

**EXERCICE 1 :**

**Plastes et amidon**

**(7 POINTS)**

Les angiospermes sont composées de cellules contenant des organites particuliers appelés plastes. Suivant la localisation de la cellule au sein d'une même plante, les plastes peuvent se différencier en chloroplastes ou en amyloplast. Ces derniers sont spécialisés dans le stockage à long terme de glucides sous forme d'amidon.

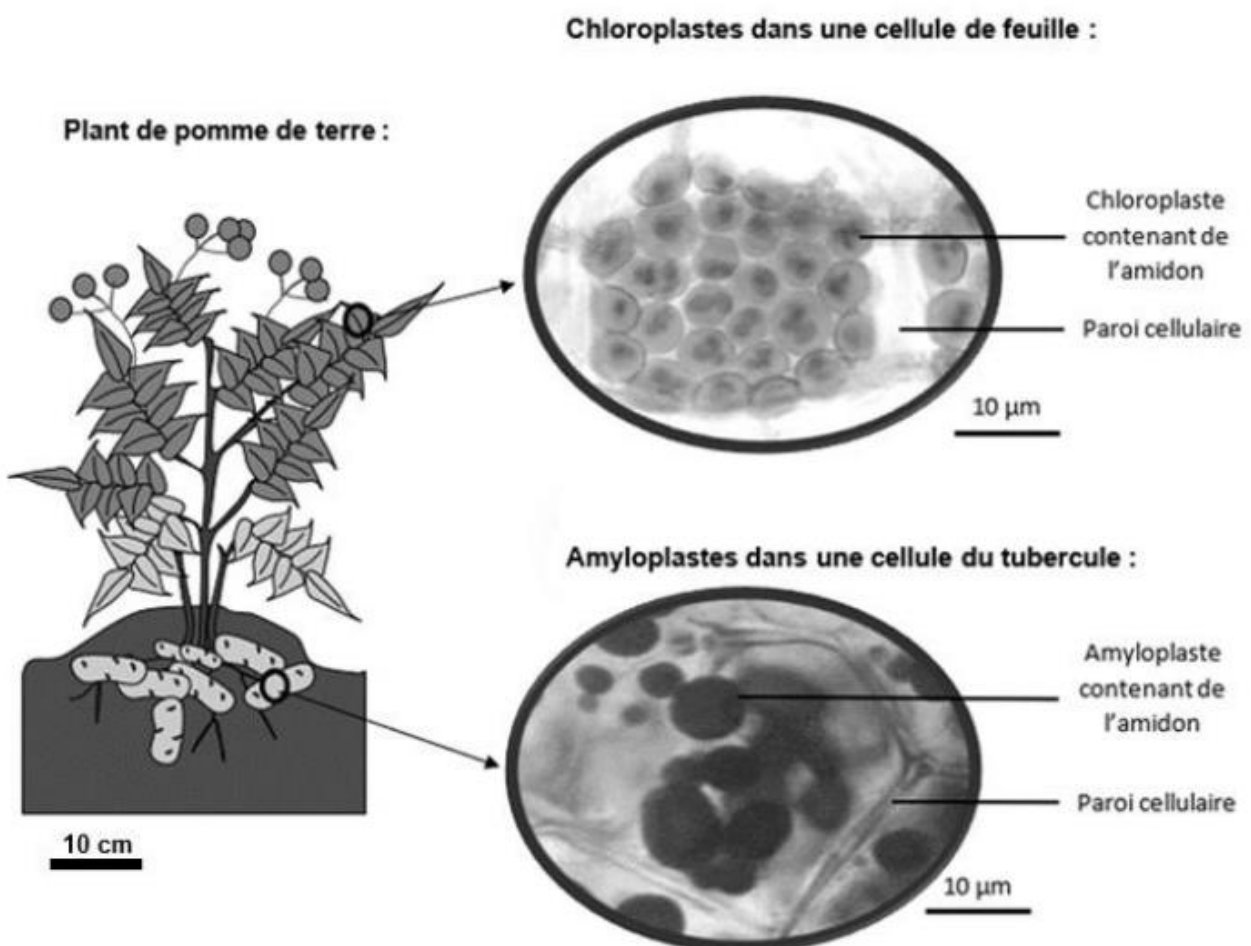
**QUESTION :**

**Expliquer les mécanismes aboutissant à la présence d'amidon dans les amyloplast.**

*Vous rédigerez un exposé structuré et argumenté pouvant s'appuyer sur des expériences et/ou des observations et/ou des exemples.*

