel à leurs connaissances.



PUBLICS

Collège (4^{ème}/3^{ème})



BOÎTE À OUTILS

Définir
Éclaircir

DURÉE

15 minutes



Objectifs pédagogiques

- Évaluer les connaissances des élèves sur l'azote et les besoins des plantes.
- Créer des liens entre leurs connaissances et le cycle de l'azote en amenant de nouvelles notions.

Introduction : Cycle de l'azote et besoins des plantes

Autour de mécanismes



Objectifs pédagogiques

- Évaluer les connaissances des élèves sur l'azote et les besoins des plantes.
- Créer des liens entre leurs connaissances et le cycle de l'azote en amenant de nouvelles notions.

Déroulement

Les activités se déroulent en classe entière pour que les élèves partent avec les mêmes bases dans les ateliers. Les élèves sont ensuite répartis en demi-groupes.

ACTIVITE N°1 : Mind Map sur l'azote

Écrire au tableau le mot « Azote » et demander aux élèves à quoi cela leur fait penser (forme, où il se trouve, utilité...). Si besoin, les orienter avec des mots clés comme « besoins des plantes », « agriculture/engrais ».

ACTIVITE N°2 : Schéma des besoins des plantes

Expliquer les besoins des plantes avec un schéma à dessiner au tableau, en le complétant avec les réponses des élèves. On attend les éléments suivants : lumière, eau, minéraux (azote), CO₂.

Faire le parallèle avec la photosynthèse (si vu en classe) ou l'introduire.

Questionnement sur le rôle de l'azote dans les plantes et les êtres vivants (dont l'Homme). Leur expliquer simplement ce qu'est une protéine : ce sont des briques élémentaires qui participent au bon fonctionnement de notre organisme.



LIEU

Salle avec tableau



CONTACTS

Indiquer Nom et prénom de la personne contact

Indiquer le mail



CONTRAINTES

Salles avec tableau et feutres/craies

ACTIVITE N°3 : Introduire le cycle de l'azote (simplifié)

A l'aide du schéma simplifié, expliquer par où rentre l'azote dans les plantes (par les racines).

« A votre avis, est-ce qu'il y a plusieurs formes d'azote ? »

Évoquer les 3 formes de l'azote (atmosphérique, organique et minéral) en s'appuyant du schéma.

Déboucher sur l'interrogation principale : Il y a beaucoup d'azote atmosphérique, nous avons vu qu'il est très important pour les êtres vivants mais ces derniers ne peuvent pas l'absorber sous cette forme... Les ateliers ont pour but de répondre à cette question.

Finir en expliquant qu'à la fin des ateliers, les élèves auront un schéma du cycle de l'azote à compléter par demi-groupe.

Contenus de médiation

Qu'est-ce que l'azote ?

L'azote est un gaz présent à plus de 80% dans l'atmosphère. L'azote est un constituant essentiel des êtres vivants. Il participe à la formation des protéines (expliquer ce qu'est une protéine : briques élémentaires qui participent au bon fonctionnement de notre organisme).

L'azote existe sous différentes formes : atmosphérique, organique et minéral. Les plantes ne peuvent l'assimiler que sous forme minéral, les Hommes que sous forme organique.

Besoins d'une plante

Pour se développer, une plante a besoins d'énergie lumineuse apportée par le soleil, d'eau ainsi que de minéraux (phosphore, azote, potassium ...). Elle a également besoin de CO₂ pour faire de la photosynthèse et d'oxygène pour respirer. Ces échanges s'effectuent via les feuilles pour le CO₂ et la lumière et par les racines pour l'eau et les minéraux.

Cycle de l'azote

Le cycle de l'azote correspond à la circulation et l'échange d'azote sous ses différentes formes, entre les êtres vivants et leur milieu.

Il se décompose en plusieurs étapes (qui seront décrites dans les ateliers suivants) :

1 : Fixation de l'azote dans un milieu (eau, air ou sol) par l'intermédiaire de bactéries. Durant cette fixation, de l'ammoniac est produit.

2 : Nitrification : transformation de l'ammoniac (produit à l'étape précédente) sous forme de nitrites (NO₂⁻) puis de nitrates (NO₃⁻), assimilable par les plantes. Ce processus se déroule en aérobie.

3 : Dénitrification : Les nitrates ne sont pas tous assimilés par les plantes, car d'autres bactéries peuvent l'absorber et le transformer en azote gazeux, qui sera relâché dans l'atmosphère.

Sources

Parlons sciences.ca [Internet] Comprendre le cycle de l'azote <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-en-contexte/comprendre-le-cycle-de-lazote> [Consulté le 13/01/2022]

Le Robert Dico en ligne (Internet) Définition azote <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/azote> [Consulté le 13/01/2022]

Illustration : Agriculture.gouv [Internet] Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables <https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/legumineuses-ouvrage-quaе-2015.pdf> [Consulté le 13/01/2022]

Correction : Schéma besoins des plantes

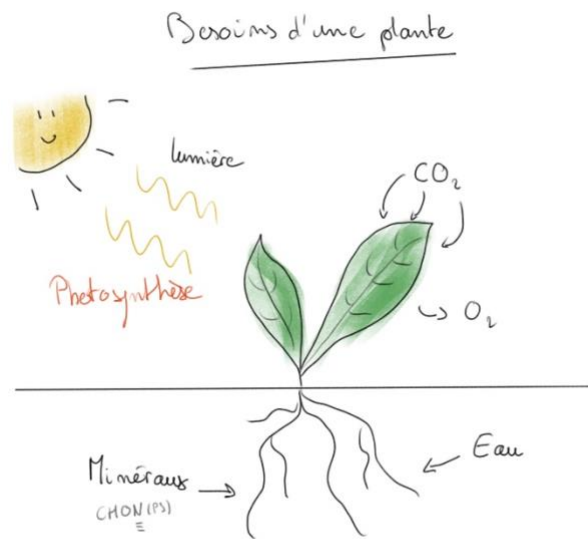
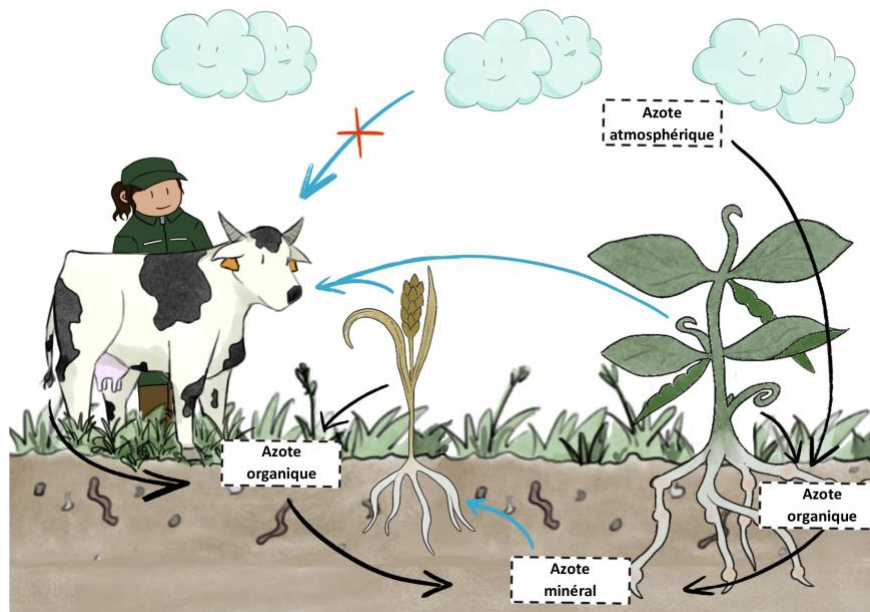


Schéma simplifié cycle de l'azote



MATÉRIEL :

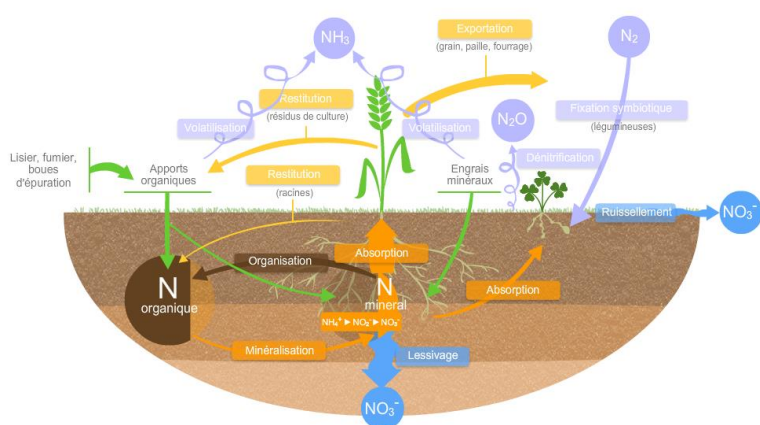
- Tableau
- Feutres (ou craie)

SUPPORTS :

- Schéma du cycle de l'azote simplifié

L'azote dans tous ses états

Atelier autour de mécanismes



Cet atelier propose au public de découvrir le cycle de l'azote de façon simplifiée avec les transformations qui en découlent et les différents acteurs impliqués.



PUBLICS

3^{ème} / 4^{ème}



BOÎTE À OUTILS

Comprendre
Chercher
Déduire



DURÉE

15 min

Objectifs pédagogiques

- Faire prendre conscience du rôle des bactéries dans le cycle de l'azote
- Expliquer que l'azote existe sous différentes formes, toutes liées
- Introduire la notion d'engrais industriel/naturel

L'azote dans tous ses états

Autour de mécanismes



Objectifs pédagogiques

- Faire prendre conscience du rôle des bactéries dans le cycle de l'azote
- Expliquer que l'azote existe sous différentes formes, toutes liées
- Introduire la notion d'engrais industriel



LIEU

Indiquer le lieu



CONTACTS

Indiquer Nom et prénom de la personne contact

Indiquer le mail



CONTRAINTES

Aucunes

Déroulement

Les élèves ont été séparés en demi-groupes (s'il y a assez d'intervenants, il est possible de les séparer en quarts de groupe). Un demi-groupe fait le pôle azote, tandis que l'autre fait le pôle légumineuse.

ACTIVITE N°1 : Bases

En s'aidant du schéma 1, revoir les principales formes de l'azote. Demander aux élèves quelle est la forme majoritaire de l'azote et sous quelle forme se retrouve-t-il chez les êtres-vivants.

Faire deviner parmi les images de la fiche activité n°1 quel est l'être vivant responsable des transformations de l'azote. Inviter les élèves à discuter entre eux pour défendre leur choix et donner la réponse à la fin.

ACTIVITE N°3 : Engrais et vers de terre

Refaire jouer les élèves au jeu Les azotes minéraux, attrapez-les tous ! en ajoutant cette fois-ci les cartes engrais et vers de terre. Cf règles du jeu.

Comme pour l'activité n°2, inciter les élèves à tirer leurs propres conclusions sur le rôle de ces différents facteurs, puis apporter les éléments de réponse.

ACTIVITE N°2 : Les bactéries dans le cycle de l'azote

Expliquer les règles du jeu Les azotes minéraux, attrapez-les tous ! première version (sans les engrais ni les vers de terre) et faire jouer les élèves tous ensemble. A la fin de la partie, demander aux élèves se qu'ils ont compris du rôle des bactéries dans les transformations de l'azote et en termes de nutrition de la plante. Ensuite, leur donner les bonnes réponses grâce au contenu de médiation.

Contenus de médiation

Qu'est-ce que l'azote ?

L'azote est un élément présent sous **différentes formes** sur Terre. Il en existe **3** : l'azote **atmosphérique**, l'azote **organique** et l'azote **minéral**.

- L'azote atmosphérique (sous forme de diazote N_2) est très **abondant**. En effet, il constitue 80% de l'atmosphère terrestre.
- L'azote organique se retrouve chez tous les êtres vivants sous forme de **matière organique**, car c'est un **constituant essentiel des protéines**. Les protéines peuvent être vues comme des briques essentielles à la constitution des êtres vivants (animaux, plantes, champignons, bactéries...). Sans azote, il n'y aurait pas de protéines ni d'êtres vivants. **L'azote joue donc un rôle essentiel dans la vie sur Terre.**
- L'azote minéral comprend de **nombreuses formes** comme l'ammonium ou le nitrate et est retrouvé de façon **soluble dans les sols et les eaux**. C'est la

seule forme que les **plantes sont capables d'assimiler**.

