

**INRAE**

MARIE CHAVE  
VALÉRIE ANGEON  
NICOLAS GIRAUD



## LIVRET PÉDAGOGIQUE

### TABLE DES MATIÈRES

COMMENT IMPRIMER ET ASSEMBLER LES ÉLÉMENTS ?	2
INTRODUCTION	3
Organisation du groupe	4
Avec quel public utiliser MYMYX ?	4
Quels liens aux référentiels de formation ?	4
DÉCOUVRIR LES MYCORHIZES, UN PRÉREQUIS AVANT LE JEU	5
ÉLÉMENTS DE JEU	6
SÉQUENCE DE JEU 1 - PROCESSUS ET PRATIQUES	8
SÉQUENCE DE JEU 2 - FREINS ET LEVIERS	10
SÉQUENCE DE JEU 3 - APPROCHE SYSTÉMIQUE	12
DÉBRIEFING DE FIN DES 3 SÉQUENCES	18
Valorisation/évaluation de la séance	18
CRÉDITS	19
ANNEXES	19

## UN JEU, DEUX VERSIONS !

Cette édition de Mymyx existe sous forme d'une version Print and Play (PnP) et d'une version hybride mêlant des éléments physiques (une boîte, des cartes, un livret pédagogique, 1 dé) et des éléments à imprimer (3 plateaux de jeux).

— Si vous possédez la version hybride, les plateaux à imprimer sont téléchargeables ici : <https://educagri-editions.fr/imprimeretjouer>

— Si vous ne possédez pas cette version, vous pouvez vous la procurer auprès de notre partenaire Educagri éditions ou télécharger puis imprimer l'ensemble des éléments de jeu ici : <https://educagri-editions.fr/imprimeretjouer>

## COMMENT IMPRIMER ET ASSEMBLER LES ÉLÉMENTS ?



Vous aurez besoin d'une paire de ciseaux ou d'un cutter ainsi que d'un tube de colle ou d'un rouleau de scotch.



### — Plateaux Séquences 1 et 2

À imprimer sur une feuille A3 et plastifier pour une meilleure durabilité.

**Impression Recto en Couleurs ou en N&B**



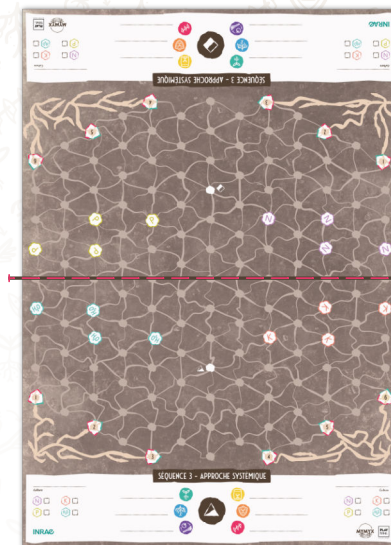
### — Plateau Séquence 3

Constitué de deux feuilles A3 à imprimer et assembler avec un ruban adhésif.

**Impression Recto en Couleurs ou en N&B**

### Assemblage

- Découper les bandes blanches sur les côtés de chaque feuille.
- Assembler les différents éléments en les superposant.
- Coller/scotcher les feuilles entre elles.



### — Étui de carte

- Imprimer sur une feuille A4.
- Découper le long des traits pleins.
- Plier le long des traits pointillés.
- Coller ensemble les languettes marquées du symbole « Cx ».
- Ranger les cartes de jeu dans les 2 étuis.

**Impression Recto en Couleurs ou en N&B**

### — Cartes de jeu

- Imprimer sur feuilles A4 en recto-verso (les pages paires correspondent aux rectos, les pages impaires aux versos).
- Découper chaque carte à l'aide des repères imprimés.

**Impression Recto (fichier « Cartes R PnP ») ou Recto-Verso (fichier « Cartes R&V PnP ») en Couleurs ou en N&B**



## INTRODUCTION

MYMYX® (Mimic Mycorrhizal networks) est un dispositif d'apprentissage de type « jeu sérieux » qui permet le partage de connaissances autour d'interactions clefs de la vie du sol : **les réseaux mycorhiziens**. Les réseaux mycorhiziens associent la majorité des plantes – 80 % des espèces – et certains champignons présents dans la plupart des sols (les champignons mycorhiziens à arbuscules) en constituant des symbioses : **les mycorhizes**. MYMYX a pour objectif d'accompagner la transition agroécologique par le partage de connaissances autour de ce processus, en permettant aux joueurs, non seulement de comprendre ce que sont les mycorhizes et les réseaux mycorhiziens, quels sont leurs rôles, mais aussi de co-construire différentes stratégies (ensemble de pratiques agricoles) pour les valoriser.

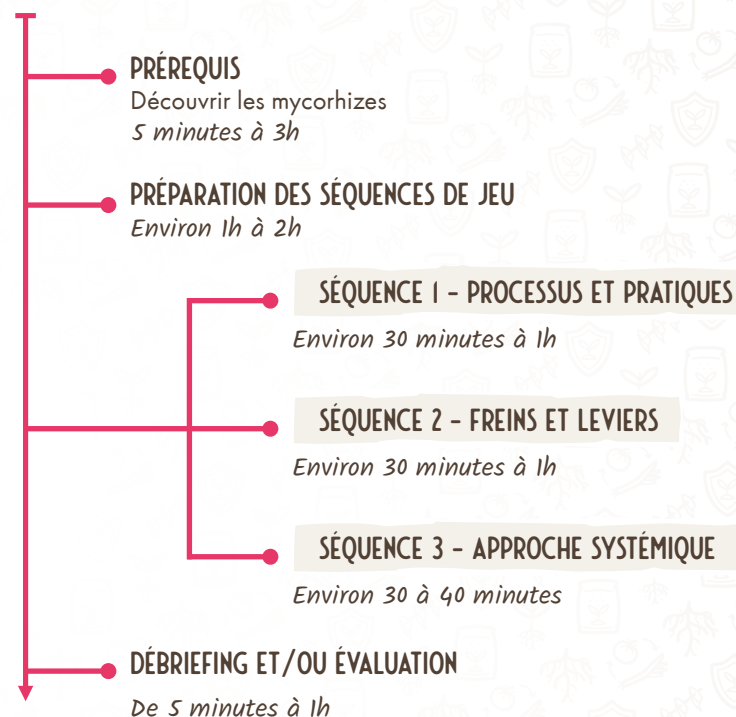
MYMYX a initialement été conçu par deux chercheuses INRAE dans le but de favoriser le partage de connaissances entre agriculteurs autour de la valorisation de la biodiversité du sol, pour la conception de systèmes de culture agroécologiques. Face à l'intérêt que MYMYX a suscité auprès d'acteurs de l'enseignement et de la formation, une version adaptée à leurs activités a été créée.

MYMYX nécessite un temps préalable de découverte des mycorhizes et de leur potentiel pour développer des systèmes de culture agroécologiques. Ensuite, trois séquences de jeu sont proposées, pour permettre la fixation des connaissances théoriques, leur contextualisation par le lien aux pratiques, et la visualisation de la constitution d'un réseau mycorhizien selon l'itinéraire technique proposé. Dans cette progression, la séquence de jeu 2 « Freins et leviers » a un caractère optionnel.



MYMYX n'est pas un outil clef en main à utiliser de manière isolée, il perdrait sinon de sa pertinence. Il est possible de répartir la durée totale en plusieurs séances (voir exemples d'itinéraires pédagogiques, en annexe).

Ce livret pédagogique s'adresse aux enseignants et formateurs, pour vous accompagner dans l'utilisation de MYMYX.



## ORGANISATION DU COLLECTIF

Lors de chacune des 3 séquences de jeu, le collectif est divisé en plusieurs groupes qui jouent simultanément avec l'ensemble du matériel.

## PRÉCONISATION

4 joueurs par groupe. Au maximum : 4 binômes (8 joueurs par groupe).

*Si MYMYX est utilisé comme une activité de découverte, sans avoir l'objectif de développer des raisonnements approfondis, le nombre de joueurs par groupe peut être plus important.*

Les séquences de jeu requièrent un animateur par groupe. **Les animateurs peuvent être des enseignants, des formateurs ou des apprenants qui auraient été préalablement formés.**

Dans la suite de ce livret pédagogique, nous prenons l'exemple d'un groupe constitué de 4 joueurs.

## AVEC QUEL PUBLIC UTILISER MYMYX ?

MYMYX est un outil qui permet une flexibilité d'objectifs et d'utilisation. Ainsi, MYMYX est utilisé en lycée, mais aussi en Brevet professionnel, BTS, Licence et Master. Il est également utilisé pour former des conseillers ou des agriculteurs.

Le degré de précision demandé dans l'argumentation, le niveau de technicité abordé, le niveau de complexité pris en compte pour contextualiser les pratiques agricoles... sont des éléments adaptables selon le public d'apprenants. Par ailleurs, les cartes proposées dans les séquences de jeu peuvent aussi être adaptées, en utilisant les cartes vierges « Vos Idées » sur lesquelles écrire de nouvelles pratiques, en s'inspirant au besoin des idées proposées dans le guide des pratiques (annexe 5).

## QUELS LIENS AUX RÉFÉRENTIELS DE FORMATION ?

Ci-après, des exemples de formation et les modules des référentiels dans lesquels MYMYX peut s'inscrire (version 2022).

Des exemples d'itinéraires pédagogiques construits par des enseignants mobilisant MYMYX vous sont proposés en annexe 1.

## BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

**Bac technologique Sciences et technologies de l'agronomie et du vivant (STAV)**

— *S1 Gestion des ressources et de l'alimentation*

objectif 2- Se représenter l'agroécosystème comme un système géré par l'homme dans lequel la mobilisation des ressources naturelles est un enjeu.

— *S3-4 Technologie Domaine technologique : services/Territoire et technologie*  
**Domaine technologique : transformation**

objectif 2- Identifier la diversité des réponses techniques en lien avec le contexte ;  
objectif 3- Mettre en évidence les logiques et les déterminants de choix techniques.

## Thématiques de pluridisciplinarité

— *T1 Gestion des ressources naturelles et de l'alimentation dans la société contemporaine*

— *T3 Activité ou processus techniques et enjeux sociétaux* (en lien avec le domaine technologique)

## BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

**Bac professionnel Conduite et gestion de l'entreprise agricole (CGEA)**

— *MP4 Gestion durable des ressources et agroécosystème*

## BREVET PROFESSIONNEL (BP)

**Brevet professionnel option Responsable d'entreprise agricole (BP REA)**

— *Capacité 3 Conduire le processus de production dans l'agroécosystème*

*Exemple : cf. fiche itinéraire pédagogique page 22.*

## BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AGRICOLE (BTSA)

**BTS Agronomie, Productions Végétales (APV)**

— *MS3 Climat, sol*

— *MS4 Biologie et physiologie du végétal*

— *MS5 Régulations bioécologiques au sein de l'agroécosystème*

— *MS8 Itinéraires techniques*

— *MS9 Systèmes de culture ou système semencier.*

*Exemple : cf. fiche itinéraire pédagogique page 21*

## BTS Analyse, conduite et stratégie de l'entreprise agricole (ACSE)

— *MS7 Fonctionnement d'un agroécosystème*

— *MS8 Conduite de systèmes biotechniques*

— *MS9 Construction d'un système biotechnique innovant*











## DÉCOUVRIR LES MYCORHIZES. UN PRÉREQUIS AVANT LE JEU

Avant de jouer, il est nécessaire de consacrer un temps à l'introduction des connaissances autour de la symbiose mycorhizienne, à partir de ressources et d'activités de votre choix.

Certains formateurs consacrent un cours pour aborder ces connaissances, avec un diaporama ou le visionnage d'un film, d'autres utilisent ce temps introductif pour entraîner les apprenants à la recherche et synthèse bibliographique, d'autres encore abordent la thématique à l'occasion d'une visite de terrain (exploitation du lycée, ...), de travaux pratiques (coloration de racines) ou en début de séance à l'aide d'un quizz.

En résumé, la manière d'aborder ces connaissances peut dépendre de vos objectifs pédagogiques, de vos contraintes, de vos envies et des activités pédagogiques avec lesquelles vous êtes à l'aise.

Une diversité de ressources et d'activités peut ainsi être mobilisée, en voici une liste non exhaustive :

-  Un cours « *magistral* »
-  Une lecture d'articles en groupe, avec la création de cartes mentales mettant en avant les éléments à retenir (ex : que sont les mycorhizes ? quels services apporte la symbiose ? quelles plantes sont capables de mycorhizer ? quelles pratiques impactent la mycorhization ?)
-  Une synthèse bibliographique
-  Un TP de coloration et/ou observation de racines mycorhizées prélevées par les étudiants
-  Le visionnage de films/vidéos
-  Une visite de terrain
-  Un quizz
-  Des fiches techniques (cf. références page 49)
- ...