**Document : mise en évidence de la présence d'amidon\* dans les chloroplastes et les amyloplast de cellules d'angiospermes (la pomme de terre).**

\* L'amidon est un polymère de glucose insoluble



Remarque : la présence d'amidon est mise en évidence par une couleur sombre (bleue-noire) lors d'un test à l'eau iodée.

**=> ici, un exercice 1 avec un document qui sert de support. Vous devez l'utiliser !**

**EXERCICE 1 :  
(7 POINTS)**

**Les sèves des plantes à fleurs**

Les végétaux présentent une organisation fonctionnelle adaptée à un mode de vie fixée. Ils sont dotés de structures d'échanges et de transport.

**QUESTION :**

**Expliquer les mécanismes permettant la production des sèves.**

*Vous rédigerez un texte argumenté qui s'appuiera sur le document proposé, complété si besoin d'expériences et/ou d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

**Document :** composition moyenne comparée de quelques éléments de la sève brute et de la sève élaborée.

	Sève brute	Sève élaborée
H <sub>2</sub> O (en %)	99	80
Glucides (saccharose et autres glucides solubles) (en g/L)	Traces	100 à 300
Ions minéraux (en g/L)	0,2 à 4	1 à 5

Source : D'après R. Jones et al, 2013 et S. Satoh, 2006

**Sujet 3 Référentiel 8**

**Exercice 1 – Première proposition (7 points)**

**De la plante sauvage à la plante domestiquée**

**La colonisation de nouveaux milieux par les végétaux**

Bien qu'étant fixés, les végétaux peuvent coloniser de nouveaux milieux. Quelques années après une coulée de lave, des angiospermes s'installent et forment de nouveaux peuplements.

**Présenter les mécanismes liés à la reproduction sexuée qui permettent aux végétaux terrestres de coloniser de nouveaux milieux.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples... Vous intégrerez des arguments issus des documents proposés.*

**Document 1** - Des abeilles chargées de pollen rentrant à la ruche



Abeilles rentrant dans une ruche

Amas de grains de pollen

Site de l'ENS Lyon.

**Document 2** - Une fauvette à tête noire mangeant des fruits de sureau



Site de l'ENS Lyon.

**Exercice 2 :**

**L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs et la production de matière organique**

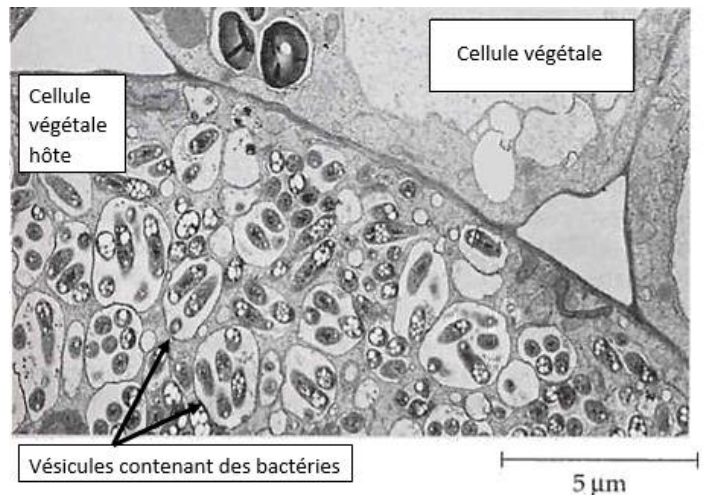
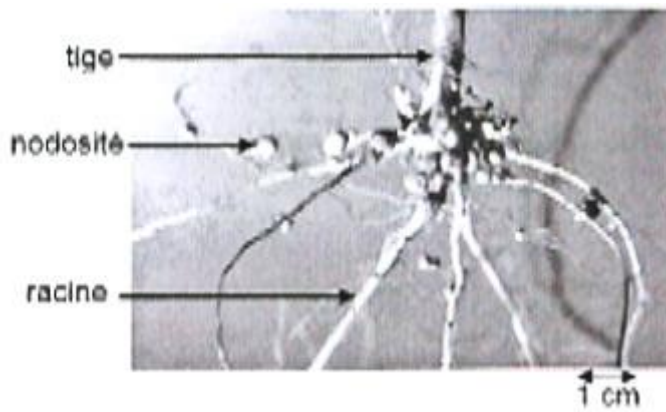
La vie fixée impose des contraintes aux végétaux. Les plantes doivent notamment trouver dans leur environnement les éléments nutritifs à leur fonctionnement comme par exemple les éléments minéraux qu'elles puisent grâce à leur système racinaire.