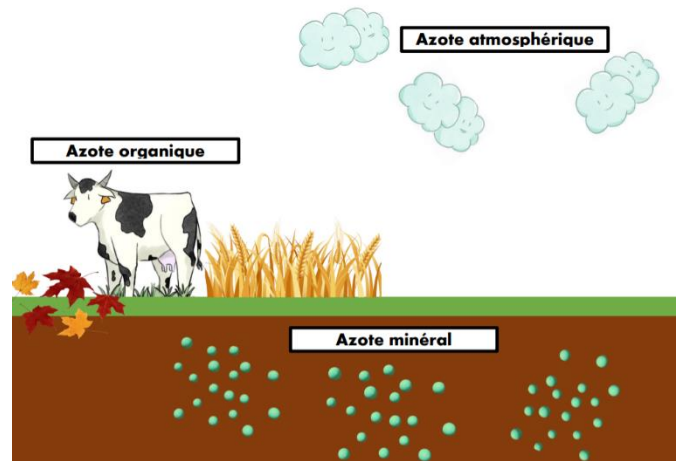


Schéma 1 : Les différentes formes de l'azote

Correction activité 1.

Les transformations de l'azote

Ce sont des **bactéries** qui permettent la plupart des transformations de l'azote.

- Les **bactéries fixatrices d'azote** peuvent transformer le diazote atmosphérique en azote minéral (ammoniac NH_3)
- Les **bactéries ammonifiantes** transforment l'azote organique (provenant de la matière organique comme l'humus ou les déjections animales) en azote minéral.
- Les **bactéries nitrifiantes** permettent d'obtenir du nitrate NO_3^- à partir d'ammonium NH_4^+ (dérivé de l'ammoniac).
- Certaines bactéries, les **bactéries dénitrifiantes**, sont capables de transformer l'azote minéral en azote atmosphérique.

Ce sont ensuite les plantes qui assimilent l'azote minéral et le transforment en azote organique par la formation de protéines pour leur

croissance. Cet azote organique pourra redonner de l'azote minéral lorsque les plantes meurent et se décomposent, ou lorsqu'elles sont mangées et digérées par des animaux.

Il s'agit donc d'un **cycle** entre les différentes formes de l'azote, impliquant **de nombreux acteurs à différentes échelles**.

Eléments de correction à la suite du jeu de l'activité 2. On ne s'attend pas à ce que les élèves retiennent des termes tels qu'ammonium, ammoniac ou les noms des bactéries, mais il est important qu'ils comprennent que le passage vers l'azote minéral est composé de nombreuses transformations impliquant des bactéries et que la seule forme d'azote assimilable par les plantes est l'azote minéral. De même, la seule source d'azote pour les animaux est l'azote organique (qu'il provienne de plantes ou d'autres animaux).

Plantes et azote

Comme dit précédemment, les plantes sont capables d'assimiler les formes minérales de l'azote telles que le nitrate NO_3^- (assimilation rapide) ou l'ammonium NH_4^+ (assimilation lente, il est donc souvent transformé en nitrate avant d'être absorbé par les plantes). C'est d'ailleurs la seule source d'azote disponible pour les plantes (sauf légumineuses).

On peut faire un parallèle avec les humains et leurs apports en eau. L'eau existe sous trois états : liquide, vapeur et solide, mais les êtres humains ne

peuvent se désaltérer qu'avec la forme liquide. Pour consommer de la glace ou de la vapeur d'eau, il faudrait d'abord la transformer (la chauffer ou la condenser). Il en va de même pour les plantes. Elles ont besoin que d'autres organismes comme les bactéries réalisent les transformations de l'azote pour elles.

Eléments de correction supplémentaires pour l'activité 2.

Vers de terre, un allié du cycle de l'azote

Les vers de terre jouent un rôle majeur dans le cycle de l'azote. Dans les sols, ils décomposent la matière organique et assimilent beaucoup d'azote. Cet azote est restitué aux sols quand le ver de terre construit ses galeries : il les consolide avec du mucus, riche en azote. Cet azote devient une source de nourriture très abondante pour les bactéries nitrifiantes qui en le consommant, vont

relarguer des nitrates NO_3^- . Les plantes peuvent alors assimiler ce nitrate et grandir. On considère ainsi qu'une importante présence de vers de terre dans les cultures (type blé, riz, maïs) permet d'augmenter le rendement de 25%.

Eléments de correction activité 3.

L'histoire de l'engrais azoté

Jusqu'au XXème siècle, la principale source d'engrais en azote était d'origine naturelle. Les agriculteurs fonctionnaient en système polyculture-élevage : ils faisaient à la fois pousser des cultures et élevaient des bêtes. Grâce aux déjections des animaux, les champs étaient enrichis en azote organique. Après quelques transformations jusqu'à l'azote minéral, cet engrais était assimilé par la plante pour une meilleure croissance.

En 1909, le chimiste Fritz Haber a mis au point un procédé (procédé Haber-Bosch) permettant de

passer de l'azote atmosphérique à de l'azote minéral, assimilable par la plante. Cela a été une révolution dans l'agriculture, car cet engrais est beaucoup plus rapide et moins coûteux à produire. Il est depuis utilisé pour fertiliser les cultures. Cependant, on estime que seulement 50% de l'azote est assimilé par les plantes, les 50% restant s'échappent sous différentes formes qui peuvent avoir de graves impacts sur l'environnement.

Eléments de correction activité 3.

Sources des recherches

Bouché, M., Ferrière, G., Soto, P., 1987. PU 150 The role of earthworms in the decomposition and nitrogen nutrition in plants in a grassland. *Triple performance* [en ligne]. Disponible sur https://wiki.tripleperformance.fr/images/d/d4/Marcel_BOUCHE_-_PU_150_The_role_of_earthworms_in_the_decomposition_and_nitrogen_nutrition_in_plants_in_a_grassland.pdf [consulté le 13/01/2022].

Cellier, P., 2019. De la fertilisation des cultures à la cascade de l'azote. *Agronomie, Environnement & Sociétés, Association Française d'Agronomie (Afa)* 9 (1), 13-17.

Fornerod, S. (Ver de terre production), 2020. Des vers de terre bâtisseurs et faiseurs de la vie du sol [en ligne]. *Cultivar*. Disponible sur : <https://www.cultivar.fr/technique/des-vers-de-terre-batisseurs-et-faiseurs-de-la-vie-du-sol> [consulté le 13/01/2022].

UNIFA, s.d. Le cycle de l'azote (N) [en ligne]. *UNIFA*. Disponible sur : <https://fertilisation-edu.fr/cycles-bio-geo-chimiques/le-cycle-de-l-azote-n.html> [consulté le 14/01/2022].

MATÉRIEL :

- Schéma 1 « Les différentes formes de l'azote » A3 (avec de la Patafix)
- Fiche activité n°1 « Le responsable des transformations de l'azote » A3 (avec de la Patafix)
- Fiche activité n°2 : Les azotes minéraux, attrapez-les tous !
- Jeu Les azotes minéraux, attrapez-les tous ! (138 cartes + schémas plastifiés)

Fiche activité n°1 : Le responsable des transformations de l'azote

Lequel de ces êtres vivants est responsable des transformations de l'azote ?



Correction de l'activité 1

La bonne réponse est les bactéries.

Les vers de terre jouent un rôle important dans le cycle de l'azote mais ce ne sont pas eux qui sont responsables des transformations de l'azote.

Les autres êtres-vivants participent également au cycle en tant que réservoirs d'azote organique, sous forme de protéines.

Fiche activité n°2 : Les azotes minéraux, attrapez-les tous !

Ce jeu a pour but de présenter de manière ludique le cycle de l'azote. L'azote minéral peut être vu comme un Pokémon qui a plusieurs évolutions. Mais l'azote est un Pokémon un peu spécifique, il a besoin d'aide pour évoluer (un peu comme Pikachu avec la pierre foudre), c'est là que les bactéries entrent en jeu !

Contenu du jeu :

- Des *schémas plastifiés* qui résument les différentes transformations que peut subir l'azote.
- *138 cartes composées de (pour 7-8 personnes) :*
 - 19 cartes Azote atmosphérique
 - 15 cartes Azote organique
 - 10 cartes NH_3
 - 10 cartes NH_4^+
 - 10 cartes NO_3^-
 - 15 cartes H^+
 - 15 cartes Bactéries ammonifiantes
 - 15 cartes Bactéries fixatrices d'azote
 - 15 cartes Bactéries nitrifiantes
 - 2 cartes Bactéries dénitrifiantes
 - 5 cartes Assimilation
 - 1 carte Croissance
 - 3 cartes Engrais
 - 3 cartes Vers de terre






Préparation du jeu :

Les cartes :

- ✓ Azote atmosphérique
- ✓ Azote organique
- ✓ Toutes les cartes bactéries
- ✓ Assimilation
- ✓ Vers de terre
- ✓ Engrais
- ✓ H^+

Forment la **pioche**. Distribuer 5 cartes de cette pioche à chaque joueur. Les joueurs peuvent regarder leurs cartes mais pas les montrer aux autres.

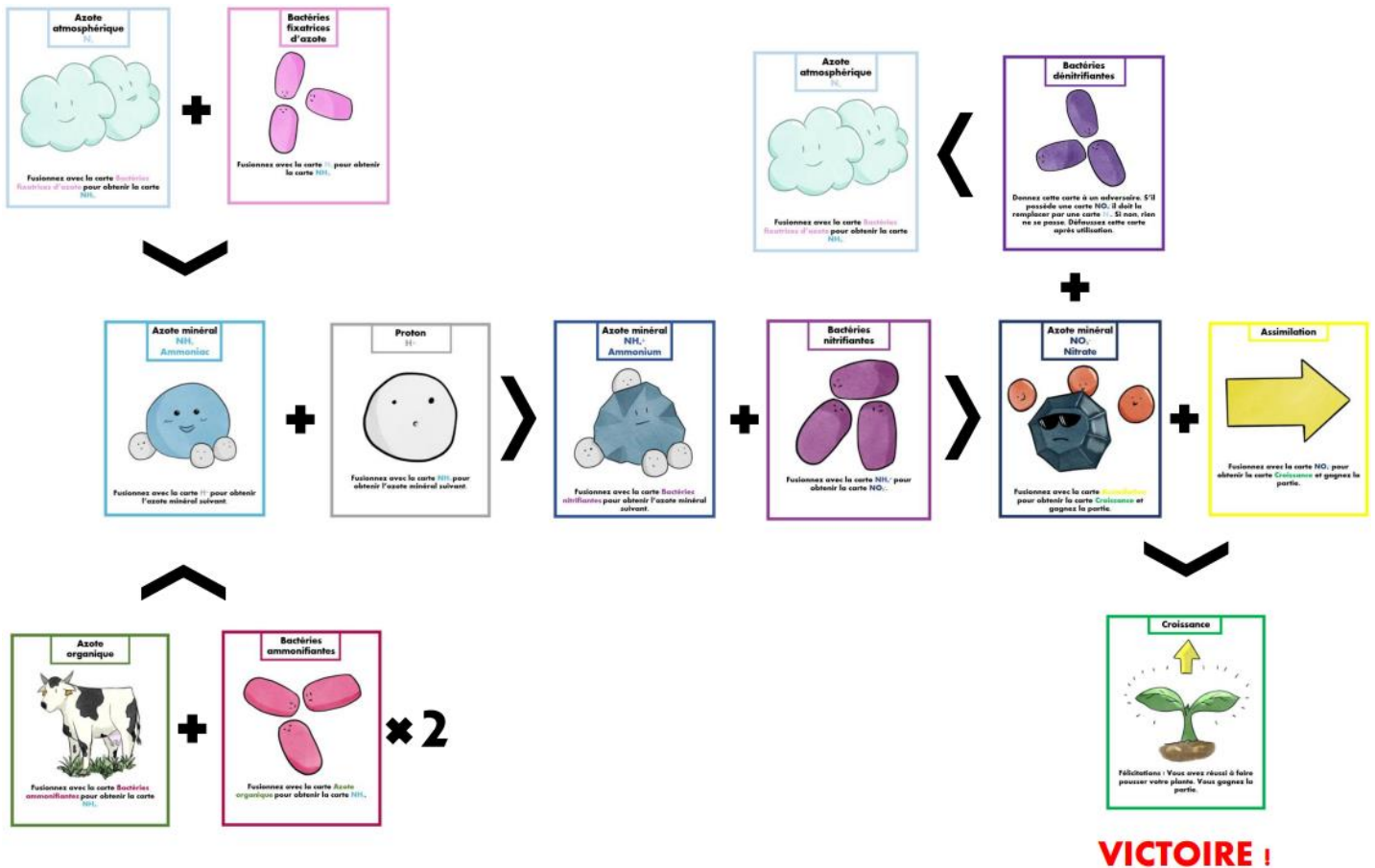
Les cartes :

-  NH_3
-  NH_4^+
-  NO_3^-
-  4 cartes azote atmosphérique
-  Croissance

Forment chacune une **banque** différente placée face visible au centre de la table.