Le temps consacré à cette phase introductive peut donc varier selon l'activité choisie.

Pour vous donner quelques pistes, **une liste de ressources vidéos et bibliographiques** (articles techniques, principalement) vous est proposée en téléchargement à cette adresse : <https://educagri-editions.fr/imprimeretjouer>.

À la même adresse, nous mettons à votre disposition un quizz de 5 questions qui permet d'évaluer le niveau de connaissances initiales des apprenants sur les mycorhizes et peut être mobilisé dans ce temps d'introduction. Le quizz comporte des questions relatives aux services rendus par la symbiose mycorhizienne, ainsi qu'aux pratiques agricoles les favorisant. La durée estimée pour la réalisation et correction du quizz est de 30 à 45 minutes.



### Conseils si vous utilisez un quizz

Pour mettre en œuvre un quizz, vous pouvez collecter les réponses des apprenants sur des morceaux de papier, et les compiler dans un tableur pour obtenir le pourcentage de bonnes réponses.

Vous pouvez sinon utiliser l'outil gratuit Plickers

(<https://get.plickers.com>), qui permet, avec un quizz créé en ligne, des cartons de vote et une application pour téléphone, de compiler automatiquement les réponses de la classe.

De nombreux tutoriels d'utilisation sont disponibles en ligne. Attention toutefois : avec cet outil, très pratique, il est nécessaire d'adapter le quizz pour qu'il soit à réponse unique et non pas multiples, et que chaque question ne propose que 4 réponses possibles.

Que les réponses soient compilées manuellement grâce au tableur ou automatiquement avec l'application Plickers, l'animateur les explique aux apprenants.

Ainsi, pour chacune des réponses fournies, l'apprenant peut, sans en faire part aux autres, évaluer et rectifier son propre niveau de connaissances.

## ÉLÉMENTS DE JEU

### LES CARTES

Si vous jouez avec la version PnP : imprimez puis découpez les cartes téléchargeables ici : <https://educagri-editions.fr/imprimeretjouer>

Il existe trois types de cartes :



#### — 8 cartes MYMYX

Ces cartes contiennent des réponses, vraies et fausses, à la question 1 « A quoi servent les mycorhizes ? ». Ces cartes ne sont utilisées que dans la séquence 1.



#### — Les cartes « Vos idées » :

Ces cartes vierges permettent aux joueurs d'ajouter de nouvelles cartes au jeu. Les animateurs peuvent aussi s'en servir pour compléter le jeu, si besoin à partir d'idées fournies dans le guide des pratiques (page 27).

#### Note

Pensez à nettoyer les cartes après chaque utilisation

#### — 17 cartes de pratiques agricoles

Les pratiques agricoles sont réparties en six familles : **Matériel végétal**, **Mycorhizes**, **Rotation – Association**, **Travail du sol**, **Fertilisation**, **Protection**. Chaque famille est différenciée par un nom, une couleur et un pictogramme.



MATÉRIEL VÉGÉTAL



FERTILISATION



MULTIPLICATION ET/OU  
INTRODUCTION DE MYCORHIZES



PROTECTION



ROTATION - ASSOCIATION



TRAVAIL DU SOL

Pictogramme  
de la famille

Nom de la famille à laquelle  
appartient la pratique

Code d'identification  
de la carte





Pour la séquence 1, le numéro  
inscrit sur la carte (1, 2 ou 3)  
permet de savoir pour quelle  
question la carte peut être  
utilisée.



Description  
de la pratique

Pictogramme d'identification du joueur.  
Pour faciliter le rangement des cartes par paquet.

#### Note

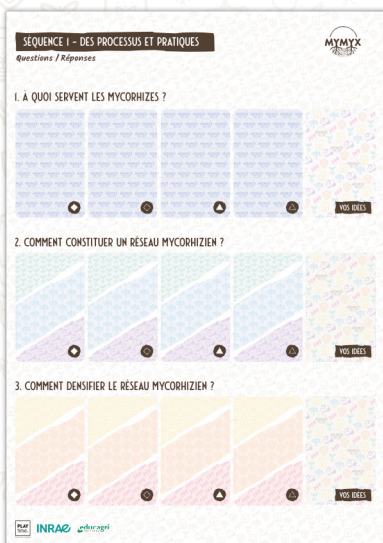
Les cartes MYMYX et pratiques agricoles forment un paquet de 25 cartes nommé « paquet complet » dans ce livret. En début de séquence, les 4 paquets complets doivent être triés en fonction des 4 pictogrammes de joueur : , , , .



## LES PLATEAUX DE JEU

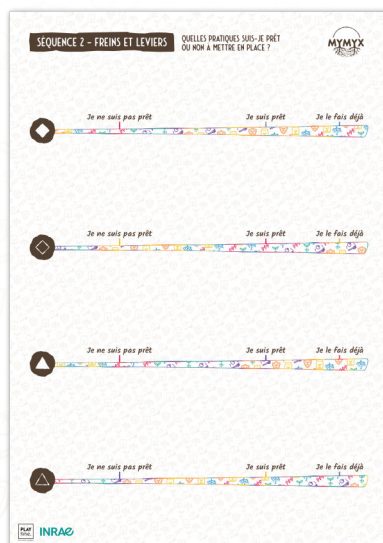
Pour jouer, vous devez télécharger l'ensemble de ces plateaux à cette adresse : <https://educagri-editions.fr/imprimeretjouer> puis les imprimer.

Trois plateaux sont proposés, pour les trois séquences de jeu :



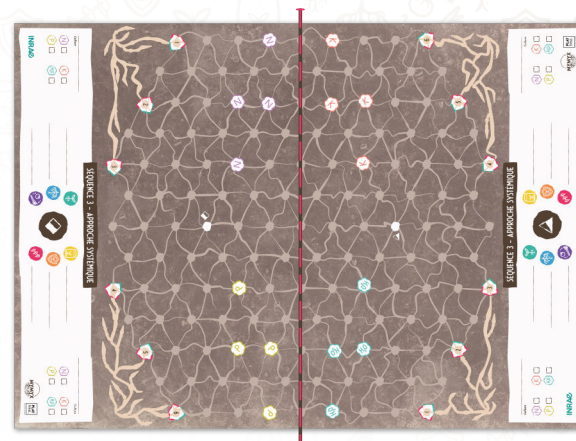
### — Plateau n°1

À imprimer sur une feuille A3 et plastifier pour une meilleure durabilité.  
Ce support est celui de la première séquence de jeu, sur le lien entre les processus et les pratiques agricoles.



### — Plateau n°2

À imprimer sur une feuille A3 et plastifier pour une meilleure durabilité.  
Ce support est celui de la deuxième séquence de jeu, sur les freins et leviers à la mise en œuvre des pratiques.



### — Plateau n°3

Constitué de deux feuilles A3 à imprimer et assembler avec un ruban adhésif.  
Ce support est celui de la troisième séquence de jeu, permettant une approche systémique et la visualisation du réseau mycorhizien.

## MATÉRIEL SUPPLÉMENTAIRE NÉCESSAIRE POUR LA SÉQUENCE 3

— Un dé 6 faces

— Le guide des pratiques

Reproduit page 27 de ce livret ; est nécessaire pour l'animation de la troisième séquence de jeu.

— 4 marqueurs et 1 stylo

1 noir, 1 bleu, 1 rouge et 1 vert.

Si vous décidez de plastifier les plateaux, utilisez des marqueurs effaçables noirs, bleus, rouges et verts !

### Option

à la place du noir, un marqueur blanc (craie liquide) effaçable peut aussi être utilisé pour représenter le réseau mycorhizien avec un meilleur réalisme.



Si vous jouez avec la version PnP : pour animer la séquence 3, il est recommandé d'imprimer le guide des pratiques (page 27).



## SÉQUENCE DE JEU 1 - PROCESSUS ET PRATIQUES

### OBJECTIFS DU JEU

- Ancrer les connaissances sur la symbiose mycorhizienne et les services écosystémiques rendus.
- Argumenter autour des pratiques agricoles qui permettent de favoriser le réseau mycorhizien.

### DURÉE ESTIMÉE

30 minutes à 1h.

### ORGANISATION DU GROUPE

Pour ce jeu, les joueurs jouent individuellement (ou en binômes si le groupe est constitué de plus de 4 joueurs).

### MATÉRIEL

Plateau A3 « Séquence 1 », 4 jeux de cartes complets triés par pictogramme joueur (cartes MYMYX et cartes de pratiques agricoles), ainsi que les cartes « Vos idées » qui peuvent être utilisées par tous les joueurs.

### MATÉRIEL OPTIONNEL

Un marqueur effaçable pour écrire de nouvelles propositions sur les cartes « Vos idées ».

## PRINCIPE DU JEU

Les quatre joueurs sont rassemblés autour du plateau comportant trois questions :

#### — Question 1 : À quoi servent les mycorhizes ?

Il s'agit de fixer les connaissances sur les services écosystémiques rendus par la symbiose mycorhizienne.

#### — Question 2 : Comment constituer un réseau mycorhizien ?

On se focalise sur l'établissement de la symbiose. Il s'agit de questionner les pratiques qui favorisent l'interaction entre les plantes et les spores de champignons dans le sol.

#### — Question 3 : Comment densifier le réseau mycorhizien ?

Cette question fait référence aux manières de favoriser la densification, l'expansion du réseau mycorhizien, une fois la symbiose établie.

Chaque joueur dispose d'un jeu de cartes complet. Ces cartes seront utilisées pour répondre aux questions, de la manière suivante :

#### — Pour répondre à la question 1

Les joueurs choisissent parmi les cartes MYMYX.

#### — Pour répondre à la question 2

Les joueurs disposent des cartes turquoise, violettes et bleues correspondant aux familles de pratiques *Matériel végétal*, *Rotation-association*, et *Mycorhizes* et dont le code d'identification **2.X.** commence par le chiffre 2.

#### — Pour répondre à la question 3

Les joueurs choisissent parmi les cartes jaunes, oranges et roses correspondant aux familles de pratiques *Fertilisation*, *Protection*, et *Travail du sol* et dont le code d'identification **3.X.** commence par le chiffre 3.

## DÉROULÉ DU JEU

Pour chacune des 3 questions :

### TEMPS 1 : RÉFLEXION INDIVIDUELLE

- Choix de 4 cartes pour répondre à la question 1 parmi les cartes MYMYX.
- Choix de 4 cartes pour répondre à la question 2 parmi les cartes turquoise, violettes et bleues.
- Choix de 4 cartes pour répondre à la question 3 parmi les cartes jaunes, oranges et roses.

### TEMPS 2 : ÉCHANGE ET ARGUMENTATION AVEC LES AUTRES JOUEURS.

- Après le temps de réflexion individuelle, l'animateur annonce le début du temps d'échange et procède question par question.
  - Il demande d'abord au joueur 1 de présenter une carte parmi les 4 cartes qu'il a choisies en réponse à la question. Le joueur doit alors explicitement argumenter son choix.
  - Ce choix est ensuite discuté avec les autres joueurs.
  - Si la carte est collectivement validée, alors elle est posée sur l'emplacement du plateau dédié au joueur, c'est à dire correspondant à son pictogramme joueur, sous la question 1 dans un premier temps. Les joueurs 2, 3 et 4 reproduisent le même procédé, tour à tour.
- Ainsi, quand tous les joueurs ont posé une carte en argumentant leur choix, 4 cartes sont posées sur le plateau sous la question 1.



L'animateur incite alors les joueurs à proposer de nouvelles idées, qui seront écrites sur les cartes vierges « Vos Idées » et posées en complément sur le plateau. Ces deux temps sont répétés pour les questions 2 et 3, successivement.

#### Note

*Les cartes MYMYX sur les services écosystémiques rendus par les mycorhizes contiennent volontairement quelques réponses fausses. De même, certains choix de pratiques agricoles ne sont pas justifiables pour répondre aux questions 2 et 3 posées.*

*Pour chacune des 3 questions, il y a plus de 4 bonnes réponses.*

Des éléments d'argumentation pour chaque carte sont donnés en annexe 3, en support pour l'animateur.

**Échange et argumentation sont les maîtres mots pour cette séquence !**

#### Exemple



#### Option - idée de valorisation de la séquence

L'animateur peut prendre en photo le plateau, complété avec les cartes qui ont été posées. À partir de la photo du plateau complété, les apprenants peuvent rédiger après la séance un compte-rendu des choix qu'ils ont faits, et des éléments d'argumentation. Cela peut en particulier être intéressant pour les questions 2 et 3 qui nécessitent de mobiliser les cartes de pratiques agricoles.