On cherche à démontrer que la nutrition peut également faire intervenir une association avec un autre être vivant.

**À partir de l'étude des documents et de l'utilisation des connaissances, trouver des arguments permettant d'expliquer l'intérêt de rajouter la bactérie *Bradyrhizobium japonicum* dans les sols français lors de la culture du soja.**

**Document 1 :** Les nodosités, association entre soja et *Bradyrhizobium japonicum*.

Le soja est une fabacée originaire d'Asie riche en éléments nutritifs, notamment en protéines. Il est utilisé pour l'alimentation animale mais également dans l'alimentation humaine.



Document 1a : Photographie de racine de soja cultivée avec *Bradyrhizobium japonicum*

[www.INRA.fr](http://www.INRA.fr)

Document 1b : Electronographie d'une coupe transversale de nodosité

D'après E.H. Newcomb, University of Wisconsin, BPS

**Document 2 :** Influence de *Bradyrhizobium japonicum* sur le rendement du soja

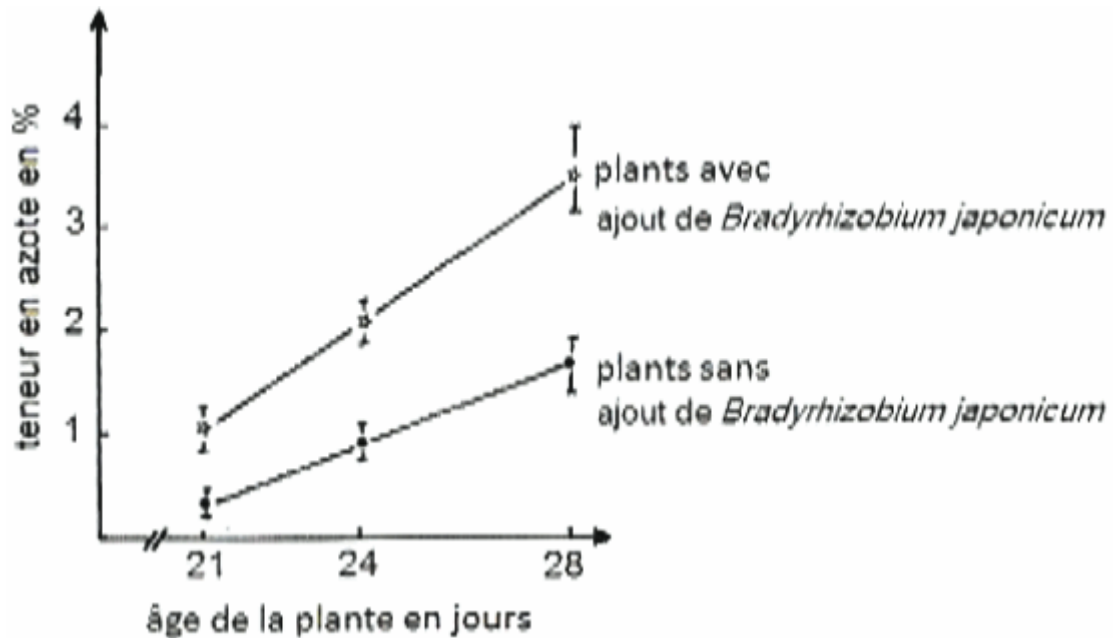
Les données ont été obtenues en évaluant le nombre de nodosités par plant et la masse des graines obtenues par hectare (rendement)