Règle du jeu :

Le but du jeu est d'obtenir 1 carte Croissance. Pour ce faire, se référer au schéma. Il est possible de distribuer aux élèves des copies plastifiées du schéma.



Chacun leur tour, les joueurs piochent une carte de la pioche. Après cela, ils ne peuvent effectuer **qu'une seule action**. Les actions comprennent les **transformations d'une forme d'azote en une autre forme d'azote**, **l'utilisation d'une carte dénitrifiantes** ou la **défausse d'une carte** dans le jeu si on ne peut pas effectuer d'autres actions. On ne peut pas avoir plus de 5 cartes en main.

Remarque : pour faire une transformation, il faut défausser les deux cartes utilisées pour faire la transformation (exemple : j'ai la carte Bactéries fixatrices d'azote et je pioche une carte Azote atmosphérique, je peux les défausser ensemble et prendre une carte NH_3 dans la banque NH_3).

Bactéries dénitrifiantes : cette carte est une carte spéciale qui permet d'embêter les autres joueurs. Pendant son tour, le joueur qui possède cette carte peut la donner à n'importe quel autre joueur. Ce dernier, s'il a une carte NO_3^- , se voit obligé de poser cette carte dans la défausse et de prendre une carte Azote atmosphérique à la place. S'il n'a pas de cartes NO_3^- , le jeu continue comme si de rien n'était. Dans les deux cas, la carte Bactéries dénitrifiantes une fois utilisée part dans la défausse.

Engrais : cette carte permet de passer de l'Azote atmosphérique directement au NO_3^- .

Vers de terre : cette carte permet de n'utiliser qu'une seule carte Bactéries ammonifiantes (contre deux normalement) pour passer de l'Azote organique au NO_3^- (à la place du NH_3).

Fin du jeu : pour obtenir la carte Croissance qui témoigne de la victoire du joueur, il faut que ce dernier défausse en même temps la carte NO_3^- et la carte Assimilation.

Les pollutions azotées

Atelier autour de mécanismes



Cet atelier propose au public de découvrir les pollutions causées par l'azote utilisé dans les systèmes agricoles et leurs impacts sur l'environnement et la santé.



PUBLICS

3^{ème} / 4^{ème}



BOÎTE À OUTILS

Comprendre
Chercher
Déduire



DURÉE

15 min

Objectifs pédagogiques

- Faire prendre conscience des pollutions causées par l'azote
- Etudier différents exemples de pollution
- Comprendre les causes et les possibles solutions

Les pollutions azotées

Autour de mécanismes



Objectifs pédagogiques

- Faire prendre conscience des pollutions causées par l'azote
- Etudier différents exemples de pollution
- Comprendre les causes et les possibles solutions



LIEU

Indiquer le lieu



CONTACTS

Indiquer Nom et prénom de la personne contact

Indiquer le mail



CONTRAINTES

Aucunes

Déroulement

Les élèves ont été séparés en demi-groupes (s'il y a assez d'intervenants, il est possible de les séparer en quarts de groupe). Un demi-groupe fait le pôle azote, tandis que l'autre fait le pôle légumineuse.

ACTIVITE N°1 : Mots-croisés : où retrouve-t-on de l'azote ?

Distribuer les feuilles plastifiées de mots croisés et des feutres Velleda aux élèves (par groupe de 2 ou 3). Ils doivent trouver les différents endroits où l'on retrouve de l'azote après avoir utilisé des engrais azotés dans des champs. Ensuite, leur expliquer comment ces différentes pertes ont lieu et introduire les notions de volatilisation, dénitrification et lixiviation (utiliser le schéma 1 comme support visuel).

ACTIVITE N°2 : Le jeu des différences

Montrer les séries de photos avant/après (fiche activité n°2) pour présenter les effets de l'azote dans les différents milieux. Demander aux élèves de relever les différences. Expliquer le phénomène à l'aide du contenu de médiation (fiche correction activité n°2)

Contenus de médiation

Les pertes en azote

Comme vu précédemment, l'azote est un composé qui se transforme rapidement et qui existe sous de nombreuses formes. **Les nitrates** NO_3^- , lorsqu'ils ne sont pas assimilés par les plantes, ont des effets dévastateurs sur l'environnement. Étant très solubles, les nitrates vont facilement ruisseler dans les cours d'eau jusqu'à la mer ou être lixiviés vers les nappes phréatiques. La **lixiviation** a lieu lorsque la pluie s'infiltré dans les sols et entraîne les particules solubles (comme les nitrates) en profondeur.

Lors de la **dénitrification**, les bactéries dénitrifiantes produisent principalement du diazote (N_2

atmosphérique) mais aussi du **protoxyde d'azote** (N_2O) et des oxydes d'azote (NO_x).

La **volatilisation** est un processus physico-chimique qui transforme l'ammonium NH_4^+ apporté par des engrais (industriels ou naturels) en NH_3 gazeux de façon naturelle. Il est **relargué dans l'atmosphère**.

Corriger l'activité 1 (correction activité n°1). Expliquer à partir des réponses, le phénomène à l'origine de la présence de l'azote à cet endroit.

Mer, rivière, robinet : L'azote (sous forme de nitrates) se retrouve dans les eaux à cause de la lixiviation. Du fait de la capacité de l'eau à parcourir les territoires, la pollution par les nitrates se répand à de nombreux niveaux. On en retrouve dans les mers, les rivières, l'eau du robinet et de nombreux autres écosystèmes aquatiques (nappes phréatiques, mares, marais...).

Poumons, atmosphère : à cause de la volatilisation et de la dénitrification, l'air autour de nous se retrouve chargé en azote sous forme d'oxyde d'azote (dangereux pour la santé humaine) ou de

protoxyde d'azote (un gaz à effet de serre puissant).

Sol : l'azote s'écoule dans les sols par lixiviation avant de rejoindre des nappes phréatiques. Il est entraîné par l'eau de pluie en dehors du champ où il a été répandu.

Écosystèmes : les écosystèmes sont fragilisés à la fois par l'azote de l'air (dû à la volatilisation et la dénitrification) et les nitrates (transporté par l'eau depuis les zones agricoles).

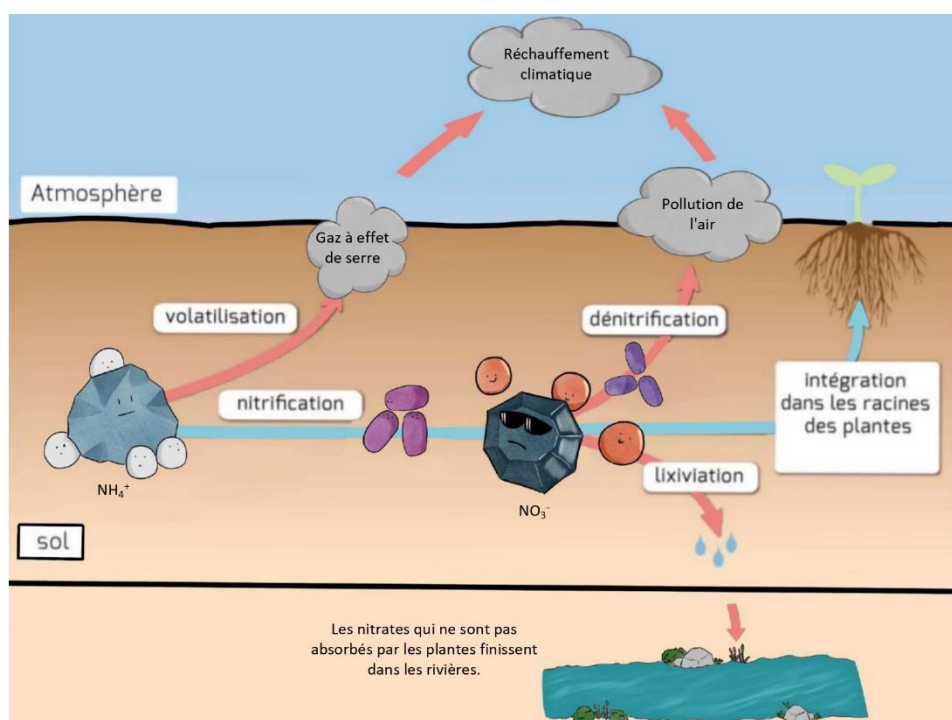


Schéma 1 : Schématisation de la dégradation de l'azote (NH_4^+) pouvant induire des pertes par volatilisation et/ou par lixiviation.

Les conséquences

L'azote se retrouve ainsi dans de nombreux environnements de façon involontaire où il peut causer des dégâts.



Les rivières se retrouvent enrichies en azote, ce qui va favoriser le développement d'algues aux détriments des autres espèces. La

qualité des écosystèmes en est affectée par une diminution du nombre d'espèces présentes : les algues consomment toutes les ressources, les autres plantes n'arrivent plus à pousser, les animaux perdent leurs sources de nourritures... Ce phénomène est appelé eutrophisation.



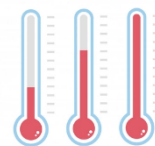
Les effets de l'eutrophisation continuent jusqu'à la mer. Depuis les années 1960, les phénomènes de

marées vertes se multiplient le long des côtes et principalement dans les baies bretonnes. Des algues nitrophiles — qui se développent mieux en présence de grande quantité d'azote, envahissent les baies où se déversent les nitrates dus à l'agriculture. Cela a un impact économique en diminuant le tourisme de ces régions mais aussi sur la santé. En se putréfiant, les algues émanent des vapeurs toxiques qui peuvent être mortelles pour l'homme. Il faut donc nettoyer les plages à l'aide de tracteurs, abimant en contrepartie l'intégrité du sol sablonneux.



En passant par les nappes phréatiques, les nitrates peuvent se retrouver dans l'eau du robinet. Ils mettent en danger les consommateurs, car ils sont cancérigènes. Le taux maximal pour les nitrates dans l'eau distribuée est par ailleurs fixé à 50 mg/L.

L'azote gazeux peut notamment mener à du dioxyde d'azote. Cette forme d'azote peut provoquer des difficultés respiratoires ou une hyperréactivité bronchique chez les personnes sensibles. Le NO₂ est 40 fois plus toxique que le monoxyde de carbone (CO) et quatre fois plus toxique que le NO.



L'azote gazeux sous forme de protoxyde d'azote N₂O va contribuer au réchauffement climatique. En effet, le protoxyde d'azote est un gaz à effet de serre puissant avec un pouvoir réchauffant équivalent à 300 fois supérieur à celui du carbone.

L'UMR d'agroécologie mène des recherches sur les émissions de N₂O dues à l'agriculture et les moyens de limiter ces pertes.



Dans les sols, si les composés azotés ne sont pas assimilés par la plante, ils vont contribuer à l'appauvrissement du sol et diminuer sa qualité pour de futures cultures. Ce sont des composés acides qui empêchent la plupart des espèces animales et végétales de bien se développer. Le sol est alors appauvri et les cultures poussent moins bien. De plus, à cause du ruissellement, l'azote peut être emporté vers d'autres sols et sortir des champs de culture. Il peut alors impacter la qualité des jardins, des parcs, etc...

Sources des recherches

ADEME — Agence de la transition écologique, 2018. Les oxydes d'azote (NOx) - Définition, sources d'émission et impacts [en ligne]. ADEME. Disponible sur : <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/oxydes-dazote-nox/definition-sources-demission-impacts> [consulté le 20/01/2022].

Cellier, P., 2019. De la fertilisation des cultures à la cascade de l'azote. *Agronomie, Environnement & Sociétés, Association Française d'Agronomie (Afa)* 9 (1), 13-17.

Chambres d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté, 2013. Abis du COMIFER-RMT F&E sur une question posée par les ministères. *Chambres d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté* [en ligne]. Disponible sur : https://bourgognefranche-comte.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Bourgogne-Franche-Comte/061_Inst-Bourgogne-Franche-Comte/ST-Territoires_Environnement/Qualite_eau/Directive_nitrate/Grille_volatilisation_des_engrais_mineraux_AviSRMT-COMIFERdocx.pdf [consulté le 14/01/2022].