— « Pourquoi avez-vous choisi la carte Réduire la fertilisation phosphorée pour répondre à la question 3 ? »

— « Comment justifier cela vis-à-vis de la densification du réseau mycorhizien ? »

## SÉQUENCE DE JEU 2 - FREINS ET LEVIERS

### OBJECTIFS DU JEU

Contextualiser les pratiques agricoles et appréhender l'existence de freins agronomiques, sociaux, économiques... à leur mise en œuvre. Se positionner et argumenter le choix de pratiques. Explorer des idées de leviers agronomiques, économiques...

### DURÉE ESTIMÉE

30 minutes à 1h.

### ORGANISATION DU GROUPE

Comme pour la séquence 1, les joueurs jouent individuellement (ou en binômes si le groupe est constitué de plus de 4 joueurs).

Le plateau présente quatre lignes, quatre gradients. Chaque gradient du plateau est donc attribué à un joueur (ou binôme si plus de 4 joueurs).

### MATÉRIEL

Plateau A3 « Séquence 2 », 4 jeux de cartes composés uniquement des 17 cartes pratiques agricoles. Les cartes MYMYX ne sont pas utilisées pour cette séquence.

### PRINCIPE DU JEU

Après avoir réfléchi aux pratiques favorables aux réseaux mycorhiziens lors de la séquence de jeu précédente, cette séquence amène les apprenants à se positionner vis-à-vis de ces pratiques selon qu'ils seraient prêts ou non à choisir de les mettre en œuvre.

Pour cela, ils doivent positionner les cartes de pratiques agricoles sur un gradient à trois paliers : « Je ne suis pas prêt » à mettre en place cette pratique, « Je suis prêt » à mettre en place cette pratique, et finalement « Je le fais déjà », lorsque la pratique est déjà mise en place.

Les apprenants, en argumentant, identifient des freins et des leviers à la mise en œuvre des pratiques agricoles, par une contextualisation de celles-ci.

## DÉROULÉ DU JEU

La distinction des cartes de pratiques agricoles en deux groupes, utilisée lors de la séquence précédente (questions 2 et 3), est conservée. Chaque joueur dispose d'un jeu de 17 cartes *Pratiques agricoles*.

### PREMIÈRE PARTIE

Les joueurs reprennent d'abord les cartes *Matériel végétal*, *Mycorhizes* et *Rotation* - *Association* (code d'identification **2.X.** commençant par le chiffre 2).

Le premier joueur positionne sur le premier gradient du plateau toutes les cartes cohérentes avec le contexte dans lequel il se place. En positionnant chaque carte sur le gradient, **il argumente brièvement son choix** (« *Je ne suis pas prêt à réduire la fertilisation azotée car...* »). Les autres joueurs peuvent réagir et contre argumenter. Le second joueur fait de même sur le deuxième gradient, puis le troisième et le quatrième joueur sur les troisième et quatrième gradients du plateau.

L'animateur pourra inciter à ne pas se focaliser que sur de possibles freins agronomiques à la mise en place de certaines pratiques, pour révéler aussi l'existence de freins économiques, sociaux, environnementaux...

L'animateur peut aussi questionner les choix de placement sur le gradient en amenant la notion de temporalité : « *À quelle échéance envisageriez-vous de mettre cette pratique en place ? 1 an ? 10 ans ?* ».

### DEUXIÈME PARTIE

Ensuite, les joueurs prennent les cartes des catégories *Travail du sol*, *Protection* et *Fertilisation* (code d'identification **3.X.** commençant par le chiffre 3).

La même démarche que dans la première partie est réalisée avec ces nouvelles cartes.

#### Option

En fin de première et deuxième parties, une fois le plateau entièrement complété par tous les joueurs, une photo peut être prise de celui-ci, avant de retirer les cartes placées. Il est également possible d'imprimer une 2ème fois le plateau n°2 pour conserver le plateau complété.



#### Conseil à l'animateur

Veiller à maintenir un climat de bienveillance, de parole libre. Avec des apprenants aux profils proches du milieu agricole, la séquence peut soulever des débats ou des oppositions fortes sur certains sujets de controverse (labour, ...)

Adapter la séquence au niveau de connaissances des apprenants sur le milieu agricole et les pratiques.

### VARIANTES

Pour contextualiser les choix à faire et faciliter la projection des apprenants, un jeu de rôle peut être introduit lors de cette séquence 2. En effet, cette séquence est d'autant plus intéressante quand les apprenants sont placés dans un contexte, dans lequel ils doivent faire et justifier leurs choix de pratiques agricoles (en agroécologie, il n'y a pas de recette toute faite, de bonne ou de mauvaise réponse, tout choix peut s'argumenter dans un contexte donné). Le niveau de contextualisation dépend du niveau des apprenants, du temps disponible... Les exemples suivants ont pour but de vous aider à vous représenter comment contextualiser et de vous faire gagner du temps dans la préparation de vos propres séances.

#### VARIANTE 1 : JEU DE RÔLE AGRICULTEUR

L'animateur peut utiliser des cartes de profils d'agriculteurs, dont une trame est proposée dans le présent livret (annexe 4). Ces cartes de profils d'agriculteurs sont ensuite attribuées aux joueurs.

Ainsi, les joueurs doivent se positionner et argumenter vis-à-vis des pratiques agricoles, en incarnant un agriculteur et la situation dans laquelle il se trouve. Ces profils d'exploitation et d'exploitant peuvent être fictifs, ou inspirés de situations réelles telles que celle de l'exploitation de l'établissement, ou de l'exploitation où est réalisé le stage...

(voir exemples après).



### — Exemple 1

#### Niveau

2<sup>nd</sup>e générale, option EATDD

#### Nombre d'élèves dans la classe

26

#### Nombre d'élèves par groupe

13.

#### Profil des élèves

Faible proximité avec le milieu agricole.

Pour cette séquence de jeu, l'animateur choisit de n'utiliser qu'un seul jeu de cartes pour tout le groupe, au lieu des quatre jeux de cartes habituellement utilisés. Il répartit tout de même le groupe de 13 en quatre sous-groupes et distribue à chacun d'entre eux une enveloppe préparée avant la séance.

Sur cette enveloppe sont écrits quelques éléments de contexte, simples.

Par exemple : « Maraichage Bio, 8ha. Salade, Tomates, Pommes de terre », « Grandes cultures, Conventionnel, 200ha. Céréales, Luzerne, Betteraves, Colza », « Exploitation élevage 100% herbe, 80ha. Prairies naturelles » et « Grandes cultures, Bio, 200ha. Céréales, Luzerne ».

L'animateur répartit les cartes de pratiques agricoles dans ces enveloppes.

Par exemple, dans l'enveloppe de Maraichage bio se trouvent les cartes « Pratiquer la solarisation », « Cultiver des alliées », « Introduire des fertilisants à base de racines mycorhizées du commerce », « Faire des rotations de plantes à mycorhizes ».

Chaque enveloppe contient ainsi 4 à 5 cartes. Les sous-groupes ne positionnent donc sur les gradients du plateau que les cartes de leur enveloppe, et pas l'ensemble des cartes du jeu. Ils doivent argumenter leurs choix de positionnement sur le gradient, en s'imaginant dans le contexte qui leur est assigné sur l'enveloppe.

Cette version de la séquence est plus rapide que celle initialement proposée (car chaque sous-groupe ne pose et n'argumente que quelques cartes). Elle permet de mobiliser un nombre important d'élèves autour de pratiques nécessitant des explications par l'animateur et sur lesquelles ils peuvent avoir des difficultés à se projeter.

### — Exemple 2

Cet exemple a été imaginé par deux enseignantes (Candice Lachambre et Elodie Brebant lors d'une formation MYMYX à la Bergerie Nationale) mais n'a pas encore été éprouvé.

#### Niveau

BTSA ACSE 1<sup>ère</sup> année

#### Profil des élèves

Proximité forte avec le milieu agricole

Le stage en exploitation a une importance forte dans les examens au cours de cette formation. La contextualisation se ferait donc en lien avec l'exploitation où l'élève réalise son stage. La séance MYMYX interviendrait après la réalisation des premières semaines de stage, pendant lesquelles l'élève pourrait recueillir les informations dont il a besoin (à l'aide, par exemple, d'une grille proposée par l'animateur) :

— Contexte pédologique/environnemental : type de sol, signes visibles d'érosion, activité biologique...

— Connaissances de l'exploitant vis-à-vis des mycorhizes, des services écosystémiques rendus, des cultures capables ou non de mycorhizer ...

— Pratiques utilisées, en lien avec celles décrites sur les cartes du jeu MYMYX (quelles espèces cultivées, association ou rotation, pratiques de travail du sol, de fertilisation, de protection des cultures...)

Au cours de cette séquence, l'élève peut ainsi se placer dans le contexte de l'exploitation où il réalise son stage et jouer le rôle de l'exploitant.

Les enseignantes qui ont pensé cette version ont proposé que MYMYX soit mobilisé dans la construction du dossier de stage que l'élève doit produire, pour développer son esprit critique, et favoriser la discussion avec le maître de stage sur les choix faits...

### VARIANTE 2 : JEU DE RÔLE CONSEILLER AGRICOLE

La contextualisation peut être réalisée en proposant des profils d'agriculteurs, comme présenté ci-dessus. Elle peut aussi être amenée en proposant aux apprenants (tout ou partie du groupe) de se mettre en position de conseiller agricole

« Je suis prêt à conseiller cette pratique » ; « Je ne suis pas prêt à conseiller cette pratique », etc.

## SÉQUENCE DE JEU 3 - APPROCHE SYSTÉMIQUE

### OBJECTIFS DU JEU

- Concevoir un système de culture
- Visualiser l'effet des pratiques agricoles sur les réseaux mycorhiziens
- Visualiser les services écosystémiques fournis par la mycorhization : biofertilisation, bioprotection.

### DURÉE ESTIMÉE

30 à 40 minutes.

### ORGANISATION DU GROUPE

Former deux équipes autour du plateau. Chaque équipe est donc constituée de 2 à 4 joueurs.

### MATÉRIEL

- Plateau « Séquence 3 »
- Principales règles du jeu résumées page 29 (à imprimer pour les joueurs)
- Guide des pratiques en annexe 5 (pour l'animateur uniquement)
- 2 jeux de 17 cartes chacun (cartes de *Pratiques agricoles* uniquement, sans les cartes MYMYX + cartes « Vos idées »)

### *Si vous jouer avec la version PnP*

Imprimez puis découpez les cartes téléchargeables ici (<https://educagri-editions.fr/imprimeretjouer>)

- 1 dé 6 faces
- 4 marqueurs effaçables (1 noir, 1 bleu, 1 vert et 1 rouge) **ou** 4 marqueurs permanents si le plateau n'est pas plastifié.
- 1 liste de cultures prédéfinie par l'animateur avant la séance de jeu. Il est fortement recommandé que cette liste, parmi laquelle les apprenants auront à choisir les espèces qu'ils cultivent, contienne des cultures qui ne mycorhizent pas (des brassicacées et des chénopodiacées). Ainsi, les apprenants doivent choisir leurs cultures en remobilisant des connaissances sur les familles de plantes capables ou non de mycorhizer.

### *Exemple de liste de cultures en maraîchage*

tomate, poireau, oignon, carotte, navet, épinard, melon, radis, aubergine, poivron, choux, courge

### *Exemple de liste en grandes cultures*

blé, colza, pois, betterave, orge, lin, moutarde, maïs, soja

### PRINCIPE DU JEU

Le plateau de jeu représente un sol sur lequel un réseau mycorhizien est pré-dessiné. Les deux équipes de joueurs, de part et d'autre du plateau, disposent de 2 cultures et de leurs systèmes racinaires. Chaque culture dispose de 3 racines, soit 6 racines par équipe, numérotées de 1 à 6.

4 types de ressources essentielles à la nutrition des plantes et présentes dans le sol, sont représentées sur le plateau de jeu : Eau (H<sub>2</sub>O) ; Azote (N) ; Phosphore (P) et Potassium (K).

Chaque équipe dispose, de son côté du plateau, d'une spore de champignon mycorhizien naturellement présente dans le sol à partir de laquelle elle pourra développer son réseau.

L'objectif du jeu est de concevoir un système de culture (choix des cultures et ensemble de pratiques culturales) permettant de remporter des filaments mycorhiziens (qui seront dessinés sur le plateau de jeu) pour accéder le plus rapidement aux 4 types de ressources du sol. Ces ressources sont donc accessibles uniquement via la création et le maintien d'un réseau construit par des filaments mycorhiziens à partir des racines. Ce réseau devra par ailleurs résister aux attaques de bio-agresseurs !