Type de culture Mesures effectuées	Soja sans ajout de <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Soja avec ajout de <i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Nombre de nodosités par plant	3,8	32
Rendement en quintaux par hectare	29,4	47,4

*Essais réalisés par l'INRA de Dijon sur une parcelle française jamais cultivée en Soja (synthèse des années 2007 à 2012)*

**Document 3 :** Influence de *Bradyrhizobium japonicum* sur la teneur en azote des parties aériennes d'une plante proche du soja.

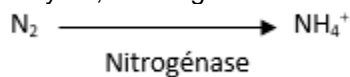
La teneur en azote (présent dans les molécules organiques, telles que les protéines) est mesurée dans les parties aériennes des plantes. Cette mesure est effectuée au cours du temps avec ou sans ajout de *Bradyrhizobium japonicum*.



M. Gueye, thèse de Doctorat, 1982

#### Document 4 : Activité de *Bradyrhizobium japonicum* et origine de l'azote utilisé par la plante

Certaines bactéries comme *Bradyrhizobium* sont capables de transformer l'azote atmosphérique ( $N_2$ ) grâce à une enzyme, la nitrogénase :



Les plantes ne peuvent pas prélever l'azote atmosphérique  $N_2$ . Pour produire leur matière organique (protéines), elles prélèvent dans le sol l'azote sous forme de  $NH_4^+$  ou de  $NO_3^-$ .

On mesure dans la plante le pourcentage d'azote provenant de la fixation par les bactéries des nodosités en fonction de la quantité en azote  $NH_4^+$  et  $NO_3^-$  dans le sol.

Quantité d'azote ( $NO_3^-$ et $NH_4^+$ ) directement utilisable par la plante dans le sol en kg d'azote par hectare	50	125	200
Pourcentage d'azote dans la plante provenant de la fixation bactérienne au sein des nodosités	85	60	42

Expérimentation au champ INRA Dijon modifié d'après Voisin et coll, 2002

#### Organiser son devoir

Rédigez une introduction concernant le sujet et reformulez la question.

Les documents 1 et 2 peuvent faire l'objet d'une première partie présentant le rôle des nodosités:

- le document 1 montre que les racines de soja présentent des nodosités au niveau des racines. Ces nodosités correspondent à une association entre les cellules végétales racinaires et la bactérie. La culture de soja est utilisée pour l'alimentation humaine et aussi pour les animaux d'élevage. Le soja est riche en protéines, ce qui amènera à s'interroger du « pourquoi » cette richesse en protéines.
- le document 2 permet de comparer le rendement du soja avec peu ou avec davantage de nodosités : la présence de nodosités augmente les rendements.

On s'intéresse alors dans une seconde partie au rôle joué par les nodosités, quel avantage présente les bactéries en relation avec le métabolisme de l'azote.

- le document 3, à l'aide d'une comparaison, permet de montrer que la présence de rhizobium augmente la teneur en azote de la plante. Or l'azote est un élément chimique des protéines, ce qui révèle alors que la production de protéines est plus élevée, ce qui permet de répondre à la question précédente « pourquoi cette richesse en protéine ».

- le document 4 permet enfin d'expliquer pourquoi la présence de ces bactéries augmente la richesse en azote des plantes. On s'intéresse alors à une transformation chimique de  $N_2$  en  $NH_4^+$  catalysée par une enzyme des bactéries. La plante ne possède pas cette enzyme ; on comprend alors l'avantage de l'association entre plante et bactérie, la plante va bénéficier d'un apport supplémentaire en ions  $NH_4^+$ .