Ministère des solidarités et de la santé, 2018. Bilan de la qualité de l'eau du robinet vis-à-vis des nitrates. *Ministère de la solidarité et de la santé* [en ligne]. Disponible sur : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/bilan_nitrates_2017.pdf [consulté le 14/01/2022].

Taulemesse, F., Soenen, B., s.d. Fertilisation azotée – Comment limiter les pertes d'azote par volatilisation ammoniacale ? [en ligne]. *Semences de France*. Disponible sur : <https://www.semencesdefrance.com/actualite-semences-de-france/fertilisation-azotee-comment-limiter-les-pertes-dazote-par-volatilisation-ammoniacale/> [consulté le 14/01/2022].

UNIFA, s.d. Le cycle de l'azote (N) [en ligne]. UNIFA. Disponible sur : <https://fertilisation-edu.fr/cycles-bio-geo-chimiques/le-cycle-de-l-azote-n.html> [consulté le 14/01/2022].

Sources des images

Chambres d'agriculture Meuse, 2021. Azote : optimiser la gestion pour limiter les pertes dans son système. *Chambres d'agriculture Meuse* [en ligne]. Disponible sur : https://meuse.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Grand-Est/037_Inst-Meuse/Eau/RDM_NT3_Azote.pdf [consulté le 14/01/2022].

Kostic, D., s.d. Epannage d'un champ. Disponible sur <https://www.vie-publique.fr/en-bref/19829-competitivite-de-lagriculture-et-de-lagroalimentaire-propositions> [consulté le 14/01/2022].

Moison, J., 2017. La petite plage du Valais à Saint-Brieuc le 23 mai 2017. Disponible sur : <https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/baie-de-saint-brieuc-le-retour-des-algues-vertes-1496043304> [consulté le 14/01/2022].

Moison, J., 2018. La plage du Valais à Saint-Brieuc. Disponible sur : <https://www.francebleu.fr/infos/insolite/photos-la-mer-gele-a-saint-brieuc-1519743020> [consulté le 14/01/2022].

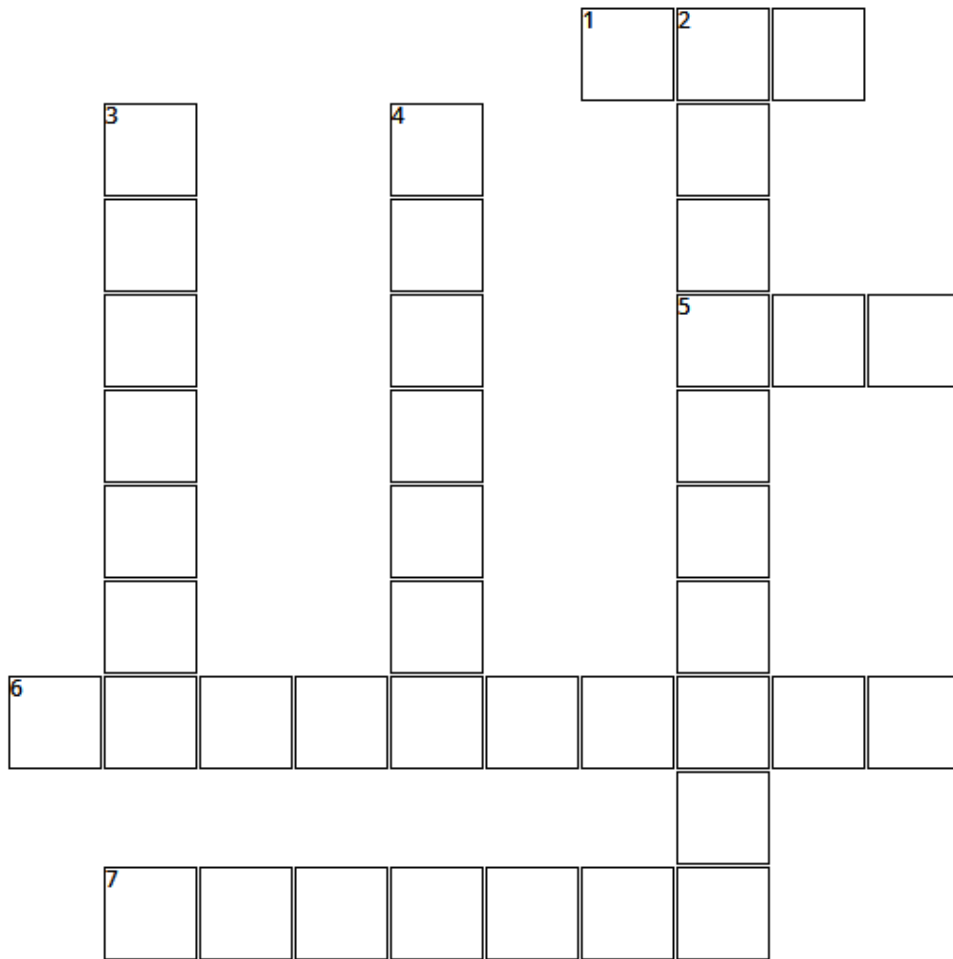
Université de Lorraine, s.d. Cours d'eau eutrophisés. Disponible sur : <http://rpn.univ-lorraine.fr/UVED/impacts-environnementaux-acv/eutrophisation-des-eaux/co/effet.html> [consulté le 14/01/2022].

MATÉRIEL :

- Fiche activité n°1 « Mots-croisés : où retrouve-t-on de l'azote ? » A4
- Schéma 1 « Schématisation de la dégradation de l'azote (NH_4^+) pouvant induire des pertes par volatilisation et/ou par lixiviation » A3 (avec de la Patafix)
- Fiche activité n°2 « Le jeu des différences » A3 (2 pages)

Fiche activité n°1 : Mots-croisés : où retrouve-t-on de l'azote ?

Trouver les mots correspondant aux phrases



Horizontal :

1.



5. Surface de la Terre

6. Enveloppe gazeuse entourant la Terre

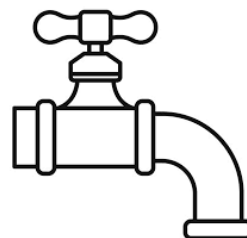
7.



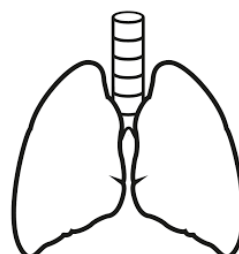
Vertical :

2. Système formé par un environnement et par l'ensemble des espèces qui y vivent.

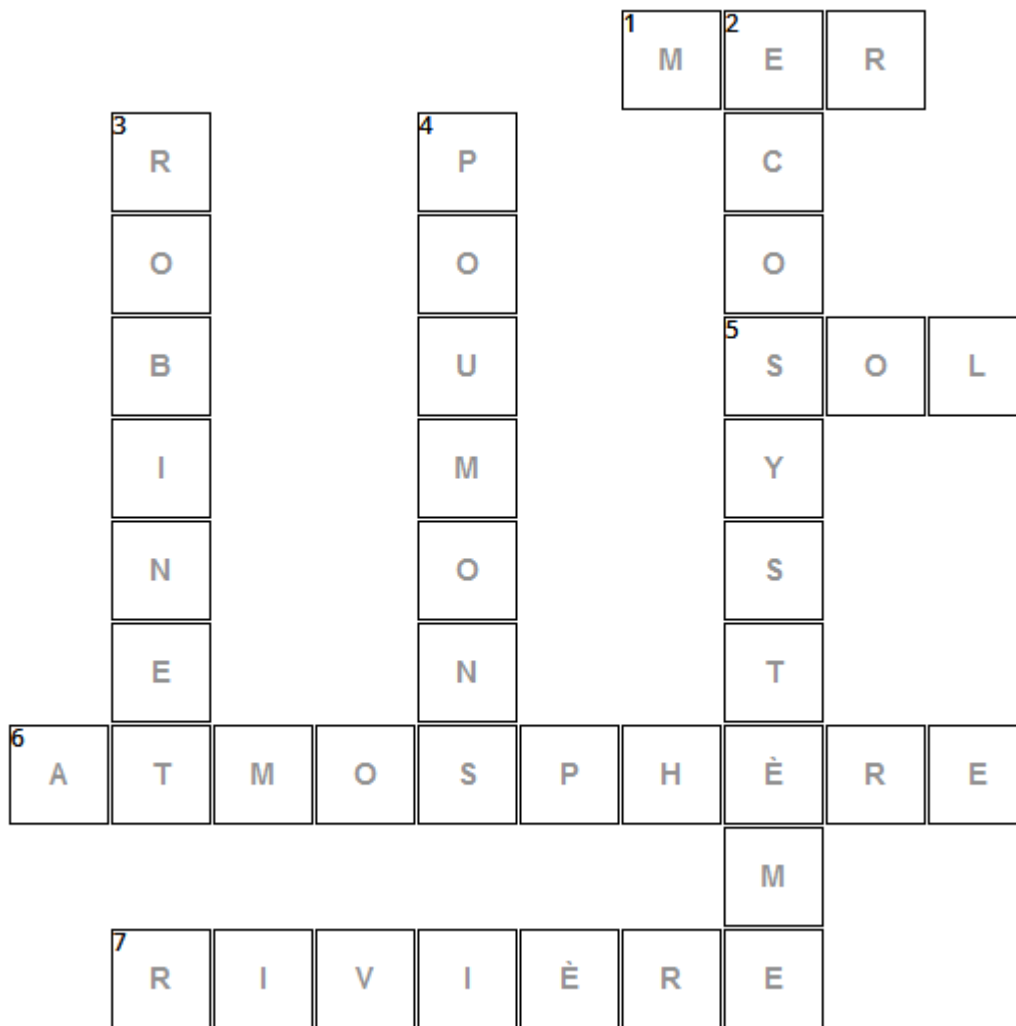
3.



4.



Correction activité n°1 :



Fiche activité n°2 : Le jeu des différences

Voici des images avant et après l'action de l'azote sur différents milieux. Quelles différences pouvez-vous voir ?

Rivières :



Mer/plages :



Eau du robinet :



Fiche activité n°2 : Le jeu des différences (suite)

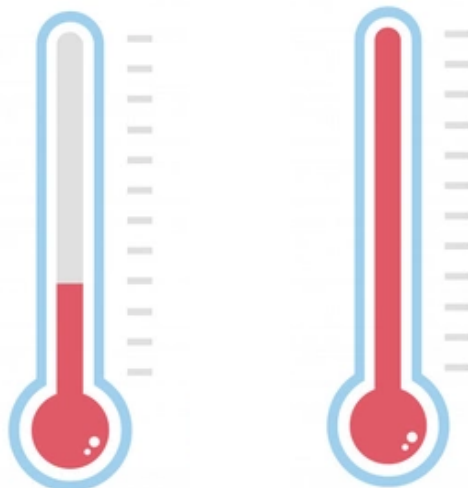
Air :



Sols :



Atmosphère :



Correction activité n°2 :

Pour chacun des milieux impactés par les fuites d'azotes, demander aux élèves de relever les différences qu'ils voient puis utiliser le contenu de médiation pour expliquer et approfondir le phénomène.

Rivières :

Les élèves doivent remarquer l'apparition d'une couche verte sur l'eau, due à des algues.

Mer/plages :

Les élèves doivent remarquer la présence d'algues vertes recouvrant la plage.

Eau du robinet :

Les élèves doivent noter qu'il n'y a pas de différence **visible**. Demander s'ils peuvent imaginer une différence à un autre niveau, par exemple dans la composition de l'eau.

Air :

Les élèves doivent relever la pollution de l'air : couleur grise, brouillard, particules...

Sols :

Sur la photo présentant les mottes de terres, on souhaite que les élèves remarquent l'absence de racines dans la deuxième motte. Amener l'idée d'un manque de diversité, d'un appauvrissement de la vie souterraine.

Sur les photos des champs de maïs, les élèves doivent voir la différence entre les deux : le premier est vert et a bien poussé, le deuxième est jaunâtre et en mauvais état.

Atmosphère :

On remarque une augmentation de la température (due à la présence de gaz à effets de serre).

Nodosité : la star des symbioses

Atelier autour des mécanismes



PUBLICS

Collège 4^{ème}/3^{ème}



BOÎTE À OUTILS

Associer
Découvrir



DURÉE

25 minutes

Cet atelier propose au public de découvrir la notion de symbiose à l'aide d'exemples parlants, notamment la notion de fixation symbiotique chez les légumineuses.