**L'équipe gagnante est la première qui relie une ressource de chaque type (N, P, K, H<sub>2</sub>O) à chacune de ses deux cultures.**

La construction de stratégies à partir des cartes de *Pratiques agricoles* permet de développer une approche systémique et de contextualiser les leviers par une remobilisation des connaissances.



## MISE EN PLACE

Les deux équipes se positionnent de part et d'autre du plateau de jeu, face au symbole de leur équipe (Triangle ▲ composée des joueurs ▲ et ▲ ou Losange ◆ composée des joueurs ◆ et ◆).

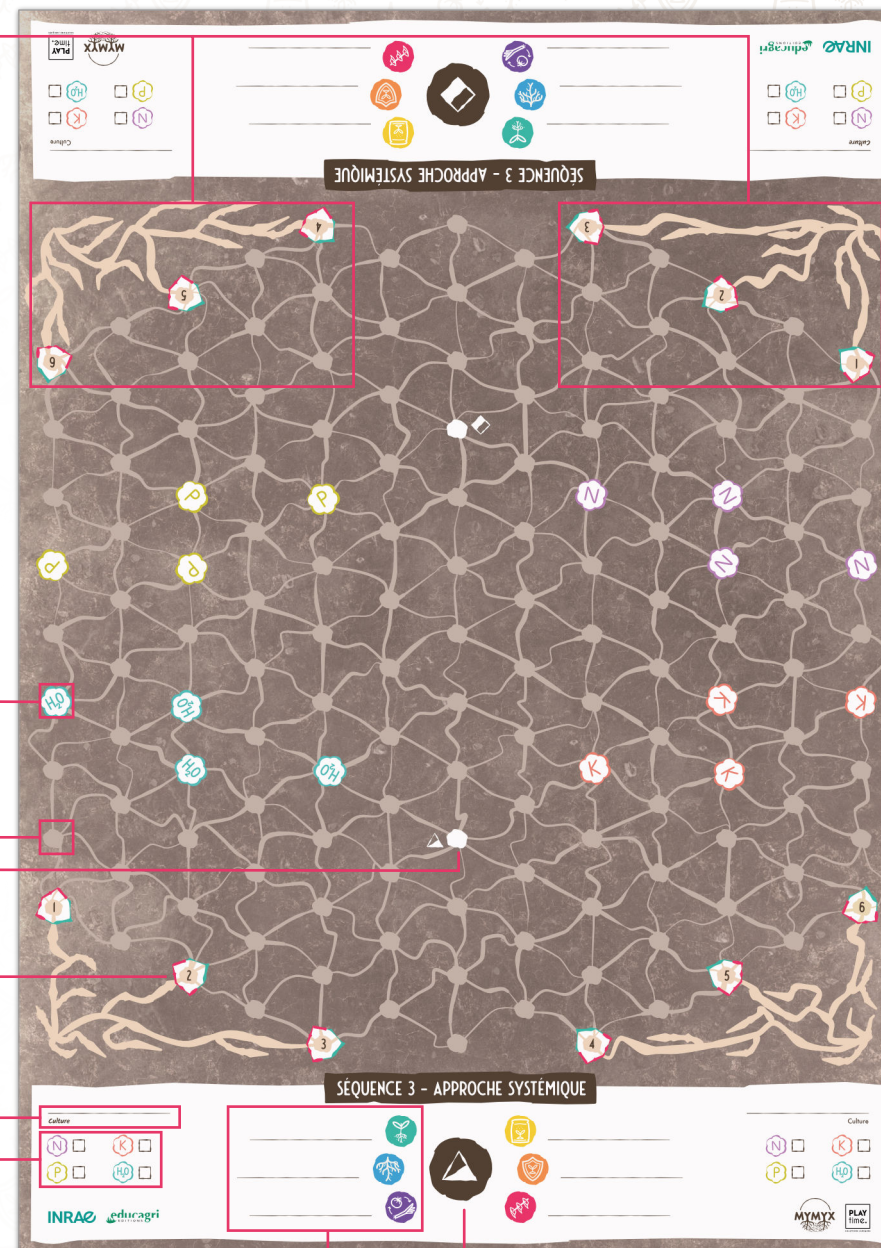
Chaque équipe dispose ainsi des 2 systèmes racinaires situés de son côté du plateau (dont les racines sont numérotées de 1 à 6) et d'une spore initiale de champignon mycorhizien dans le sol.

L'animateur leur présente le plateau et les ressources (N, P, K, H<sub>2</sub>O) du sol.

L'animateur présente les règles de base du jeu puis remet à chaque équipe un paquet de 17 cartes pratiques agricoles (éventuellement augmenté de cartes « Vos idées »). Il place les stylos/marqueurs et le dé à côté du plateau de jeu et garde en main le document « Guide des pratiques ».

Pour commencer, les deux équipes jettent un dé. L'équipe obtenant le plus grand score, la « première équipe », est la première à jouer.

- Système racinaire de l'équipe ◆
- Case ressource
- Case vierge
- Spore initiale de l'équipe ▲
- Case extrémité
- Nom de la culture à remplir
- Ressource collectée à cocher
- Nom de la carte Pratique agricole jouée à remplir
- Symbole de l'équipe





## TOUR 1 : DÉFINITION DE LA STRATÉGIE

Lors de ce tour particulier, les équipes commencent par **définir chacune leur stratégie**, c'est-à-dire le système de culture comprenant l'ensemble des pratiques culturales.

### 1 - CHOIX DES CULTURES

L'animateur présente aux joueurs sa liste de cultures (cf. Matériel page 12).

Après concertation et en commençant par la « première équipe », chaque équipe indique un choix de deux cultures :

- Pour chaque culture choisie étant capable d'établir la symbiose mycorhizienne, l'animateur octroie 2 filaments à l'équipe concernée. Si les deux cultures choisies peuvent mycorhizer, cela fait donc 4 filaments.
- Si une culture choisie n'est pas capable d'établir la symbiose (brassicacée ou chénopodiacée), l'équipe qui l'a choisie doit remplacer cette culture par une autre (capable d'établir la symbiose mycorhizienne) mais ne remporte pas de filaments pour cette nouvelle culture.

Les équipes écrivent le nom de leurs 2 cultures à l'emplacement prévu sous leurs systèmes racinaires respectifs.

Les filaments remportés sont immédiatement dessinés sur le plateau par les équipes concernées en suivant **les règles de dessin des filaments** décrites page 15.

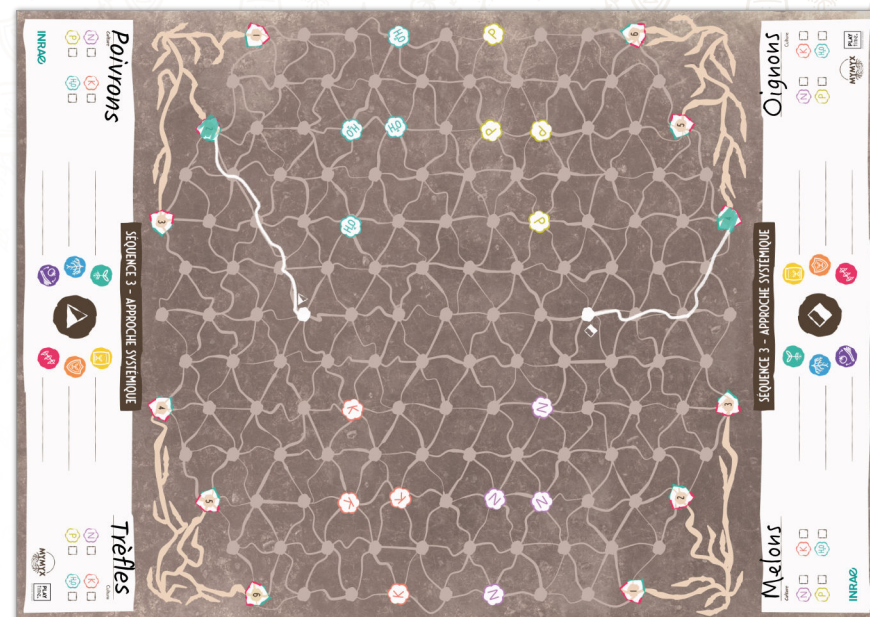
### 2 - CHOIX DES PRATIQUES CULTURALES

Chaque équipe choisit **une unique carte** dans chaque famille de pratique agricole : une carte parmi les 3 cartes Travail du sol, une carte parmi les 4 cartes Fertilisation, une carte parmi les 3 cartes Matériel végétal, etc. Les cartes non choisies sont écartées définitivement du jeu.

#### Note

Les cartes « Vos idées » peuvent être créées et ajoutées à ce moment du jeu, en remplacement d'une carte pratique agricole. Lorsqu'une carte « Vos idées » est proposée, elle permet d'obtenir un filament supplémentaire.

Ainsi, les équipes terminent le tour 1 avec chacune 6 cartes en main (une de chaque couleur).



#### Exemple

Plateau suite à la mise en place et au tour 1

## TOUR 2 À 7 : DÉCLINAISON DE LA STRATÉGIE

Au cours des tours suivants, les équipes déclinent leurs stratégies et en fonction de la pertinence de leurs choix, **l'animateur leur octroiera plus ou moins de filaments**. Au début de chaque tour, chaque équipe, en commençant par la « première équipe » joue une carte de pratique agricole, en la présentant à l'animateur et aux autres joueurs. Le nom de la carte ou son code d'identification est alors écrit sur le plateau, à côté du pictogramme correspondant à la famille de pratique jouée. Une fois la carte jouée, écartez-la définitivement.





Plus la pratique jouée par l'équipe favorise le développement mycorhizien et plus le nombre de racines mycorhizées de l'équipe est élevé, plus l'animateur lui octroiera de filaments. **L'animateur se réfère au guide des pratiques pour connaître le gain de base en filaments associé à chaque carte.**

### Calcul global du nombre de filaments remportés par une équipe par tour

$$\text{Nombre de filaments gagnés à ce tour} = \text{Gain de base* de la carte} + \text{Nombre de racines mycorhizées par l'équipe}$$

\*Augmenté d'un filament bonus si c'est une carte « Vos idées ».

#### — Gain de base des cartes (0,1 ou 2)\*

- Si la pratique a un effet défavorable : **0 filament**
- Si la pratique a un effet favorable partiel ou indirect **1 filament**
- Si la pratique a un effet directement favorable **2 filaments**

#### — Nombre de racines mycorhizées (0,1,2,3,4,5 ou 6)

Le nombre de filaments remporté augmente avec le nombre de racines mycorhizées appartenant à l'équipe. Le champignon bénéficiant en effet d'un meilleur apport en éléments carbonés, il se développe donc plus rapidement. Après la mycorhization d'une racine, l'équipe gagne un filament supplémentaire par racine mycorhizée (**coloriée en vert**) pour tous les tours suivants.

Les joueurs dessinent les filaments sur le plateau immédiatement après les avoir remportés en suivant les règles de dessin des filaments décrites ci-après.

#### Exemple

Au tour 3, une équipe a connecté des filaments mycorhiziens à deux des six racines de ses cultures. L'équipe joue à ce tour la carte « Limiter les fongicides ». L'animateur regarde dans le guide des pratiques, et voit que cette pratique est directement favorable à la mycorhization, le gain de base de cette carte est donc de 2 filaments. Comme deux racines sont déjà mycorhizées par l'équipe, l'équipe remporte à ce tour  $2 + 2 = 4$  filaments. L'équipe dessine immédiatement sur le plateau les 4 filaments remportés.


## DESSIN DES FILAMENTS

Les joueurs dessinent les filaments remportés sur le plateau de jeu, selon les règles suivantes :

— Un filament est le trait qui relie deux cases sur le réseau pré-dessiné en filigrane sur le plateau. Le dessin d'un filament se fait en repassant au marqueur noir ou à la craie liquide blanche un des traits de ce réseau pré-dessiné.

— Le réseau de filaments se développe de proche en proche. Les équipes dessinent les filaments les uns après les autres (filament par filament) à l'endroit de leur choix sous réserve d'une continuité avec un filament déjà positionné sur le plateau.

— Le premier filament part nécessairement de la spore de champignon initiale, qui ne se développe d'abord qu'en direction des racines. En effet, une spore ne développe pas de filaments vers les nutriments sans être connectée à une plante (par souci de réalisme scientifique). Les nutriments ne pourront donc être récupérés qu'une fois la spore connectée par les filaments à au moins une racine.

— Si un filament atteint une racine, alors cette racine est dite **mycorhizée : elle est protégée**. L'extrémité de la racine concernée  est alors **coloriée en vert** par l'équipe.

#### Important

Dès que 2 racines d'une même culture sont mycorhizées, elles protègent la troisième racine de cette même culture qui doit ainsi être immédiatement **coloriée en vert** !