Une conclusion permettra ensuite de montrer ainsi pourquoi il est intéressant de mettre dans les sols français des bactéries *Rhizobium japonicum*.

## Corrigé

### Introduction

Les plantes absorbent les éléments minéraux indispensables à leur métabolisme par leur système racinaire.

Cependant, certaines associations, comme l'association entre des bactéries et des cellules végétales du soja ont un effet bénéfique pour la plante.

On cherche à montrer l'intérêt de l'ajout de ces bactéries dans les sols français lors de culture du soja.

### I Influence de la présence de nodosités sur le rendement du soja

Le document 1a montre que les nodosités correspondent à des petits renflements présents à la base de la tige et sur les racines d'un plant de soja cultivé avec les bactéries *Bradyrhizobium*. Une coupe transversale au niveau des nodosités et observée au microscope électronique permet de montrer que dans une des cellules végétales, des bactéries sont présentes dans des vésicules. On peut compter entre trois à 5 bactéries par vésicules.

*On en déduit qu'au niveau des nodosités il y a une étroite association entre les cellules végétales et les bactéries qui sont dans la cellule dite hôte.*

Le document 2 montre l'influence de *Bradyrhizobium japonicum* sur le rendement du soja. On compare la masse des graines /ha obtenue pour des cultures de soja sans ajout des bactéries et des cultures avec ajout de bactéries. Les travaux expérimentaux ont été suivis pendant 5 ans. On observe que pour des plants de soja possédant en moyenne 3,8 nodosités par plant, le rendement est de 29,4 quintaux par hectare alors qu'avec des plants présentant en moyenne 10 fois plus de nodosités par plant, le rendement est multiplié par 1,6.

*On peut en déduire, en admettant que le seul paramètre qui varie d'une culture à une autre est le nombre de nodosités par plant, que l'ajout de bactéries augmente la production de graine de soja en favorisant la présence des nodosités sur les plantes.*

D'autre part, d'après le document 1 le soja, originaire d'Asie, est riche en éléments nutritifs, notamment en protéines. On peut se demander alors s'il existe un lien entre la présence de *Bradyrhizobium japonicum* et cette richesse en protéines. Pourquoi cette bactérie augmente-t-elle les rendements de soja ?

### II Métabolisme azoté des plants de soja

Le document 3 montre l'influence de *Bradyrhizobium japonicum* sur la teneur en azote des parties aériennes d'une plante proche du soja. On évalue cette teneur en fonction de l'âge de la plante. On constate qu'en 7 jours, les plants sans ajout de bactérie ont une teneur en azote qui passe de 0,2% à 1,5% alors que pour les plants avec bactéries ce pourcentage passe de 1 à 3,5%. *On en déduit que la présence de ces bactéries favorise l'approvisionnement en azote de la plante.*

Or, on sait que l'azote est un élément chimique essentiel à la synthèse des protéines qui contiennent de l'azote (molécule avec C,H,O et N). *On en déduit que cet approvisionnement supplémentaire et donc la teneur plus élevée en N dans les feuilles expliquent la richesse en protéine de ces plantes.*

Le document 4 nous montre l'origine de cet azote. Les plantes ne peuvent pas prélever l'azote atmosphérique (rappelons que l'atmosphère a une teneur en diazote  $N_2$  d'environ 70%). Elles prélèvent dans le sol des ions  $NH_4^+$  ou  $NO_3^-$ , source d'azote pour produire des protéines.