Objectifs pédagogiques

- Faire comprendre la notion de symbiose
- Expliquer l'importance des nodosités dans l'interaction légumineuses-bactéries
- Présenter les légumineuses et leur diversité

Nodosité : la star des symbioses

Autour des mécanismes

Objectifs pédagogiques

- Faire comprendre la notion de symbiose
- Expliquer l'importance des nodosités dans l'interaction légumineuses-bactéries
- Présenter les légumineuses et leur diversité

Déroulement

Les élèves ont été séparés en demi-groupes (s'il y a assez d'intervenants, il est possible de les séparer en quarts de groupe). Un demi-groupe fait le pôle légumineuse, tandis que l'autre fait le pôle azote.

ACTIVITE N°1 : Principe de la symbiose

Commencer l'atelier avec le schéma simplifié (introduction) pour rappeler les 3 formes d'azote. Dire que l'on va s'intéresser à la transformation de l'azote atmosphérique en azote minéral. Expliquer le principe de symbiose en utilisant l'analogie de deux camarades s'entraîdant en fonction de leurs points forts et points faibles (ex : un élève ayant des facilités en maths, l'autre en français et ils s'entraident).

Pour illustrer le principe de symbiose, mettre en place le jeu de cartes d'association entre différents couples de symbiotes. Laisser les élèves chercher et les orienter si besoin.

Corriger dans l'ordre les symbiotes : Poisson clown – anémone ; Pique bœuf – Rhinocéros ; Bactéries – Humains ; Chêne – Truffe.

Montrez l'association légumineuses-bactéries afin de faire la transition avec l'activité n°2.



LIEU

Salle avec tables



CONTACTS

Indiquer Nom et prénom de la personne contact

Indiquer le mail



CONTRAINTES

Indiquer les contraintes spécifiques

ACTIVITE N°2 : Les nodosités

Expliquer la fixation symbiotique entre la légumineuse et la bactérie Rhizobium. A l'aide des photos de racines (cf. support activité n°2), faire deviner aux élèves ce qu'est une nodosité en les laissant chercher la différence entre les racines. Expliquer la mise en place des nodulations en utilisant une analogie : la nodulation est une maison pour la bactérie qui paye son loyer en fixant l'azote. Parler des recherches à l'UMR.

ACTIVITE N°3 : Les légumineuses

Faire le quiz sur les légumineuses et utiliser les explications au dos des pancartes (cf contenu de médiation) pour créer un échange après chaque question et amener à la réflexion.

Contenus de médiation

Qu'est-ce qu'une symbiose ?

Une symbiose est une interaction interspécifique. Deux êtres vivent étroitement liés et s'apportent des bénéfices réciproques. Les symbioses ne sont pas nécessairement vitales pour les deux organismes.

Exemples de symbioses :

- Le microbiote est l'association de bactéries avec le corps humain. Les bactéries jouent un rôle clé dans la digestion et dans l'immunité, car elles entrent en compétition avec les pathogènes. L'humain fournit aux bactéries un lieu et des éléments nutritifs pour se développer.

- L'anémone de mer est un animal qui possède des tentacules urticants. Le poisson clown est insensible à son venin grâce à une couche protectrice sur ses écailles. Le poisson clown peut donc se réfugier entre ses tentacules pour se protéger des



prédateurs. En échange, il élimine les parasites de l'anémone.

- Le pique-bœuf est un oiseau que l'on retrouve souvent sur le dos de certains animaux comme le rhinocéros. Le pique-bœuf se nourrit des parasites du rhinocéros et l'avertit de la présence de dangers potentiels comme les humains. En effet, les rhinocéros sont la cible de braconnage.



- La truffe est un champignon et s'associe avec un arbre comme le chêne pour se développer. Le champignon fournit de la matière minérale comme de l'azote ou du phosphore. En échange, l'arbre lui apporte de la matière organique. Cela ressemble à l'association des légumineuses avec les bactéries.



Association symbiotique des légumineuses à l'aide de nodosité :

Comme les autres plantes, les légumineuses peuvent assimiler l'azote minéral présent dans le sol grâce à leurs racines. Cependant, si elles ne peuvent pas combler leurs besoins en azote de cette manière, elles mettent en place un autre mécanisme : l'association symbiotique. Des bactéries, du genre *Rhizobium*, fixent l'azote atmosphérique (N₂) grâce à la nitrogénase. Cette enzyme permet de transformer l'azote atmosphérique en azote minéral (ammonium, NH₄⁺).

Sous cette forme, il pourra être absorbé et métabolisé par la légumineuse. C'est une étape importante du cycle de l'azote. Cette symbiose induit la formation de nodulations qui sont de petites boules au niveau des racines.

En échange de l'apport en azote, la plante fournit des produits de la photosynthèse (source de carbone) aux bactéries.

A l'UMR, ce type de symbiose est étudiée. Leurs recherches visent à sélectionner des bactéries qui fixeront le mieux l'azote pour améliorer le rendement protéique des légumineuses.



Diversité des légumineuses :

La famille des *Fabaceae*, aussi appelée légumineuses, sont des plantes qui fixent l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec des bactéries. Elles sont riches en protéines. Il existe deux types de légumineuse : les légumineuses fourragères pour l'alimentation des herbivores (trèfles, vesce, luzerne) et les légumineuses à graines (lentilles, pois chiches, soja, lupin).



En 1950, la consommation en France de légumineuses à graines était de 7,3 kg/an/personne. Cette consommation a drastiquement baissé au profit des protéines d'origine animale. Aujourd'hui, la consommation est de 1,7 kg/an/personne. A titre comparatif, la consommation mondiale est de l'ordre de 7 kg/an/personne.



Sources des recherches

Agro-Transfert Ressources et Territoires. 2016. *Les légumineuses pour apporter de l'azote dans la rotation.* <http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2017/01/Fiche-l%C3%A9gumineuses.pdf>. (Consulté le 17 janvier 2022)

Bedoussac L. et Magrini M. B. 2017. *Les légumineuses : Définition.* *Dictionnaire d'Agroécologie.* <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/les-legumineuses/> (Consulté le 17 janvier 2022)

Blancard D. 2015. *Racines.* <http://ephytia.inra.fr/fr/C/21403/Di-gno-Leg-Racines> (Consulté le 15 janvier)

Florimond F. 2021. *Une symbiose entre le microbiote intestinal et son hôte.* http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/immunité-et-vaccination/thematiques/virus-et-immunité/le-microbiote-dans-le-cadre-du-nouveau-programme-de-seconde-rentree-2019/copy_of_le-microbiote-intestinal-un-exemple-de-symbiose. (Consulté le 17 janvier 2022)

Mer & Océan - Le média des mers. 2020. *Pourquoi le poisson clown et l'anémone de mer sont-ils inséparables?.* <https://www.mer-ocean.com/pourquoi-le-poisson-clown-et-lanemone-de-mer-sont-ils-inseparables/> (Consulté le 17 janvier 2022)

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2016. *Les légumineuses, une famille de végétaux à (re)découvrir !* <https://agriculture.gouv.fr/les-legumineuses-une-famille-de-vegetaux-redecouvrir> (Consulté le 17 janvier 2022)

Plotz R.D. et Linklater W. L. 2020. *Oxpeckers Help Rhinos Evade Humans.* *Current Biology*, 30, p. 1965–1969. DOI : [10.1016/j.cub.2020.03.015](https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.015)

Sources des illustrations

Académie de Montpellier. 2020. *La double symbiose rhizobienne (bactéries) et mycorhizienne (champignons).* https://pedagogie.ac-montpellier.fr/sites/default/files/2020-02/diaporama-2-3_-legumineuses_symbioses_microorganismes_dafpen_091116.pdf (Consulté le 20 janvier 2022)

BESTIAPOLITAN. 2019. *Le poisson clown est-il un imposteur ?.* <https://bestiapolitan.com/le-poisson-clown-nemo-anemone/> (Consulté le 20 janvier 2022)

Depositphotos. 2022. *Plante de haricots images vectorielles.* <https://fr.depositphotos.com/vector-images/plante-de-haricots.html>

Espoma. 2016. *Fall is for planting : trees.* <https://www.espoma.com/trees-shrubs/fall-is-for-planting-trees/> (Consulté le 17 janvier 2022)

FranceAgriMer. 2021. *Un appel à projets pour soutenir la sélection variétale des légumineuses à graines et fourragères.* <https://www.franceagrimer.fr/Actualite/Etablissement/2021/Un-appel-a-projets-pour-soutenir-la-selection-varietale-des-legumineuses-a-graines-et-fourrageres> (Consulté le 19 janvier 2022)

Gurdjian C. 2021. *Tout ce qu'il faut savoir sur le rhinocéros.* <https://www.geo.fr/environnement/tout-ce-quil-faut-savoir-sur-le-rhinoceros-204436> (Consulté le 19 janvier 2022)

Harmonydesjardins. 2019. *Nodosité.*

https://www.lharmonydesjardins.be/nodosite/?fbclid=IwARON6e6MOP3ztU3k64pXhF436g4tiuP6MeFyxHIQ4y_vybgopZQYBQwQ1yM

Jardinier Paresseux. 2020. *Profondeur des racines des légumineuses.*

<https://jardinierparesseux.com/2020/05/21/profondeur-des-racines-des-legumes/?fbclid=IwAR0lWqGUUKC3U9sPnfpMz2GUoOhScWQ8ug0OpZA75hKDIXEZSenixApm7c>

L'épicerie ordinaire. 2022. *Haricots rouges en vrac par 100g.* <https://www.epicerie-ordinaire.fr/224-haricots-rouges-en-vrac-par-100g.html> (Consulté le 21 janvier 2022)

L'épicerie ordinaire. 2022. *Lentilles vertes en vrac par 100g.* <https://www.epicerie-ordinaire.fr/221-lentilles-vertes-en-vrac-par-100g.html> (Consulté le 21 janvier 2022)

L'épicerie ordinaire. 2022. *Pois cassés en vrac par 100g.* <https://www.epicerie-ordinaire.fr/222-pois-casses-en-vrac-par-100g.html> (Consulté le 21 janvier 2022)

L'épicerie ordinaire. 2022. *Pois chiches en vrac par 100g.* <https://www.epicerie-ordinaire.fr/223-pois-chiches-en-vrac-par-100g.html> (Consulté le 21 janvier 2022)

L'EXPRESS. 2016. *Des bactéries vieilles de 15 millions d'années vivent dans nos intestins.*

https://www.lexpress.fr/actualite/societe/sante/des-bacteries-vieilles-de-15-millions-d-annees-vivent-dans-nos-intestins_1815279.html (Consulté le 19 janvier 2022)

Le Du D. 2017. *Le point maïs : l'extraordinaire prouesse des racines.* <https://www.paysan-breton.fr/2017/08/le-point-mais-lextraordinaire-prouesse-des-racines/?fbclid=IwAR0nToYodUNG3CXbeRRDVQ606huTgwVRoDUP8wPV4SrmIBBE0JVhFk-a7Jg>

Lefevre M. 2018. *Découverte d'un 80ème organe.* https://www.levif.be/actualite/sante/decouverte-d-un-80eme-organe/article-normal-819413.html?cookie_check=1642522909 (Consulté le 19 janvier 2022)

Leidus I. 2021. *Luzerne cultivée.* https://fr.wikipedia.org/wiki/Luzerne_cultiv%C3%A9e (Consulté le 21 janvier 2022)

Libert F. 2022. *Flick.* <https://www.flickr.com/photos/zsispeo/> (Consulté le 17 janvier 2022)

Océanopolis BREST. 2022. *Océanopolis BREST.* <https://www.oceanopolis.com/nos-animaux/lanemone-polaire>. (Consulté le 17 janvier 2022)

Ray M.C. 2019. *Regardez le système immunitaire tuer les bactéries.* <https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/medecine-regardez-systeme-immunitaire-tuer-bacteries-75995/> (Consulté le 19 janvier 2022)