— Des filaments peuvent repartir d'une racine mycorhizée, comme de n'importe quel autre point du réseau mycorhizien.

Lorsque 2 filaments rejoignent une même case , on dit qu'ils sont connectés.



## PRÉLÈVEMENT DES RESSOURCES NUTRITIVES DU SOL ET BIOFERTILISATION

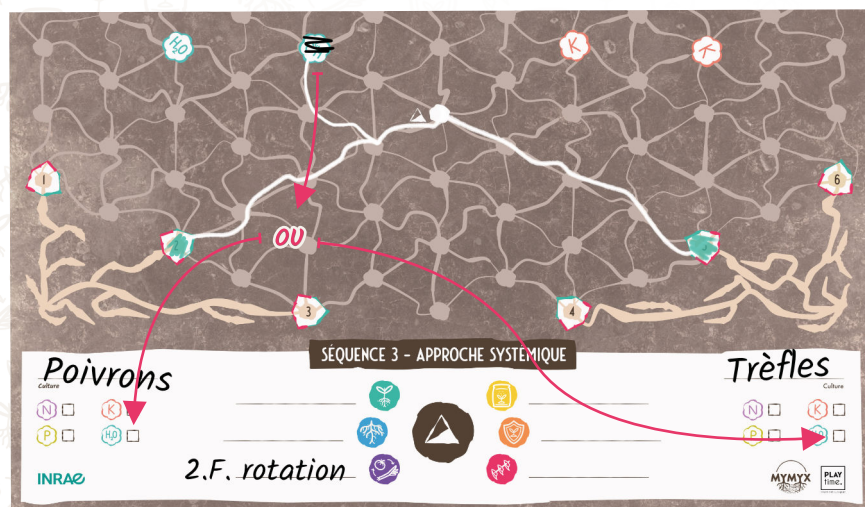
Rappel : pour gagner la partie, une équipe doit avoir, grâce au **réseau mycorhizien**, prélevé pour chacune de ses deux cultures une ressource de chaque type, c'est-à-dire 1 N, 1 P, 1 K et 1 H<sub>2</sub>O par culture.

Lorsqu'un filament atteint la case d'une ressource sur le plateau, alors elle est prélevée, et peut être attribuée à **toute culture de l'équipe avec laquelle le filament est connecté par le réseau mycorhizien**.

### Exemple

Si les deux cultures de l'équipe sont connectées par le réseau car elles ont au moins chacune une racine mycorhizée, alors une ressource prélevée peut être attribuée à l'une ou l'autre des cultures.

La ressource prélevée est alors barrée sur le plateau avec le marqueur noir. L'équipe qui a atteint la ressource avec le filament décide de la culture à laquelle il l'attribue (dans la mesure où cette culture est bien connectée au filament qui a atteint la ressource) et coche la case de cette ressource sous le système racinaire de la culture choisie.



Une seule ressource de chaque type peut être attribuée à une même culture. Au total, une équipe ne peut donc prélever que 2 fois chaque ressource (pour ses deux cultures). Elle peut cependant atteindre la case d'une telle ressource sans barrer celle-ci.

### Important

Au cours du jeu, il est possible d'utiliser le réseau de l'équipe adverse pour acquérir des ressources, en le connectant à son propre réseau par des filaments et ainsi, à ses propres cultures. L'équipe adverse peut alors, également, utiliser l'ensemble du réseau ainsi connecté, et le développer de proche en proche pour atteindre des ressources. Ce processus existe dans le sol, on parle de co-compétition. Cette possibilité peut toutefois ne pas être annoncée en début de partie aux joueurs, ils la découvriront par eux-mêmes au cours du jeu.

Il est intéressant de faire remarquer ce processus lorsque les joueurs arrivent à la conclusion qu'ils pourraient connecter leur réseau avec celui de l'équipe adverse pour en bénéficier et progresser plus loin (moment généralement marquant, car nécessaire pour atteindre l'ensemble des ressources).

**Attention**, tant que les deux réseaux issus des spores initiales ne sont pas connectés par au moins un filament, il n'est pas possible pour une équipe de dessiner des filaments à partir du réseau de l'équipe adverse.

## ATTAQUES DE BIOAGRESSEURS ET BIOPROTECTION

Des attaques de bioagresseurs sur les racines des cultures surviennent en cours de partie. Les cultures peuvent être protégées grâce au service de bioprotection des mycorhizes.

Deux attaques de bioagresseurs au cours de la partie sont annoncées par l'animateur :

- La première en fin de tour 4 (c'est-à-dire, quand chaque équipe a annoncé le choix de ses cultures (tour 1) puis joué trois cartes de Pratiques)
- La deuxième en fin de tour 6 (c'est-à-dire, après que 5 cartes Pratiques ont été jouées par chaque équipe).

Au moment d'une attaque, chaque équipe, en commençant par la « première équipe », lance un dé à 6 faces. Le chiffre obtenu par le lancer correspond au numéro de la racine de l'équipe qui est attaquée par le bioagresseur (pour rappel, les racines des cultures de l'équipe sont numérotées de 1 à 6).

Deux possibilités :

— La racine est protégée, l'attaque échoue, quand :

La racine est mycorhisée avant l'attaque (l'extrémité de la racine est colorée en vert).



— **La racine n'est pas protégée :**

L'attaque réussit. L'extrémité de la racine est **coloriée en rouge**.

— S'il s'agit de la première attaque qui réussit sur cette culture, la culture est dite sensible.

— Si, à la deuxième attaque en fin de tour 6, cette même racine ou une autre racine de cette même culture est attaquée sans être protégée, alors la culture meurt. Le nom de la culture et les nutriments qu'elle avait collectés sont barrés sur le plateau.

Une racine qui a été attaquée (et donc, dont l'extrémité est **coloriée en rouge**), ne peut plus être mycorhizée : il n'est pas possible d'y connecter un filament jusqu'à la fin de la partie.

Une culture morte (2 racines aux extrémités **rouges**) ne peut plus collecter de nutriments.

**CARTE BLEUE : « INTRODUIRE DES FERTILISANTS À BASE DE RACINES MYCORHIZÉES DU COMMERCE »**

Si une équipe a mis cette carte dans sa stratégie en début de partie, des règles particulières s'appliquent au moment où l'équipe la joue. L'introduction de souches de champignons exogènes présente un fort degré d'incertitude et ne garantit pas toujours une bonne adaptation de celles-ci au contexte pédoclimatique (cf. références page 49).

Cette incertitude est symbolisée par un **lancer de dé** au moment où la carte est jouée.

— **Si le chiffre obtenu par le lancer est impair**, l'équipe ne remporte **pas de filament à ce tour**.

— **Si le chiffre est pair**, l'équipe **remporte des filaments**, comme avec n'importe quelle carte (gain de base de la carte = 2 filaments + gain lié aux racines mycorhisées).

Ces filaments remportés ne sont cependant pas identiques aux filaments indigènes développés à partir de la spore initialement présente dans le sol. Il s'agit de filaments issus de spores exogènes, que l'on représente donc **en bleu**.

— Les **filaments bleus** (exogènes) ne peuvent pas se connecter aux filaments noirs ou blancs (indigènes) et inversement.

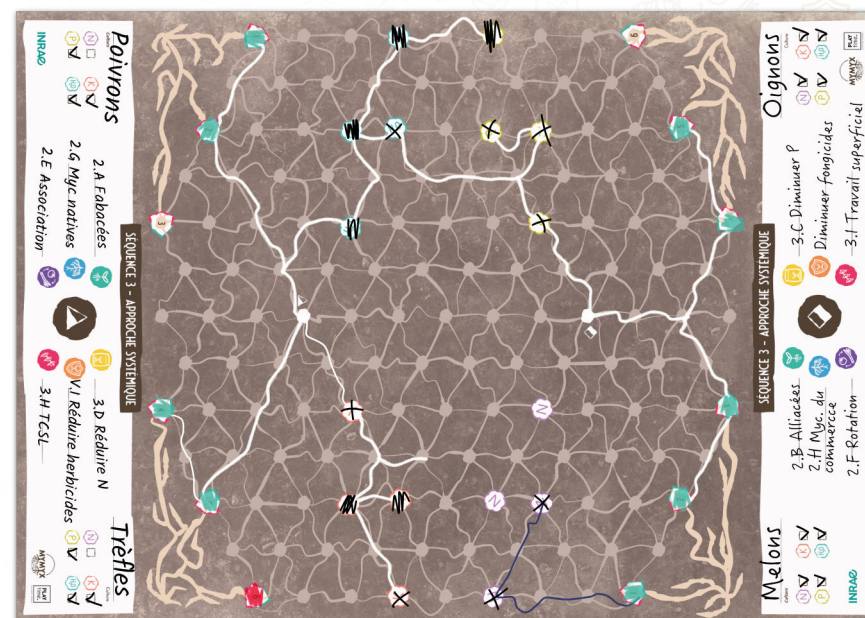
— Les **filaments bleus** gagnés se développent à partir d'une racine non mycorhisée.

— D'autres **filaments bleus** peuvent ensuite être gagnés en jouant normalement les autres cartes de pratiques. L'équipe choisit ensuite à chaque tour si les filaments remportés sont soit des filaments exogènes ou indigènes.

**FIN DU JEU**

Si à la fin d'un tour une équipe a prélevé une ressource de chaque type (N, P, K, H<sub>2</sub>O) pour chacune de ses cultures (dont aucune n'est morte !), le jeu se termine et cette équipe est déclarée gagnante. Si les deux équipes atteignent cette condition, les deux équipes sont déclarées gagnantes !

Si aucune équipe n'a atteint cette condition à la fin du 7ème tour (toutes les cartes pratiques agricoles des deux équipes ont été jouées), le jeu se termine et c'est l'équipe qui a collecté le plus de nutriments qui est déclarée gagnante. Évidemment, les nutriments barrés d'une culture morte ne sont pas comptabilisés ! Si les deux équipes ont collecté le même nombre de nutriments, les deux équipes sont déclarées gagnantes !



**Exemple**  
Plateau en fin de partie



## VARIANTE

Dans un objectif de contextualisation des choix, et de lien au réel, il est possible d'utiliser dans cette séquence les profils d'agriculteurs également proposés pour la séquence de jeu précédente « Freins et leviers » (annexe 4).

Les équipes doivent ainsi construire leur stratégie en incarnant un agriculteur et en tenant compte de sa situation, de ses contraintes... Si l'animateur choisit de remobiliser les profils déjà utilisés lors de la séquence précédente, alors les apprenants auront déjà réfléchi à l'acceptabilité des différentes pratiques pour l'agriculteur qu'ils incarnent.

## DÉBRIEFING À L'ISSUE DE LA SÉQUENCE 3

A l'issue du jeu, un débriefing peut être fait avec les joueurs autour du plateau, sur ce qu'ils ont retenu. Il peut être intéressant de leur faire remarquer l'apparence du réseau qu'ils ont créé sur le plateau, et leur remontrer à ce moment une photo d'un réseau mycorhizien.

Cette séquence de jeu favorise la visualisation de la symbiose, la concrétise.

## POUR GARDER UNE TRACE DE LA SÉQUENCE DE JEU

Il est suggéré de faire une photo du plateau de jeu en fin de partie. Comme les équipes ont écrit sur le plateau les cartes qu'ils ont jouées au fur et à mesure des tours, à côté des pictogrammes correspondant aux catégories de pratiques, il est possible de savoir a posteriori les stratégies définies par les équipes en début de partie.

Il est également suggéré de demander aux joueurs de prendre en photo le plateau à chaque tour de jeu. Ainsi, pour chaque pratique jouée, il est possible de visualiser le développement du réseau mycorhizien. Ces photos peuvent ensuite être insérées dans un diaporama, pour retracer la partie.

Un rapport peut être demandé aux joueurs après la séance de jeu, sur les apprentissages ciblés par le formateur. Ces photos peuvent ainsi servir de support pour ce rapport ou pour une future évaluation.

## DÉBRIEFING DE FIN DES 3 SÉQUENCES

Les 3 séquences terminées, un temps de débriefing est très fortement recommandé, avec l'ensemble du groupe. Ce temps d'institutionnalisation du savoir est important pour reconnaître les apprentissages réalisés avec MYMYX.

— *Exemple de ressources et d'activités qui peuvent être mobilisées pour clôturer la séance :*

- Un quizz de fin. Outil mobilisable : l'outil Plickers de QCM interactif
- Un questionnaire à compléter individuellement
- Un schéma ou une carte mentale à créer ou compléter
- Un retour sur la manière dont les apprenants modifieraient les séquences de jeu, les nouvelles règles qu'ils créeraient... Leurs idées sont révélatrices de leur compréhension des processus en jeu, à faire expliciter.
- Demander aux apprenants de choisir et noter une pratique agricole parmi celles discutées pendant la séance, et d'être attentif pendant les cours à venir, à la manière dont cette pratique pourrait être mise en place... (exemple d'une fin de séance réalisée au LEGTA Le Valentin (26) ).