Cependant les bactéries Bradyrhizobium, grâce à une enzyme, la nitrogénase, sont capable de transformer l'azote atmosphérique en  $NH_4^+$ . *On peut en déduire, que grâce aux nodosités, les plantes peuvent alors bénéficier d'un apport supplémentaire en N sous forme d'ions  $NH_4^+$  qu'elles sont capables de métaboliser.*

Pour vérifier cela, des chercheurs de l'INRA ont réalisé des expériences au cours desquelles ils ont mesuré, dans la plante, le pourcentage d'azote provenant de la fixation par les bactéries des nodosités en fonction de la quantité de  $NH_4^+$  et de  $NO_3^-$  du sol. Ils ont donc émis l'hypothèse que si le sol est riche en ions azotés, la plante pourra consommer cet azote mais si le sol est pauvre en ions azotés, la source principale d'azote viendra des nodosités. *Les résultats valident cette hypothèse* : sur des sols pauvres en ions azotés (50 kg d'azote par hectare), le pourcentage d'azote provenant de la fixation bactérienne est de 85% alors que sur des sols riches en ions azotés (200 kg/ha), 42% de l'azote de la plante provient de la fixation bactérienne. On peut quand même remarquer que même sur un sol plus riche en ions azotés, l'azote provenant de la fixation bactérienne reste importante (presque la moitié).

### **Conclusion**

Cette étude montre l'intérêt de rajouter des bactéries comme Bradyrhizobium japonicum dans les sols car, en s'associant étroitement aux plantes (association qui forme des nodosités), les bactéries transforment alors l'azote atmosphérique en ions  $NH_4^+$  que les plantes peuvent métaboliser. L'apport en azote dans la plante est plus important et la production de protéines aussi. Les plantes ont alors de meilleur rendement. D'autre part, cela permettrait de diminuer les apports d'engrais azotés.

## **Sujet 5 Référentiels 6 et 7**

**À partir des documents et des connaissances, montrer que l'association de l'arganier et de champignons du sol, permet à cet arbre de mieux se développer dans un milieu pauvre en sels minéraux.**

### **Document 1 : Présentation de l'arganier**

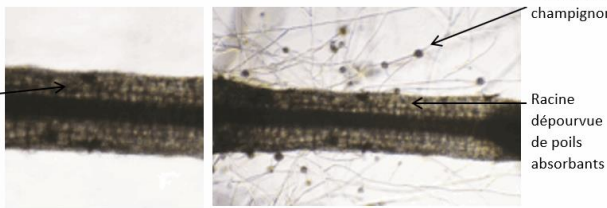
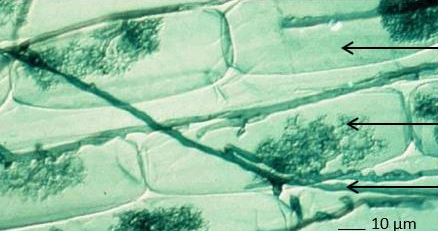


*D'après <https://ich.unesco.org>*

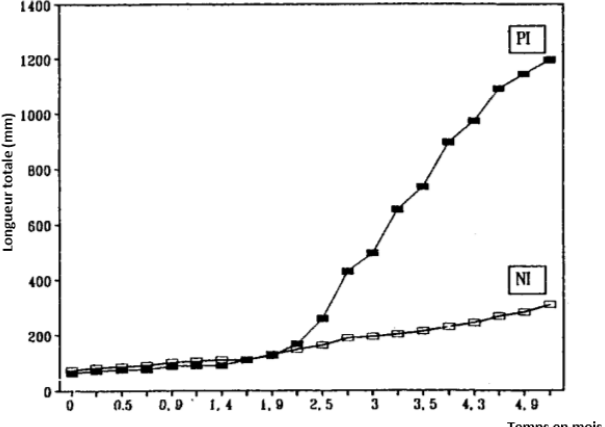

L'arganier pousse dans des régions arides dont le sol est pauvre en éléments minéraux. Il possède un large système racinaire qui plonge jusqu'à plus de 30 mètres de profondeur. Ses racines sont dépourvues de poils absorbants.

## Document 2 : Observation d'une racine mycorhizée à différentes échelles

Une mycorhize est une association symbiotique entre un champignon et les parties souterraines d'un végétal.