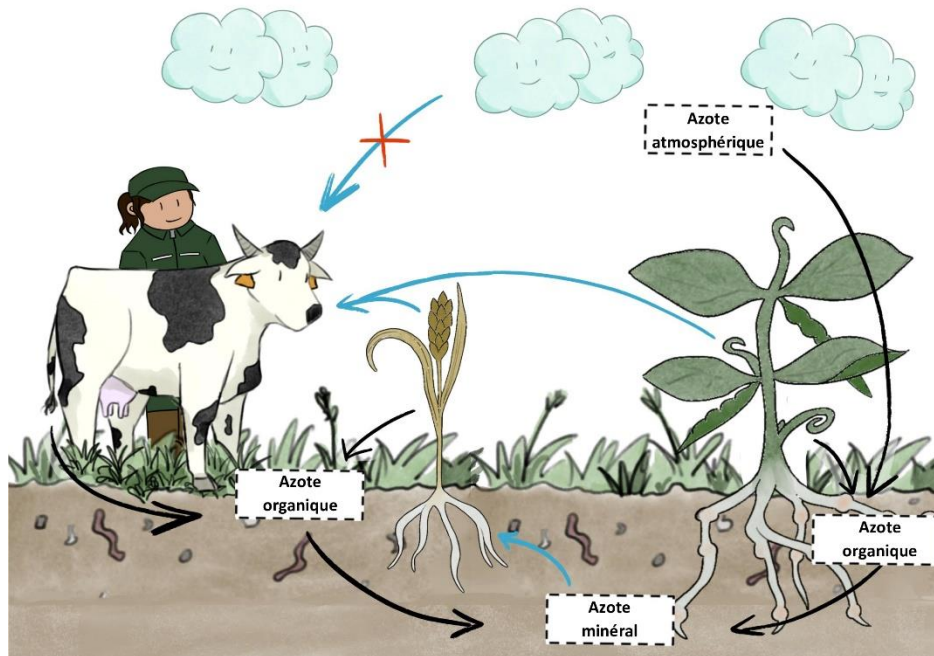
Zarebski C. 2021. *Le trèfle n'en finit pas de faire des feuilles.* <https://www.franceculture.fr/emissions/le-monde-vivant/le-trefle-nen-finit-pas-de-faire-des-feuilles> (Consulté le 21 janvier 2022)

MATÉRIEL :

Atelier 3 : Divisé en deux sous-groupes (x2 → matériel en double)

- Schéma fil conducteur A3 (avec de la patafix)
- 10 cartes du jeu de cartes sur les symbioses (Activité 1)
- photographie des racines avec et sans nodosités A3 (Activité 2)
- Quiz de 4 pancartes sur les légumineuses + photos de légumineuses A3 (Activité 3)

Schéma fil conducteur



Correction activité n°1

Correction du « Jeu des symbioses » :

Voici les couples de symbiotes que les élèves doivent faire

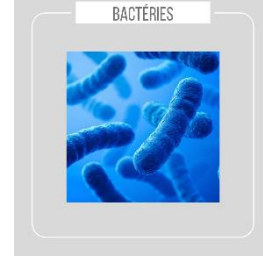
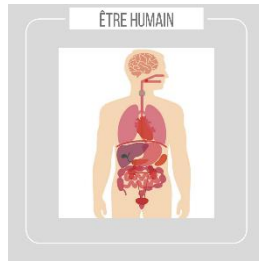
Poisson clown / Anémone



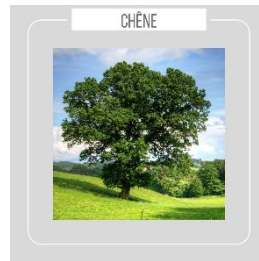
Pique bœuf / Rhinocéros



Être vivant / Bactéries



Chêne / Truffe



Légumineuse / Bactérie Rhizobium



Support activité n°2



Haricot

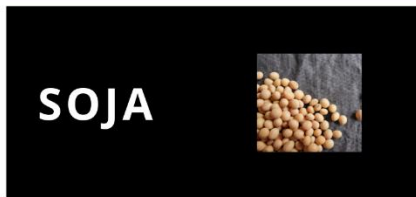


Maïs



Support activité n°3

1) Parmi ces plantes, laquelle n'est pas une légumineuse ?



Éléments de correction

Réponse : Blé (intrus)

- Il existe une grande variété de légumineuses.
- Citez en d'autres.

Réponses attendues : Pois chiches, haricots rouges, haricots blancs). On ne s'attend pas à ce que les élèves citent des légumineuses fourragères.

2) Quels sont les deux types de légumineuses ?



Éléments de correction

Réponses : Graines ET Fourragères.

- Les légumineuses à graine sont les plus évidentes car on les consomme.
- Les légumineuses fourragères servent à l'alimentation des herbivores (animaux d'élevage). On retrouve le **trèfle**, la **luzerne** mais aussi la **vesce**.
- Montrez le panneau avec des photos de légumineuses



HARICOTS ROUGES



TRÈFLE



POIS CHICHES



POIS CASSÉS

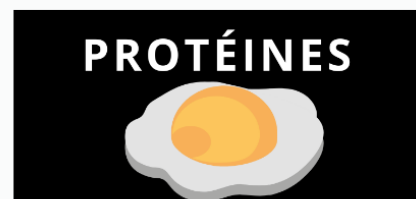


LUZERNE



LENTILLES

3) D'un point de vue nutritionnel, qu'apportent le plus les légumineuses ?

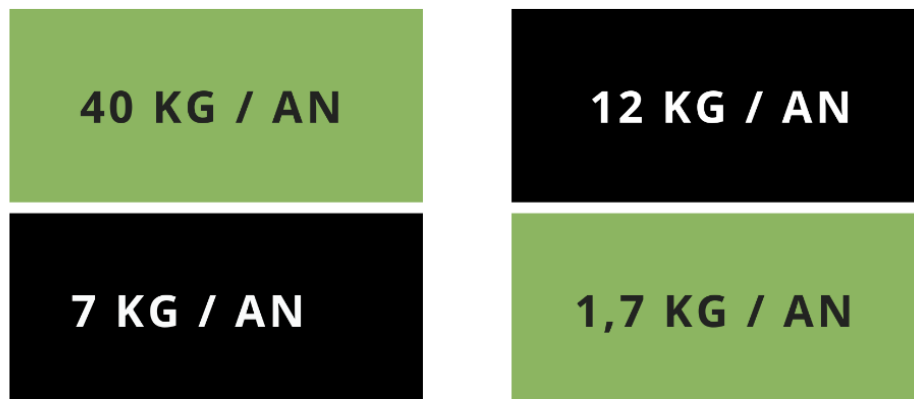


Éléments de correction

Réponse : protéines.

- Légumineuses sont riches en protéines.
- En général, on associe les protéines à la viande ou aux œufs, mais elles sont également présents en quantité importante dans les légumineuses.

4) En France, quelle est la consommation par personne de légumineuses à graines ?



Éléments de correction

Réponse : 1,7 kg/an/personne

- Demandez aux élèves s'ils s'attendaient à un chiffre aussi bas. Mangent-ils souvent des légumineuses ?
- **7 kg/an/personne** : consommation moyenne mondiale **ET** la consommation française en 1950.
- Baisse de la consommation augmentation consommation protéines animales (viande, oeuf)
- Comparaison : 84,5 kg/personne/an de viande (2020)

Les engrais azotés, lesquels choisir ?

Atelier autour de techniques



Cet atelier propose au public de découvrir la place des légumineuses dans l'agriculture, notamment grâce aux rotations de cultures. Il permet d'expliquer comment les agriculteurs enrichissent le sol en azote.



PUBLICS

Collège 4^{ème}/3^{ème}



BOÎTE À OUTILS

Découvrir
Comprendre



DURÉE

25 minutes

Objectifs pédagogiques

- Sensibiliser au rôle des légumineuses au sein du cycle de l'azote
- Introduire le système de rotation des cultures
- Expliquer les différentes manières d'enrichir le sol en azote

Les engrais azotés, lesquels choisir ?

Autour de techniques



Objectifs pédagogiques

- Sensibiliser au rôle des légumineuses au sein du cycle de l'azote
- Introduire le système de rotation des cultures
- Expliquer les différentes manières d'enrichir le sol en azote

Déroulement

Les élèves ont été séparés en demi-groupes (s'il y a assez d'intervenants, il est possible de les séparer en quarts de groupe). Un demi-groupe fait le pôle légumineuse, tandis que l'autre fait le pôle azote.

ACTIVITE N°1 : Rôle des légumineuses dans l'agriculture

Annoncer qu'on va s'intéresser à comment fournir de l'azote minéral au sol. Demander aux élèves les sources d'azote qu'il est possible d'utiliser. Expliquer en quoi les légumineuses permettent d'apporter de l'azote pour les cultures suivantes. Introduire la notion de rotation de cultures et la possibilité de le mettre en place à leur échelle en évoquant leur potager. Demander aux participants si cette pratique est nouvelle. Expliquer la rotation triennale. Faire un juste prix sur le pourcentage de surface agricole consacré aux légumineuses en Europe, puis expliquer pourquoi ce pourcentage est si bas. Parler des recherches à l'UMR.



LIEU

Indiquer le lieu



CONTACTS

Indiquer Nom et prénom de la personne contact

Indiquer le mail



CONTRAINTES

Indiquer les contraintes spécifiques

ACTIVITE N°2 : Avantages et inconvénients des engrais azotés

Expliquer qu'il existe trois sources d'azote pour le sol (engrais azotés industriels, effluents d'élevage et culture de légumineuses). Rappeler que les légumineuses fixent l'azote. Ajouter que les engrais azotés industriels apportent directement l'azote minéral. Finir en présentant les effluents d'élevage. A l'aide du schéma (cf support activité n°2), évoquer le recyclage des ressources permis par ces effluents.

Mettre en place le support de l'activité qui permet de montrer les avantages et inconvénients de chaque source d'azote. Amener les élèves à placer les étiquettes dans les cases correspondant aux trois engrais azotés et leur demander de justifier leur choix, puis rebondir dessus (cf contenu de médiation). Parler de la sélection variétale pour les légumineuses.

Contenus de médiation

Quel est le rôle des légumineuses dans l'agriculture ?

Les légumineuses fixent l'azote atmosphérique (diazote) via la symbiose avec les bactéries (nodosités). Ces plantes sont riches en azote. Lors de la récolte, on ne récupère parfois qu'une partie de la plante. Les racines ne sont pas récoltées et restent dans le sol. Elles se décomposent et l'azote organique se transforme en azote minéral, c'est la minéralisation.

Cet azote minéral est disponible dans le sol pour les cultures suivantes. On peut donc organiser les cultures en alternant légumineuses et d'autres espèces de plantes. On réalise alors une rotation.

Au Moyen-Âge, on retrouve un exemple de rotation triennale qui consistait à cultiver

successivement une céréale d'hiver (ex: blé), une céréale de printemps et enfin laisser la terre en jachère.

Ce système de rotation peut s'appliquer à de grandes parcelles, mais également à une échelle plus réduite comme dans un jardin. L'apport d'azote via les légumineuses bénéficie aux cultures suivantes. En moyenne, les rendements du blé sans fertilisation azotée augmentent de 40% après une culture de légumineuse comparé à une culture de blé suivie d'une culture de céréales. Ce pourcentage a été obtenu grâce à des recherches menées à l'UMR Agroécologie qui réalisent de nombreuses expériences pour voir les impacts des légumineuses dans les rotations.

Quelle est la place des légumineuses dans le monde ?

En 2006, la production de légumineuses en Europe représentait 3,3% de la surface agricole. Depuis la seconde guerre mondiale, des accords commerciaux internationaux ont amené à séparer la production de céréales et de légumineuses. Contrairement à la France qui s'est spécialisée dans certaines céréales (blé), certains pays d'Amérique (Etats-Unis et Brésil) produisent

des légumineuses, en majorité du soja. Les légumineuses sont aujourd'hui essentiellement destinées à l'élevage. Les fermes françaises dépendent donc de l'import des légumineuses pour nourrir le bétail.

De plus, l'essor des engrais industriels azotés a permis aux agriculteurs d'enrichir leur sol en azote sans recourir aux légumineuses.

Comment les agriculteurs enrichissent-ils le sol en azote ?

Il existe différentes sources d'azote pour les cultures. Tout d'abord, les engrais azotés industriels peuvent être utilisés. Ces engrais fournissent directement de l'azote minéral (ammonium) à la plante. Cependant, leur fabrication demande beaucoup d'énergie, c'est un processus polluant. De plus, les prix des engrais sont élevés.

Les légumineuses permettent aussi d'enrichir le sol en azote. Néanmoins, ces cultures sont plus contraignantes que l'utilisation d'engrais. Elles sont plus sensibles au stress hydrique et aux pathogènes.