MYYMX peut être une porte d'entrée sur différents concepts : agroécologie, fonctionnement du sol, problématiques d'épuisement des ressources, de perte de biodiversité, de changement climatique, d'augmentation des prix des intrants (carburants, engrais azotés et phosphatés...). Le dispositif peut aussi être utilisé avec une entrée sociale, sur l'agri-bashing, les controverses et réticences à changer de modes de production...

Le formateur est entièrement libre de choisir l'orientation donnée à l'utilisation du dispositif MYMYX et l'ouverture faite lors du débriefing.

## VALORISATION/ÉVALUATION DE LA SÉANCE

Libre à vous, enseignants et formateurs, de choisir ou non, d'évaluer la séance. L'évaluation repose sur les objectifs pédagogiques qui étaient en premier lieu assignés à celle-ci. Il est possible d'utiliser des photos prises au cours des différentes séquences (plateaux complétés avec les cartes...) et de demander aux apprenants, sur cette base, de faire un compte-rendu orienté sur les questions qui vous intéressent. Évaluation ou non, il est important d'institutionnaliser les connaissances acquises, de les reconnaître explicitement comme des apprentissages avec les apprenants.



## CRÉDITS

Licence CC BY-NC-ND 2.0 FR

### AUTEURS DE MYMYX

Marie Chave (INRAE), Valérie Angeon (INRAE), Nicolas Giraud

### CONTRIBUTEURS

Raphaël Paut, Jehanne Seck, Caroline Auricoste, Roxane Schott

### ADAPTATION DU JEU À LA VERSION PRINT AND PLAY. MISE EN FORME DES ÉLÉMENTS DE JEU ET DU LIVRET PÉDAGOGIQUE

Miguel Rotenberg (PLAYtime), Marc Lagroy (PLAYtime), Benjamin Pellegrin (Semioz - Design graphique).

Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants, formateurs, joueurs et autres partenaires qui ont contribué à l'amélioration de MYMYX par leurs retours d'expérience, leurs idées, et leur engouement à utiliser et faire connaître le jeu.

Nous remercions également INRAE pour son soutien via le métaprogramme SuMCrop (Sustainable Management of Crop Health) et le programme de pré-maturation de la Direction Partenariat Transfert et Innovation.

# INRAE

**educagri**  
EDITIONS

**PLAY**  
time.  
SOLUTIONS LUDIQUES

**Sémioz**  
design graphique

## ANNEXES

ANNEXE 1 – QUELQUES EXEMPLES D'ITINÉRAIRES PÉDAGOGIQUES AVEC MYMYX	20
ANNEXE 2 – QUESTIONS QUE VOUS POUVEZ VOUS POSER AVANT L'UTILISATION DE MYMYX	23
ANNEXE 3 – PRÉSENTATION DES CARTES ET ÉLÉMENTS D'ARGUMENTATION	24
ANNEXE 4 – EXEMPLES DE FICHE PROFIL D'AGRICULTEUR	26
ANNEXE 5 – GUIDE DES PRATIQUES AGRICOLES	27

## ANNEXE 1 - QUELQUES EXEMPLES D'ITINÉRAIRES PÉDAGOGIQUES AVEC MYMYX

Les enseignants qui ont mobilisé MYMYX ont créé une diversité d'itinéraires pédagogiques avec le dispositif, dont quelques-uns sont présentés dans les fiches exemples ci-dessous.

### MYMYX POUR ENCLANCHER UN RAISONNEMENT AGROÉCOLOGIQUE



#### Objectifs d'enseignement

Enclencher un raisonnement complexe (en lien avec la complexité des interactions).

Désacraliser et rendre concrète la notion de mycorhizes.

Comprendre la nécessité d'avoir une vision globale.

— 15 élèves

— 3 boîtes de jeu, 3 animateurs



#### BTS AGRONOMIE : PRODUCTIONS VÉGÉTALES (APV), 1ÈRE ANNÉE

Itinéraire pédagogique créé par Fabienne Mollaret, Estelle Jourdan et Jérémie Griscelli

LEGTA Le Valentin - Bourg-lès-Valence (26)

#### Lien au référentiel : Activités pluridisciplinaires

— M 53 Climat, sol

— M 54 Biologie et physiologie du végétal

#### Disciplines

— Agronomie/Biologie

— Écologie

Appréhender les connaissances  
Séance 1 et début séance 2

#### COURS SUR LES MYCORHIZES

#### LECTURE D'UN ARTICLE REVUE TCS N° 57

Développer chez les étudiants leurs capacités à dégager de l'information pertinente, à l'organiser et créer des liens entre les différentes séances.

*En classe entière*

#### QUIZZ. UTILISATION DE L'OUTIL PLICKERS

Connaissances sur les mycorhizes et leurs services. Présentation des profils de réponses de la classe et correction du quizz.

Jeu MYMYX – 3h30  
Séance 2, de pluridisciplinarité

#### PRÉSENTATION DE MYMYX

du plateau de jeu, brève présentation des cartes, et explication des premières séquences.

*Classe divisée en 3 groupes de 5 étudiants, avec un animateur par groupe*

#### SÉQUENCE DE JEU 1. « DES PROCESSUS ET PRATIQUES »

#### SÉQUENCE DE JEU 2. « FREINS ET LEVIERS »

#### PREMIÈRE PARTIE DE LA SÉQUENCE DE JEU 3. « APPROCHE SYSTÉMIQUE »

Les animateurs sont les enseignants dans chaque groupe. Ils animent et font vivre le jeu, posent les règles, expliquent les points attribués selon les cartes.

#### DEUXIÈME PARTIE DE LA SÉQUENCE DE JEU 3. « APPROCHE SYSTÉMIQUE »

*Temps restant avant la fin de la séance :*

Un élève de chaque groupe devient animateur pour cette partie. Les enseignants sont là en aide et observation, voire deviennent joueurs.

*En classe entière*

#### BILAN DE LA SÉANCE

Réactions à chaud des élèves. Les élèves notent ensuite chacun sur leur cahier une pratique qu'ils seraient « prêts à mettre en œuvre » et réfléchiront sur la manière de le faire dans les cours à venir.



## MYMYX POUR UNE PREMIÈRE APPROCHE DU FONCTIONNEMENT D'UN AGROSYSTÈME



### Objectifs d'enseignement

Savoir expliquer le fonctionnement des mycorhizes dans les sols agricoles, discuter des pratiques ayant des impacts positifs ou défavorables sur la symbiose, effectuer des liens entre pratiques agricoles et agriculture durable.  
Développer la capacité à interagir en groupe, à argumenter.

- 26 élèves
- 1 boîte de jeu, 2 animateurs



### 2<sup>ND</sup>E GÉNÉRALE & TECHNOLOGIQUE OPTION EATDD (ÉCOLOGIE, AGRONOMIE, TERRITOIRE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE)

Itinéraire pédagogique créé par Candice Lachambre  
LEGTA de Rethel (08)

**Discipline**  
— Agronomie

Appréhender les connaissances  
Séance 1

### COURS SUR LES MYCORHIZES

### LECTURE DE DEUX ARTICLES DE REVUES

*En classe entière*

### QUIZZ

*En binôme*

### TRAVAIL À LA MAISON

préparer en binôme une carte mentale résumant les connaissances acquises sur les mycorhizes et leurs rôles.

Jeu MYMYX — 1h30  
Séance 2

*La classe est divisée en deux groupes de 13 élèves, sur deux « ateliers », avec une animatrice par atelier.  
Après 45 minutes, les groupes de 13 changent d'atelier. En 1h30, tous les élèves ont fait les deux ateliers.*

### ATELIER 1

*1 animatrice*

- Séquence de jeu 1. « Des processus et pratiques »
- Séquence de jeu 2. « Freins et Leviers »

Temps limité et faible proximité des élèves avec le monde agricole : la séquence 2 est contextualisée avec un seul jeu de cartes réparti dans 4 enveloppes, sur lesquelles sont décrits simplement des systèmes de culture. Le groupe se divise en 4 sous-groupes, chacun devant argumenter leurs choix vis-à-vis des cartes de pratiques agricoles présentes dans leur enveloppe, selon le contexte décrit dessus.

### ATELIER 2

*1 animatrice*

- Séquence de jeu 3. « Approche systémique »

L'animatrice anime et fait vivre le jeu, pose les règles, explique les points attribués selon les cartes.

*En classe entière*

### BILAN DE LA SÉANCE

Réactions à chaud des élèves : qu'avez-vous retenu ? Comment vous amélioreriez le jeu ? Ramassage par l'enseignante de la carte mentale faite en binômes entre les deux séances.

## MYMYX POUR ANCRER DES CONNAISSANCES ET RAISONNEMENTS



### Objectifs d'enseignement

Décrire les rôles clé des mycorhizes dans la nutrition et la défense des plantes Identifier les pratiques agricoles influant sur le réseau mycorhizien.

Ancrer les connaissances (public adulte, déjà sensible à la thématique).

- 14 élèves
- 2 boîtes de jeu, 2 animatrices



### BREVET PROFESSIONNEL RESPONSABLE D'ENTREPRISE AGRICOLE (BP REA) MARAICHAGE

Itinéraire pédagogique créé par Fanny Pradelles  
EPLEFPA Montpellier-Orb-Hérault (34)

### Disciplines

— Agronomie générale et appliquée au maraichage

Une fiche Pollen a été créée par les enseignantes, relatant cette expérience d'utilisation :

<https://pollen.chlorofil.fr/toutes-les-innovations/monparam/5072/>

Appréhender les connaissances – 3h30  
Séance 1

En classe entière (> 1h en tout)

VISIONNAGE D'UNE VIDÉO DE M.A SELOSSE. COMMENTÉE ET RÉSUMÉE AVEC LA CLASSE

En sous-groupes

LECTURE D'ARTICLES

CRÉATION PAR SOUS-GROUPE D'UN SCHÉMA SUR LES RÔLES DES MYCORHIZES VIS-À-VIS DES CULTURES ET DU SOL. ET SUR LES PRATIQUES FAVORABLES ET DÉFAVORABLES À LA SYMBIOSE

En classe entière

BRÈVE PRÉSENTATION DE MYMYX

Classe séparée en 2 groupes de 7 apprenants, avec un enseignant-animateur par groupe

SÉQUENCE DE JEU 1. « DES PROCESSUS AUX PRATIQUES »

SÉQUENCE DE JEU 2. « FREINS ET LEVIERS »

Les apprenants (public adulte), ayant pour la plupart un projet agricole, se positionnent dans leur propre contexte, ce qui crée de riches échanges, des questionnements...

SÉQUENCE DE JEU 3. « APPROCHE SYSTÉMIQUE »

Les animateurs sont les enseignants dans chaque groupe. Ils font vivre le jeu, posent les règles.

En classe entière

BILAN DE LA SÉANCE

Réactions à chaud des apprenants sur ce qu'ils ont retenu. Ils proposent ensuite des nouvelles règles complexes, révélatrices de la compréhension des processus en jeu et de l'effet des pratiques agricoles sur les mycorhizes (ex : pouvoir utiliser la fertilisation azotée ou phosphorée pour nourrir une culture, mais en contrepartie ralentit le développement du réseau mycorhizien pour les tours suivants).

VISITE D'UNE FERME URBAINE. TÉMOIGNAGE DES GÉRANTS SUR LE THÈME DES PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES ET DE LA VIE DU SOL

Jeu MYMYX – 3h30  
Séance 2, de pluridisciplinarité  
Visite pour clôturer la séance 2



## ANNEXE 2 – QUESTIONS QUE VOUS POUVEZ VOUS POSER AVANT L'UTILISATION DE MYMYX

Voici une proposition de questions que vous pouvez vous poser avant de commencer à utiliser MYMYX, individuellement ou collectivement, selon que vous envisagez l'utilisation de MYMYX uniquement dans votre discipline, ou en pluridisciplinarité.

1. Dans quelle classe ou avec quel groupe MYMYX sera-t-il utilisé ?
2. Quels sont les savoirs clefs à transmettre ?
3. Quelles représentations ont les apprenants sur les notions liées au fonctionnement du sol, en particulier sur les mycorhizes ?
4. A quels objectifs répond la volonté d'aborder le fonctionnement du sol, en particulier les mycorhizes ?