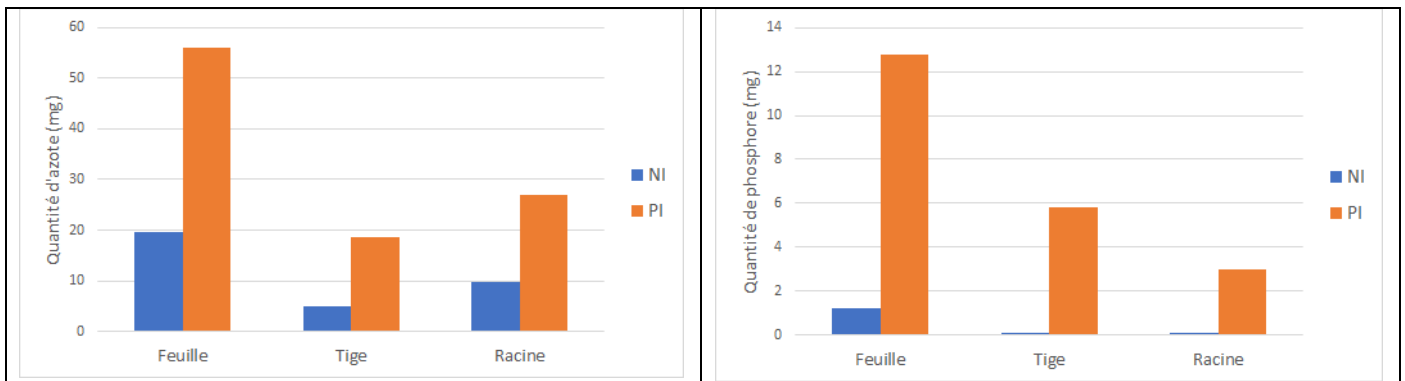
<p><b>2a : Racine d'une plante non mycorhizée ou mycorhizée</b></p> <p><i>D'après www.usemyke.com</i></p>	<p><b>2b : Zone d'échange entre le champignon et les cellules racinaires</b></p> <p><i>D'après http://www.manabio.fr</i></p>
 <p>Vue microscopique d'une racine non mycorhizée</p> <p>Vue microscopique d'une racine mycorhizée</p> <p>2 mm</p>	 <p>Cellule racinaire</p> <p>Arbuscule</p> <p>Filament du champignon</p> <p>10 µm</p>

## Document 3 : Etude de la croissance de l'arganier cultivé en présence ou en absence d'un champignon

<p><b>3a : Moyenne de la longueur de la tige et de ses ramifications pour deux lots d'arganiers mycorhizés (PI) ou non (NI)</b></p> <p><i>D'après Nouaïm R et Chaussod R. Effet de la mycorhization contrôlée sur la croissance de l'arganier (Argania spinosa) après sa transplantation en sol non désinfecté 1997</i></p>	<p><b>3b : Appareil racinaire d'un plant d'arganier mycorhizé (PI) ou non mycorhizé (NI)</b></p> <p><i>D'après Sellal and Al. Efft of endomycorrhizal inoculum on growth of argan tree 2017</i></p>																																				
 <p>Longueur totale (mm)</p> <p>Temps en mois</p> <table border="1"> <caption>Approximate data from the graph</caption> <thead> <tr> <th>Temps (mois)</th> <th>Longueur totale (mm) - PI</th> <th>Longueur totale (mm) - NI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>50</td><td>50</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>100</td><td>100</td></tr> <tr><td>1.5</td><td>150</td><td>150</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>250</td><td>180</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>450</td><td>200</td></tr> <tr><td>3.0</td><td>650</td><td>220</td></tr> <tr><td>3.5</td><td>850</td><td>250</td></tr> <tr><td>4.0</td><td>1050</td><td>280</td></tr> <tr><td>4.5</td><td>1200</td><td>300</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>1300</td><td>320</td></tr> </tbody> </table>	Temps (mois)	Longueur totale (mm) - PI	Longueur totale (mm) - NI	0	0	0	0.5	50	50	1.0	100	100	1.5	150	150	2.0	250	180	2.5	450	200	3.0	650	220	3.5	850	250	4.0	1050	280	4.5	1200	300	5.0	1300	320	<p>Les mycorhizes ne sont pas observables à cette échelle.</p>  <p>NI</p> <p>PI</p>
Temps (mois)	Longueur totale (mm) - PI	Longueur totale (mm) - NI																																			
0	0	0																																			
0.5	50	50																																			
1.0	100	100																																			
1.5	150	150																																			
2.0	250	180																																			
2.5	450	200																																			
3.0	650	220																																			
3.5	850	250																																			
4.0	1050	280																																			
4.5	1200	300																																			
5.0	1300	320																																			