La fixation symbiotique n'est pas mise en place systématiquement pour fixer l'azote atmosphérique en raison du coût énergétique élevé pour la plante. En effet, les bactéries des nodosités ont besoin de 16 ATP pour fixer une molécule de diazote. La sélection variétale reste peu développée pour les légumineuses. Les recherches en cours sur la sélection variétale pourraient permettre de pallier ces contraintes.

Les effluents d'élevage sont des déjections animales, sous forme de fumier ou de lisier. Le lisier est liquide et ne contient que des excréments, contrairement au fumier qui est aussi composé en partie de paille.



Les effluents d'élevage permettent d'enrichir le sol en azote organique. Cet azote organique sera décomposé en azote minéral qui pourra être absorbé par les plantes. Cet azote est alors à nouveau sous forme organique. Ces plantes serviront de nourriture aux animaux d'élevage qui produiront à nouveau des effluents.

Ces différentes étapes s'inscrivent dans le cycle de l'azote. L'utilisation d'effluents d'élevage permet le recyclage des ressources et d'être indépendant des apports d'engrais azotés industriels. La séparation de l'élevage et des cultures en France a diminué le recours aux effluents d'élevage au profit des engrais azotés industriels.

Cette forme d'engrais azoté a pour désavantages de sentir mauvais.

On ne sait pas tout de la manière dont les effluents d'élevage impactent l'environnement, notamment avec l'émission de gaz à effet de serre. Des recherches sur ce sujet sont menées au sein de l'UMR.

Sources des recherches

Bizouard F., Guinet M., Nicolardot B., Durey V., Revellin C., Lombard E., Pimet E., et Voisin A.-S. 2019. Fixation symbiotique de l'azote et effet précédent : toutes les légumineuses à graines se valent-elles ? *Innovations Agronomiques*, 74,p. 55-68.

Chambre d'agriculture de Meurthe-et-Moselle. 2015. *Construire sa rotation*. https://meurthe-et-moselle.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Grand-Est/54_Fiche_technique_rotation_2015.pdf (Consulté le 17 janvier 2022)

Ineichen A. et Schnyder A. 2010. *Rotation triennale in Dictionnaire historique de la Suisse (DHS)*. <https://hls-dhs-dss.ch/fr/articles/027644/2010-01-07/> (Consulté le 17 janvier 2022)

INRAE. 2021. *Groupe Filière Légumineuses : graines, fourrages et services*. <https://www6.inrae.fr/groupe-filieres/Filieres-Vegetales/Groupe-Filiere-Legumineuses> (Consulté le 17 janvier 2022)

Teurki R. 2013. *Les effluents d'élevage : mieux les connaître pour bien les valoriser*. https://nord-pas-de-calais.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Hauts-de-France/028_Inst-Nord-Pas-de-Calais/Telechargements/Recyclage/les-effluents-delevage.pdf (Consulté le 17 janvier 2022)

Voisin A.S. , Guéguen J., Huyghe C., Jeuffroy M.H., Magrini M.B., Meynard J.M., Mougel C., Pellerin S. et Pelzer E. 2013. Les légumineuses dans l'Europe du XXI^e siècle : Quelle place dans les systèmes agricoles et alimentaires actuels et futurs ? Quels nouveaux défis pour la recherche ? *Innovations Agronomiques*, 30, p.283-312.

Sources des Illustrations

Cultiveille. 2021. *La luzerne est le symbole du développement durable dans l'agriculture*. <https://www.cultivar.fr/cultures/la-luzerne-est-le-symbole-du-developpement-durable-dans-lagriculture> (Consulté le 20 janvier 2022)

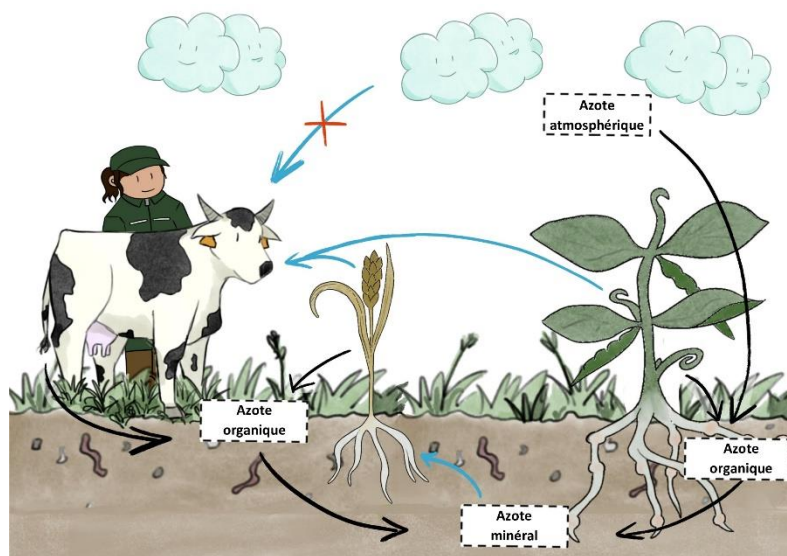
La France agricole. 2020. *Dossier Effluents d'élevage : doser avec modération*. <https://www.lafranceagricole.fr/article/effluents-delevage-doser-avec-moderation-1,0,439693434.html> (Consulté le 20 janvier 2022)

MATÉRIEL :

Atelier 4 :

- Schéma fil conducteur (A3 avec de la patafix)
- Schéma recyclage effluents d'élevage A4 (Activité 1)
- Jeu des avantages et des inconvénients de sources azotées et ses 8 étiquettes (Activité 2)

Schéma fil conducteur



Support activité n°1 :

<p><u>Avant...</u> Culture de légumineuse (source naturelle d'azote)</p>	<p><u>... Après</u> Culture de blé ○○○○○○○○○○ ? Kg</p>
<p>Culture de blé (sans engrais azotés)</p>	<p>Culture de blé ○○○○○○○○○○ 10 kg</p>

Partie 1 :

Recopier ce tableau au dos d'un support au format A3. Cela permet d'illustrer l'augmentation du rendement de 40% grâce à l'apport d'azote lié à la minéralisation des résidus de cultures de légumineuses. Préciser qu'il n'y a pas eu d'apports d'autres engrais azotés dans les deux cas.

<p><u>Avant...</u> Cultive de légumineuse (source naturelle d'azote)</p>	<p><u>... Après</u> Cultive de blé ○○○○○○○○○○○○ ○○○○ 14 Kg 40%</p>
<p>Cultive de blé (sans engrais azotés)</p>	<p>Cultive de blé ○○○○○○○○○○○○ 10 Kg</p>

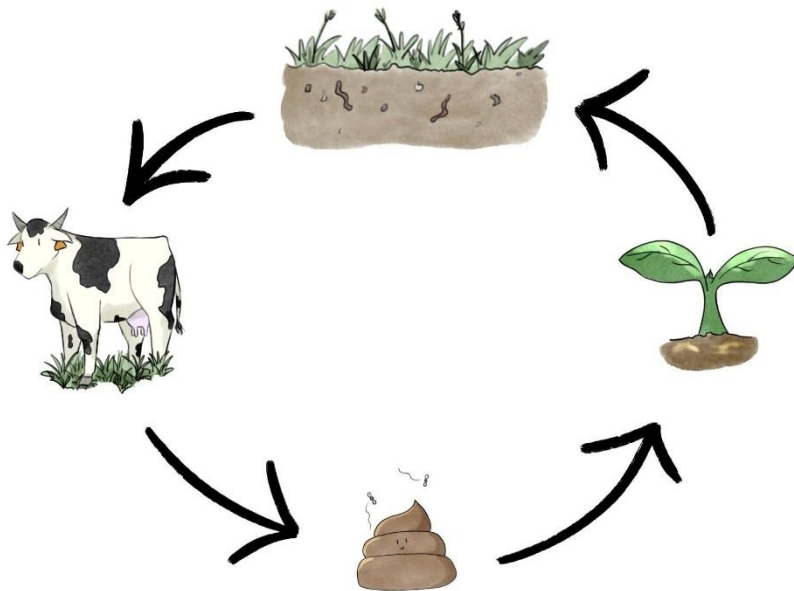
Partie 2 :

Les élèves doivent trouver combien de kilogrammes de blé seront produits en plus grâce à l'azote apporté par les légumineuses. Ajouter les 4 kg (ronds noirs) qui correspondent à l'augmentation de rendement de 40%.

Support activité n°2 :

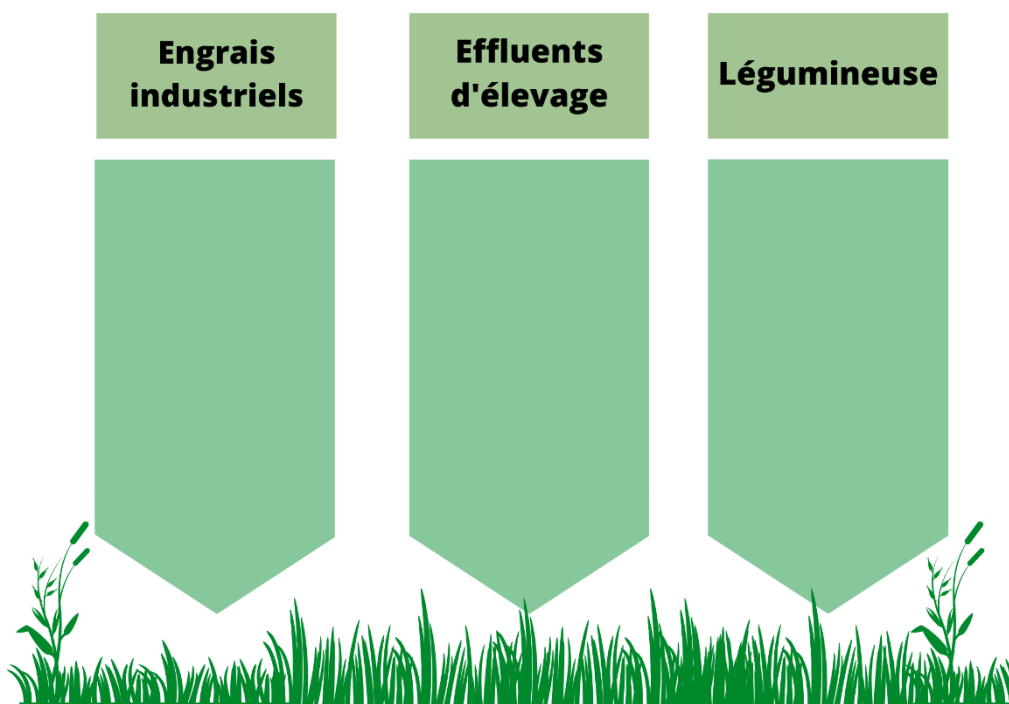
Ce schéma permet de visualiser l'aspect cyclique du recyclage des effluents d'élevage.

Figure-1 : Schéma recyclage des effluents d'élevage.



Cette activité permet aux élèves de découvrir les avantages et inconvénients de trois engrais azotés : les effluents d'élevage, engrais azotés industriels et les légumineuses. Les étiquettes "avantages" et "inconvénients" sont à placer sur le support.