### Exemples

*Rendre visible l'invisible, savoir observer, rendre concrète la notion de mycorhizes, aborder la complexité des interactions, inciter à agir malgré l'incertitude, enclencher un raisonnement face à des situations complexes, mettre en lien différents éléments de l'agrosystème dont le sol, confronter la théorie avec le réel, amener à une posture de conseil...*

5. Quels objectifs peuvent être associés à la phase d'introduction des connaissances, en prérequis des étapes de jeu ?  
Avec quelles activités, quelles ressources ?

### Exemple

*Pour rendre visible l'invisible, apprendre à observer... ce temps d'introduction peut être constitué d'une séance de TP en cours de biologie, basée sur l'observation au microscope de racines mycorhizées issues de plantes prélevées sur le terrain.*

6. Comment insérer les deux temps de MYMYX (introduction à la thématique et étapes de jeu) dans le ruban pédagogique ? (Si pertinent : lien aux référentiels ?)

### Exemple

*Aborder les connaissances par une recherche bibliographique en autonomie et restitution lors d'une séance de 2h (agronomie), puis une séance de pluridisciplinarité (agronomie, biologie) de 3h30 avec un quizz et les trois étapes de jeu.*

7. Quelle contextualisation associer au jeu ?

*Voir les exemples dans le livret pédagogique : contextualisation simple à partir d'exploitations fictives et caricaturales, contextualisation plus fine à partir de l'exploitation du lycée/du lieu de stage...*

8. A-t-on besoin d'adapter le dispositif MYMYX ? Si oui, quelles parties ?  
Comment ?

### Exemples

*Modification de l'ordre des séquences, suppression ou ajout d'une séquence, création ou suppression de cartes de jeu, création de nouvelles règles, autre...*

9. Combien de temps prévoir pour le débriefing ? Quelles activités ?

10. Comment capitaliser sur la ou les séance(s) MYMYX ?

## ANNEXE 3 – PRÉSENTATION DES CARTES ET ÉLÉMENTS D'ARGUMENTATION

Les éléments proposés sont non exhaustifs. Ils peuvent vous servir pour étayer l'argumentation des joueurs, tout au long des trois séquences de jeu.

### « À QUOI SERVENT LES MYCORHIZES ? »

#### I.A. MEILLEURE ABSORPTION DES MINÉRAUX

Les filaments de CMA<sup>1</sup> sont dix fois plus fins que la plus fine racine, et explorent un volume de sol mille fois plus important que les racines. Ils extraient plus efficacement les nutriments. En particulier, en association avec des bactéries, les mycorhizes ont un rôle essentiel dans la mise à disposition du phosphore.

#### I.B AMÉLIORATION DES RENDEMENTS

Les mycorhizes améliorent la nutrition de la plante, en particulier la nutrition azotée et phosphorée. Les plantes mycorhizées sont aussi plus résistantes aux aléas biotiques et abiotiques. Ces services contribuent à améliorer le rendement.

#### I.C. RÉSISTANCE AUX MALADIES DU SOL

Les mycorhizes favorisent la protection des plantes par un ensemble de processus directs (amélioration de sa vigueur, compétition entre CMA<sup>1</sup> et agents pathogènes) et indirects (recrutement d'une microflore antagoniste des agents pathogènes, stimulation des défenses de la plante, sécrétion de molécules toxiques).

#### I.D. RÉSISTANCE AUX MALADIES CAUSÉES PAR DES AGENTS PATHOGÈNES AÉRIENS

Les mycorhizes améliorent la santé générale de la plante, ce qui la rend plus résistante et résiliente face aux attaques (augmentation de la vigueur de la plante, stimulation de ses défenses).

#### I.E. FIXATION DE L'AZOTE AÉRIEN

Attention à la confusion ! La fixation de l'azote aérien n'est pas permise par la mycorhization, mais par une symbiose entre une légumineuse et des bactéries Rhizobium, formant des nodules sur leurs racines.

#### I.F. RÉSISTANCE AUX STRESS ENVIRONNEMENTAUX

Le faible diamètre et la capacité d'exploration du sol des filaments mycorhiziens permet l'accès à des ressources en eau que les racines ne pourraient extraire. Certains processus de détoxification permettent également à la plante de résister à des environnements hostiles (forte salinité, présence d'éléments phytotoxiques).

<sup>1</sup> CMA = Champignon mycorhizien à arbuscules

#### I.G. DIMINUTION DE LA MORTALITÉ À LA TRANSPLANTATION

Un plant pré-mycorhizé aura plus de facilité à se développer après transplantation grâce à une meilleure résistance aux stress biotiques (cf. I.C. et I.D.) et environnementaux (cf. I.F.).

#### I.H. AMÉLIORATION DE LA STRUCTURE DU SOL

Le réseau de filaments mycorhiziens participe à l'amélioration de la structure du sol : formation de micro-agrégats et d'une microporosité, stabilisation des agrégats par émission de glomaline, une glycoprotéine agissant comme une colle.

### PRATIQUES AGRICOLES

#### 2.A. CULTIVER DES FABACÉES

Les fabacées, ou légumineuses (pois, féverole, trèfle, haricots...), sont des cultures particulièrement dépendantes des mycorhizes vis-à-vis de leur approvisionnement en phosphore. La mise en place d'un réseau mycorhizien dans le sol est ainsi favorisée par la présence de ces cultures.

#### 2.B. CULTIVER DES ALLIACÉES

Comme les fabacées, les alliées (poireau, oignon, cive, ail...) sont très dépendantes de l'établissement de la symbiose mycorhizienne pour leur nutrition. La mise en place d'un réseau mycorhizien dans le sol est ainsi favorisée par la présence de ces cultures.

#### 2.C. CULTIVER DES BRASSICACÉES

Les brassicacées (choux, brocolis, moutarde, colza...) font partie des espèces de plantes qui ne sont pas capables d'établir de symbiose avec les champignons mycorhiziens. C'est aussi le cas des chénopodiacées (épinards, betteraves...).

#### 2.D. PRATIQUER LA MONOCULTURE

Pratiquer la monoculture n'est pas recommandé. C'est la diversité des cultures (en rotation ou en association) qui favorise la diversité des CMA<sup>1</sup> et leur efficacité.

#### 2.E. ASSOCIER DES PLANTES À MYCORHIZES

Utiliser des plantes ayant une forte capacité à mycorhizer en association avec d'autres cultures favorise le développement de réseaux de filaments dans le sol, leur maintien et leur transmission grâce à la proximité entre plantes.

 Bonne réponse / Pratiques aux effets favorables

 Pratiques aux effets partiels ou indirects

 Mauvaise réponse / Pratiques aux effets défavorables



## 2.F. FAIRE DES ROTATIONS DE PLANTES À MYCORHIZES

Faire des rotations de plantes à mycorhizes permet de maintenir en activité les réseaux de filaments mycorhiziens dans le sol. La présence de ces réseaux facilite la mycorhization des cultures suivantes.

## 2.G. PRODUIRE DES MYCORHIZES NATIVES SUR SON EXPLOITATION

La multiplication de CMA<sup>1</sup> natifs sur l'exploitation peut être réalisée avec des plantes très mycorhizotrophes et du sol prélevé dans la parcelle. Une forte production de spores est induite en condition de stress (cf. Chave et al. 2017). Les racines mycorhizées servent ensuite pour inoculer d'autres cultures (en pépinière ou au champ).

## 2.H. INTRODUIRE DES FERTILISANTS DU COMMERCE CONTENANT DES RACINES MYCORHIZÉES

Certains fertilisants contenant des racines mycorhizées sont proposés dans le commerce pour favoriser l'inoculation des cultures. Les spores produites industriellement peuvent cependant ne pas être actives car inadaptées aux conditions pédo-climatiques (cf. Salomon et al. 2022).

## 3.A. APPORTER DES ENGRAIS MINÉRAUX DE MANIÈRE SYSTÉMATIQUE

La symbiose mycorhizienne est coûteuse pour une culture, qui investit jusqu'à 20% du carbone produit par photosynthèse, elle n'est pas maintenue si elle n'est plus nécessaire pour la nutrition de la culture. Apporter des engrais minéraux de manière systématique est défavorable à la densification d'un réseau mycorhizien.

## 3.B. APPORTER DES AMENDEMENTS ORGANIQUES

Les amendements organiques favorisent indirectement les réseaux mycorhiziens. Ils stimulent la vie du sol et ne diminuent pas l'intérêt des mycorhizes pour la culture, car la symbiose demeure nécessaire pour le prélèvement des nutriments organiques (en particulier azote et phosphore). À noter que l'assimilation des nutriments est le résultat de processus complexes qui nécessitent d'être approfondis (cf. Fortin et al. 2016).

## 3.C. RÉDUIRE LA FERTILISATION PHOSPHORÉE EN PARTICULIER

Voir carte 3.A. Les cultures sont particulièrement dépendantes de la mycorhization pour l'absorption du phosphore. Lorsque les apports phosphorés sont importants, la symbiose n'est plus nécessaire pour la culture, elle est alors dépendante des intrants de synthèse, et ne bénéficie plus des autres services rendus par la symbiose.

## 3.D. RÉDUIRE LA FERTILISATION AZOTÉE EN PARTICULIER

Voir carte 3.A. et 3.C. La fertilisation azotée impacte également la propension d'une culture à maintenir la symbiose mycorhizienne. Les cultures sont toutefois moins dépendantes des mycorhizes pour leur nutrition azotée que pour leur nutrition phosphatée.

## 3.E. LIMITER LES FONGICIDES

Les fongicides inhibent le développement des CMA<sup>1</sup> et impactent la densification du réseau mycorhizien dans le sol. Limiter leur usage est donc très favorable au maintien de la mycorhization.

## 3.F. PRATIQUER LA SOLARISATION

La solarisation, par l'élévation de la température du sol, est une technique de protection des cultures vis-à-vis des bioagresseurs telluriques. Il s'agit cependant d'une pratique non spécifique, qui peut impacter également les CMA<sup>1</sup>.

## 3.G. PRATIQUER UN TRAVAIL DU SOL PROFOND

Le travail profond du sol déstructure les réseaux mycorhiziens en place et disperse les spores de champignons, les éloignant des racines de plantes avec lesquelles elles auraient pu établir la symbiose.

## 3.H. PRATIQUER LES TECHNIQUES CULTURALES SANS LABOUR (TCSL)

Les techniques culturales sans labour et sans travail profond favorisent le maintien et la densification de réseaux mycorhiziens dans le sol, bénéfiques pour l'ensemble de la rotation culturale.

## 3.I. PRATIQUER UN TRAVAIL DU SOL SUPERFICIEL (<15CM)

Lorsqu'il n'est pas possible de supprimer totalement le travail du sol, pratiquer un travail du sol superficiel permet de maintenir les réseaux mycorhiziens qui pourront être à nouveau stimulés par la culture.



### Références

- Chave M., Paut R., Perrin B., Dufils A.  
2017 **Les mycorhizes : des réseaux vivants au service de la protection des cultures.**  
[http://geco.ecophytop.fr/documents/20182/21720/pdf\\_Cultiver\\_des\\_esp\\_ces\\_mycorhizes\\_2.pdf](http://geco.ecophytop.fr/documents/20182/21720/pdf_Cultiver_des_esp_ces_mycorhizes_2.pdf)
- Chave M., Paut R., Perrin B., Dufils A.  
2017 **Multiplier des champignons mycorhiziens sur son exploitation.**  
[http://geco.ecophytop.fr/documents/20182/21720/pdf\\_Multiplier\\_des\\_champignons\\_mycorhiziens\\_sur\\_son\\_exploitation\\_1.pdf](http://geco.ecophytop.fr/documents/20182/21720/pdf_Multiplier_des_champignons_mycorhiziens_sur_son_exploitation_1.pdf)
- Chave M., Angeon V., Paut R., Collombet R., Tchamitchian M.  
2019 **Codesigning biodiversity-based agrosystems promotes alternatives to mycorrhizal inoculants.** *Agronomy for Sustainable Development*. 39, 48.  
<https://doi.org/10.1007/s13593-019-0594-y>
- Fortin, J.A., Plenchette, C., Piché, Y.  
2016 **Les mycorhizes : l'essor de la nouvelle révolution verte.** Editions Quae.
- Garbaye, J.  
2013 **La symbiose mycorhizienne : une association entre les plantes et les champignons,** Synthèses. Editions Quae.
- M.J. Salomon, R. Demarmels, S.J. Watts-Williams, M.J. McLaughlin, A. Kafle, C. Ketelsen, A. Soupir, H. Bücking, T.R. Cavagnaro, M.G.A. van der Heijden  
2022 **Global evaluation of commercial arbuscular mycorrhizal inoculants under greenhouse and field conditions,** *Applied Soil Ecology*  
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104225>

<sup>1</sup> CMA = Champignon mycorhizien à arbuscules

## ANNEXE 4 - EXEMPLES DE FICHE PROFIL D'AGRICULTEUR

Pour contextualiser les pratiques discutées avec MYMYX, il est possible de proposer aux joueurs d'incarner des agriculteurs et agricultrices. Ces profils peuvent être particulièrement intéressants si vous réalisez la séquence de jeu 2 « Freins et leviers » avec des apprenants non issus du milieu agricole.