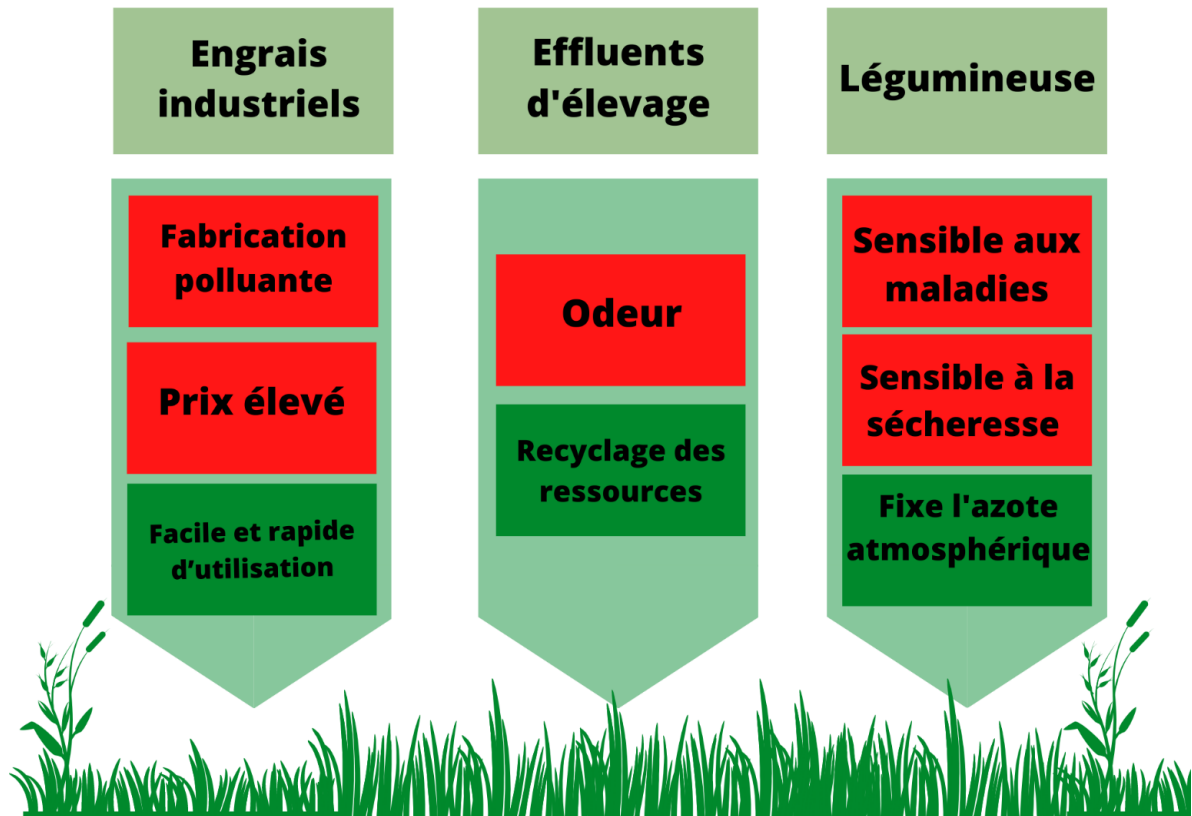
Figure-2 : jeu avantages inconvénients de sources azotées.



Étiquettes

Fabrication polluante	Sensible à la sécheresse
Prix élevé	Facile et rapide d'utilisation
Odeur	Recyclage des ressources
Sensible aux maladies	Fixe l'azote atmosphérique

Correction activité n°2



Conclusion : Cycle de l'azote et Besoins des plantes

Autour de mécanisme



Objectifs pédagogiques

- Tester leur compréhension du cycle de l'azote.
- Restituer les connaissances concernant les légumineuses, la fixation symbiotique, les pollutions liées à l'azote ... apprises durant les ateliers

Déroulement

Chaque demi groupe remplit un cycle de l'azote en se basant sur ce qu'ils viennent de voir lors des ateliers. Les demi groupes se rassemblent ensuite pour comparer leur schéma.

Nous terminons par un quiz général en classe entière permettant aux élèves de se remémorer ce qu'ils viennent de voir tout au long des activités.

ACTIVITE N°1 : Établir le cycle complet de l'azote

Par demi groupe de classes, les élèves doivent remplir les cases manquantes du schéma.

Les deux groupes compareront ensuite leur schéma et échangeront sur leurs différences.



LIEU

Salle avec vidéoprojecteur



CONTACTS

Indiquer Nom et prénom de la personne contact

Indiquer le mail



CONTRAINTES

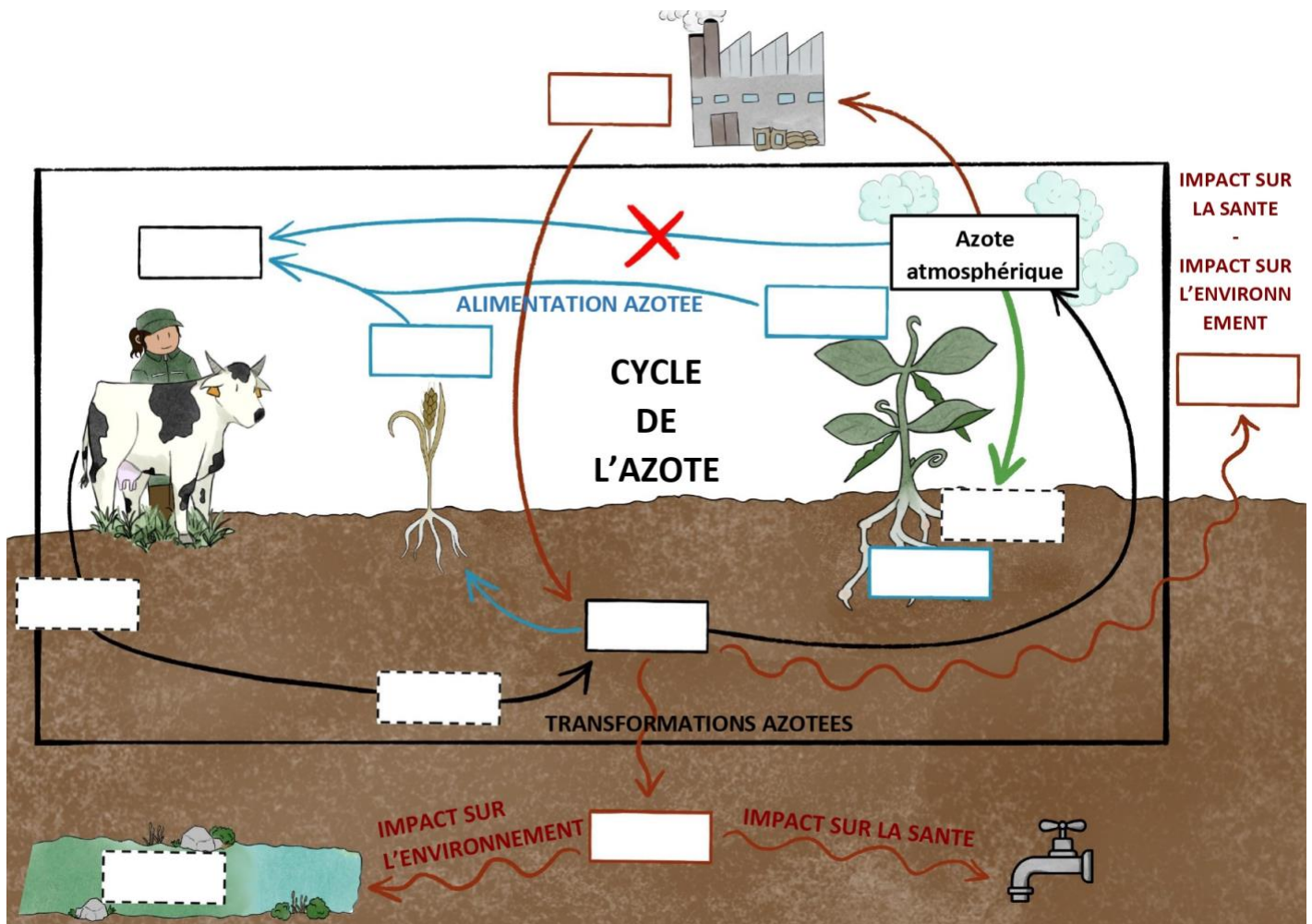
Salle avec vidéoprojecteur

ACTIVITE N°2 : Quiz général

En classe entière, les élèves pourront tester leurs connaissances lors d'un quiz reprenant les différents points de chaque atelier. Les questions seront projetées via un PowerPoint. Elles ont pour but d'approfondir les notions abordées.

Contenus de médiation

Cycle de l'azote



Éléments pour faciliter la compréhension du schéma :

En trait plein **noir** : formes de l'azote (azote organique, azote minéral)

En trait plein **rouge** : éléments déséquilibrant le cycle ou impactant l'environnement (engrais industriel, pollutions par les nitrates, pollutions de l'air)

En trait plein **bleu** : nom des acteurs du cycle (blé, légumineuse, bactéries + nodosités)

En pointillés : nom de processus (décomposition, minéralisation, eutrophisation, fixation symbiotique)

Selon le niveau des élèves, les étiquettes azote organique et azote minéral peuvent être placées au début de l'activité pour les aider.

Correction du Quiz général

Quelles sont les différentes formes d'azotes qui interviennent dans le cycle de l'azote ?

- a. Azote atmosphérique, azote océanique, azote minéral
- b. Azote minéral, azote organique
- c. Azote organique, azote atmosphérique, azote minéral**
- d. Il existe seulement sous la forme d'azote atmosphérique

A quoi sert l'azote ?

- a. A la photosynthèse des plantes
- b. A la croissance des plantes**
- c. A rien
- d. A tuer les parasites des plantes

A quoi servent les légumineuses dans l'agriculture ?

- a. Elles empêchent les vaches de venir dans les champs
- b. Elles enrichissent le sol en azote**
- c. Elles embellissent le paysage
- d. Elles s'adaptent à tous les sols

Elles embellissent le paysage : Cela n'est pas leur rôle premier dans l'agriculture. Cependant, le lupin est une légumineuse dont les fleurs sont très jolies (cf photo diapositive)

Elles s'adaptent à tous les sols : Elles ne s'adaptent pas à tous les sols car la population microbienne (bactéries) varie en fonction des sols et des régions. Par exemple, les pois chiches sont exclusivement cultivés en région Occitanie, notamment en Midi-Pyrénées.



Des haricots secs
Des pois chiches
Des fèves
Des lentilles
Des pois ronds et cassés

©FNLS <http://www.legume-sec.com/regions-de-production/>



Quels sont les êtres vivants qui aident les plantes à fixer l'azote ?

- a. Les vers de terre
- b. Les champignons
- c. Les bactéries**
- d. Les fourmis

Les vers de terre : Les vers de terre n'aident pas les plantes à fixer l'azote. Cependant, ils décomposent la matière organique et assimilent beaucoup d'azote. Cet azote est restitué aux sols quand le ver de terre construit ses galeries

Les bactéries : Les bactéries fixatrices d'azote peuvent transformer l'azote atmosphérique en azote minéral (ammoniac). Les bactéries ammonifiantes transforment l'azote organique (provenant de la matière organique comme l'humus ou les déjections animales) en azote minéral. Les bactéries nitrifiantes permettent d'obtenir du nitrate à partir d'ammonium (dérivé de l'ammoniac).

Qu'est-ce qu'une nodosité ?

- a. Une maladie qui se développe sur la racine
- b. De petits fruits produits par certaines légumineuses
- c. Des petites boules fixées sur les feuilles permettant de capter la lumière
- d. De petites boules sur les racines contenant des bactéries qui fixent l'azote**

Parmi les pollutions suivantes, laquelle n'est pas générée par l'azote ?

- a. Les nitrates dans l'eau
- b. La radioactivité des sols**
- c. Le gaz à effet de serre
- d. Les marées vertes d'algues

Le gaz à effet de serre : Le protoxyde d'azote, notamment dégagé par l'agriculture, participe grandement au réchauffement climatique. En effet, le protoxyde d'azote est 300 fois plus polluant que le CO₂.

La production d'engrais venant de l'industrie est assez polluante. Les méthodes industrielles pour convertir l'azote atmosphérique en minéral sont très demandeuses en énergie.

Nitrate dans l'eau et Les marées vertes d'algues : Étant très soluble, le nitrate va facilement ruisseler dans les cours d'eau jusqu'à la mer ou être lixivié vers les nappes phréatiques. Les rivières se retrouvent enrichies en azote, ce qui va favoriser le développement d'algues aux dépiments des autres espèces. Des algues nitrophiles - qui se développent mieux en présence de grande quantité d'azote - envahissent les baies où se déversent les nitrates dus à l'agriculture intensive.

La radioactivité dans les sols peut être d'origine naturelle ou humaine. En effet, les déchets des centrales nucléaires, qui sont radioactifs, sont souvent enterrés dans le sol et mettent très longtemps à se dégrader. Certains éléments présents dans le sol sont naturellement radioactifs.

Sources :

Illustration : Legume-sec [Internet] EN FRANCE, QUELLES VARIÉTÉS DANS QUELLES RÉGIONS ?

<http://www.legume-sec.com/regions-de-production/> [Consulté le 19/01/2022]

Illustration : Agriculture.gouv [Internet] Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables

<https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/legumineuses-ouvrage-qaae-2015.pdf> [Consulté le 13/01/2022]

MATÉRIEL :

- Vidéo projecteur
- Ordinateur
- Powerpoint
- Pate à fixe

SUPPORTS :

- PowerPoint du Quiz général
- Schéma à compléter du cycle de l'azote + étiquettes à replacer