Cette annexe a pour objectif de vous donner quelques idées de catégories dans lesquelles piocher pour créer vos profils d'agriculteurs. Ces propositions sont à moduler selon le niveau de complexité que vous souhaitez faire appréhender, et votre contexte territorial.

Vous pouvez créer des exploitations fictives, ou utiliser des exemples existants (exploitation de l'établissement, du lieu de stage...)

### IDENTITÉ DE L'AGRICULTEUR/L'AGRICULTRICE

Nom, Age

### L'EXPLOITATION

- Localisation/contexte pédoclimatique
- Surface agricole utile (SAU, en ha)
- Nombre d'Unité de travail humain (UTH)
- Bref historique (date d'installation...)

### LE SYSTÈME DE CULTURE

- Système de production (productions céréalières, maraichage, arboriculture, polyculture-élevage...)
- Cultures/rotations principales
- Type de système (Conventionnel, raisonné, AB, biodynamique...)
- Mode de commercialisation (Contrat avec une coopérative, ventre directe, circuit court avec un intermédiaire...)

### LES PRATIQUES MISES EN ŒUVRE

Pratiques de travail du sol, stratégie de fertilisation, de protection des cultures...

### LA SITUATION FINANCIÈRE

- Propriété ou location des terres
- Dettes éventuelles

## LES ASPIRATIONS DE L'EXPLOITANT.E

### Exemples

*Volonté de privilégier du temps libre en famille, limiter son impact sur l'environnement, augmenter son chiffre d'affaire, investir dans du nouveau matériel...*

## LES PERSPECTIVES SUR 10 ANS

### Exemple

*Transmettre l'exploitation, agrandir, passer la certification AB, changer de système de culture, s'associer...*



## ANNEXE 5 – GUIDE DES PRATIQUES AGRICOLES

Le guide des pratiques est un support nécessaire pour la séquence de jeu 3 « Approche systémique ». Pour chaque catégorie de pratique agricole, l'animateur peut ainsi savoir si une carte jouée par une équipe offre un gain de base de 0, 1 ou 2 filaments, selon qu'il s'agit d'une « pratique favorable », d'une « pratique à effet partiel ou indirect » ou d'une « pratique défavorable » vis-à-vis des mycorhizes. D'autres idées de pratiques vous sont aussi proposées. Elles peuvent servir pour approfondir l'identification de pratiques favorables par les apprenants.

### PRATIQUES AGRICOLES ET CONSTITUTION DU RÉSEAU MYCORHIZIEN

Cartes 2.A. à 2.I








#### MATÉRIEL VÉGÉTAL

##### Cartes

- 2.A. Cultiver des fabacées \_\_\_\_\_ 
- 2.B. Cultiver des alliées \_\_\_\_\_ 
- 2.C. Cultiver des brassicacées \_\_\_\_\_ 

##### Autres idées

- Cultiver des graminées \_\_\_\_\_ 
- Cultiver des solanacées \_\_\_\_\_ 
- Greffer sur des porte-greffes à mycorhizes \_\_\_\_\_ 
- Choisir des variétés résistantes aux maladies \_\_\_\_\_ 
- Cultiver des chénopodiées \_\_\_\_\_ 



**Pratiques aux effets favorables**  
2 filaments



**Pratiques aux effets partiels ou indirects**  
1 filament






**Pratiques aux effets défavorables**  
0 filament










#### ROTATION/ASSOCIATION

##### Cartes

- 2.D. Pratiquer la monoculture \_\_\_\_\_ 
- 2.E. Associer des plantes à mycorhizes \_\_\_\_\_ 
- 2.F. Faire des rotations de plantes à mycorhizes \_\_\_\_\_ 



##### Autres idées

- Associer des plantes à mycorhizes en inter-rang \_\_\_\_\_ 
- Pratiquer l'agroforesterie \_\_\_\_\_ 
- Pratiquer la contre plantation \_\_\_\_\_ 
- Pratiquer la jachère \_\_\_\_\_ 
- Mélange de variétés \_\_\_\_\_ 
- Introduire des espèces gélives en interculture \_\_\_\_\_ 
- Faire des rotations courtes \_\_\_\_\_ 








#### MULTIPLIER ET/OU INTRODUIRE DES MYCORHIZES

##### Cartes

- 2.G. Produire des mycorhizes natives sur son exploitation \_\_\_\_\_ 
- 2.H. Introduire des fertilisants du commerce contenant des racines mycorhizées \_\_\_\_\_ 

##### Autres idées

- Mélanger des mycorhizes du commerce au terreau de semis en pépinière \_\_\_\_\_ 
- Mélanger des mycorhizes du commerce dans le trou de plantation \_\_\_\_\_ 
- Utiliser un substrat enrichi en mycorhizes \_\_\_\_\_ 
- Utiliser des semences enrobées par des mycorhizes \_\_\_\_\_ 
- Tremper les plantules dans des solutions à base de mycorhizes \_\_\_\_\_ 

## PRATIQUES AGRICOLES ET DENSIFICATION DU RÉSEAU MYCORHIZIEN

Cartes 3.A. à 3.I



### FERTILISATION

#### Cartes

- 3.A. Apporter des engrais minéraux de manière systémique \_\_\_\_\_ ★
- 3.B. Apporter des amendements organiques \_\_\_\_\_ ●
- 3.C. Réduire la fertilisation phosphorée en particulier \_\_\_\_\_ ●
- 3.D. Réduire la fertilisation azotée en particulier \_\_\_\_\_ ●

#### Autres idées

- Apporter des amendements organiques secs ou frais (granules, fumier...) \_\_\_\_\_ ●
- Ajuster le niveau de fertilisation \_\_\_\_\_ ●
- Chauler \_\_\_\_\_ ●



### PROTECTION

#### Cartes

- 3.E. Limiter les fongicides \_\_\_\_\_ ●
- 3.F. Pratiquer la solarisation \_\_\_\_\_ ★

#### Autres idées

- Favoriser la prophylaxie et détection précoce \_\_\_\_\_ ●
- Utiliser des produits de biocontrôle : SDP, auxiliaires, microorganismes bénéfiques, extraits de plantes \_\_\_\_\_ ●
- Planter des intercultures à effet alléopatique ou biocide \_\_\_\_\_ ●
- Limiter les herbicides \_\_\_\_\_ ●
- Limiter les insecticides \_\_\_\_\_ ●
- Optimiser le choix des matières actives \_\_\_\_\_ ●
- Cultiver des variétés peu sensibles \_\_\_\_\_ ●



### TRAVAIL DU SOL

#### Cartes

- 3.G. Pratiquer un travail du sol profond \_\_\_\_\_ ★
- 3.H. Pratiquer les techniques culturales sans labour (TCSL) \_\_\_\_\_ ●
- 3.I. Pratiquer un travail du sol superficiel (<15cm) \_\_\_\_\_ ●

#### Autres idées

- Pratiquer le semis sous couvert végétal \_\_\_\_\_ ●
- Réaliser des faux-semis \_\_\_\_\_ ●
- Utiliser un paillage (plastique, papier, BRF) \_\_\_\_\_ ●
- Pratiquer le désherbage mécanique \_\_\_\_\_ ●
- Restituer en surface les résidus de culture \_\_\_\_\_ ●
- Incorporer les résidus de culture \_\_\_\_\_ ★



Pratiques aux effets favorables  
2 filaments



Pratiques aux effets partiels ou indirects  
1 filament



Pratiques aux effets défavorables  
0 filament



## AIDE DE JEU : SÉQUENCE 3 - APPROCHE SYSTÉMIQUE



### But du jeu

Être la première équipe à relier une ressource de chaque type (N, P, K, H<sub>2</sub>O) à chacune de ses deux cultures.

## TOUR 1 - DÉFINITION DE LA STRATÉGIE

### 1- CHOIX DES CULTURES

Chaque équipe indique un choix de deux cultures :

- Culture capable d'établir la symbiose mycorhizienne : **gain de 2 filaments** (dessinés immédiatement en partant de la spore initiale et en direction d'une racine)
- Culture incapable d'établir la symbiose mycorhizienne : **gain de 0 filament** (cette culture est alors remplacée par une culture capable d'établir la symbiose mycorhizienne)

### 2- CHOIX DES PRATIQUES CULTURALES

Chaque équipe choisit une unique carte dans chaque famille de pratique agricole. Les cartes non choisies sont écartées du jeu.

## TOUR 2 À 7 - DÉCLINAISON DE LA STRATÉGIE

### 3- CHOIX DES PRATIQUES AGRICOLES

- À son tour, chaque équipe joue une carte de pratique agricole.
- L'animateur octroie (cf. Guide des pratiques) à l'équipe un nombre de filaments selon ce calcul :

$$\begin{array}{ccccc} \text{Nombre de filaments} & & & & \text{Nombre de racines} \\ \text{gagnés à ce tour} & = & \text{Gain de base*} & + & \text{mycorhizées} \\ & & \text{de la carte} & & \text{par l'équipe} \end{array}$$

\*augmenté d'un filament bonus si c'est une carte « Vos Idées ».

### 4- DESSIN DES FILAMENTS GAGNÉS

- L'équipe dessine, de proche en proche, les filaments gagnés et écarte la carte pratique agricole jouée.

Pour chaque tour, répétez les étapes 3 et 4 jusqu'à ce qu'une équipe soit déclarée gagnante (7 tours max.). Attention en **fin des tours 4 et 6**, procédez à une attaque de **bioagresseurs** (jet de dé).

## RAPPELS

- Une racine mycorhizée est **coloriée en vert** : elle ne peut plus être agressée.
- Une racine agressée est **coloriée en rouge** : elle ne peut plus être mycorhisée.
- Un nutriment relié à une racine est barré sur le plateau ET est coché sous le système racinaire correspondant.
- Les **filaments bleus** (exogènes) ne peuvent être connectés aux filaments noirs (indigènes) et inversement.

## AIDE DE JEU : SÉQUENCE 3 - APPROCHE SYSTÉMIQUE



### But du jeu

Être la première équipe à relier une ressource de chaque type (N, P, K, H<sub>2</sub>O) à chacune de ses deux cultures.

## TOUR 1 - DÉFINITION DE LA STRATÉGIE

### 1- CHOIX DES CULTURES

Chaque équipe indique un choix de deux cultures :

- Culture capable d'établir la symbiose mycorhizienne : **gain de 2 filaments** (dessinés immédiatement en partant de la spore initiale et en direction d'une racine)
- Culture incapable d'établir la symbiose mycorhizienne : **gain de 0 filament** (cette culture est alors remplacée par une culture capable d'établir la symbiose mycorhizienne)

### 2- CHOIX DES PRATIQUES CULTURALES

Chaque équipe choisit une unique carte dans chaque famille de pratique agricole. Les cartes non choisies sont écartées du jeu.

## TOUR 2 À 7 - DÉCLINAISON DE LA STRATÉGIE

### 3- CHOIX DES PRATIQUES AGRICOLES

- À son tour, chaque équipe joue une carte de pratique agricole.
- L'animateur octroie (cf. Guide des pratiques) à l'équipe un nombre de filaments selon ce calcul :

$$\begin{array}{ccccc} \text{Nombre de filaments} & & & & \text{Nombre de racines} \\ \text{gagnés à ce tour} & = & \text{Gain de base*} & + & \text{mycorhizées} \\ & & \text{de la carte} & & \text{par l'équipe} \end{array}$$

\*augmenté d'un filament bonus si c'est une carte « Vos Idées ».

### 4- DESSIN DES FILAMENTS GAGNÉS

- L'équipe dessine, de proche en proche, les filaments gagnés et écarte la carte pratique agricole jouée.

Pour chaque tour, répétez les étapes 3 et 4 jusqu'à ce qu'une équipe soit déclarée gagnante (7 tours max.). Attention en **fin des tours 4 et 6**, procédez à une attaque de **bioagresseurs** (jet de dé).

## RAPPELS

- Une racine mycorhizée est **coloriée en vert** : elle ne peut plus être agressée.
- Une racine agressée est **coloriée en rouge** : elle ne peut plus être mycorhisée.
- Un nutriment relié à une racine est barré sur le plateau ET est coché sous le système racinaire correspondant.
- Les **filaments bleus** (exogènes) ne peuvent être connectés aux filaments noirs (indigènes) et inversement.