## Document 4 : Effet de la mycorhization sur la quantité de phosphore et d'azote dans les différentes parties de l'arganier après 6 mois





*D'après R. Nouaïm and Al. Micorhizaldependency of microporpagatedargan tree 1994*

## Exercice 2 Développer un raisonnement scientifique

### Organiser son devoir

Rédigez une introduction concernant le sujet (de quoi s'agit-il ?) et reformuler la question.

Le document 1 est une présentation générale de l'arganier et décrit les conditions du milieu dans lequel il vit : milieu aride donc pauvre en eau, sol pauvre en sels minéraux. Sur le plan morphologique, cet arbre atteint une taille importante, son système racinaire est très développé mais sans poils absorbants. La présentation de cet arbre doit donc vous amener à vous interroger sur l'approvisionnement de cet arbre en éléments minéraux.

Vous pouvez alors étudier le document 3 qui introduit l'effet de la symbiose mycorhizienne, association racine-champignon, sur le développement racinaire de l'arbre. L'étude de ces deux documents peuvent faire l'objet d'un premier paragraphe qui cerne l'arbre à l'échelle macroscopique.

Les documents 2 et 4 permettent d'expliquer à l'échelle cellulaire puis moléculaires l'intérêt de cette symbiose. Vous abordez alors dans un second paragraphe la relation étroite entre les cellules racinaires et les filaments du champignon (filaments mycéliens) ce qui permet de comprendre l'effet de la mycorhization sur les quantités de phosphore et d'azote présentes dans les différents organes d'une plante mycorhizée comparées à celle d'une plante non mycorhizée.

Remarque : dans ce type d'exercice, vous devez toujours rappeler à quel document vous faites référence.

### Corrigé

#### Introduction

L'arganier est un arbre dont les racines présentent une association avec des champignons. Ce type d'association est une symbiose dès lors qu'elle apporte un bénéfice réciproque aux deux organismes. On cherche à montrer que cette symbiose est indispensable pour permettre le développement de l'arganier.

#### I Morphologie et milieu de vie de l'arganier

Le document 1 présente l'arganier : cet un arbre qui peut atteindre une grande taille et pourtant il vit dans des régions arides, donc pauvres en eau, et sur des sols pauvres aussi en sels minéraux. De plus son système racinaire est dépourvu de poils absorbants. Or, les poils absorbants permettent d'alimenter la plante en eau et sels minéraux.

*On en déduit que cet arbre présente des particularités qui lui permettent d'être adapté à ce milieu.*

Une de ces particularités est un développement très important de son système racinaire jusqu'à des profondeurs de plus de 30 mètres. Le volume de sol que l'arbre peut exploiter est donc élevé.

Cependant, cette croissance importante de la partie aérienne et de la partie souterraine de l'arganier est liée à la présence de champignons mycorhiziens.

Pour le démontrer, des chercheurs ont réalisé des expériences avec des arganiers non mycorhizés et des arganiers mycorhizés.

Le document 3a montre que la longueur moyenne de tige de jeunes arganiers non mycorhizés atteint en 5 mois environ 300 mm alors que celle de jeunes arganiers mycorhizés atteint 1200 mm : la croissance est



quatre fois plus rapide dans le second cas. *On en déduit que la présence de champignons favorise effectivement le développement de l'arganier.*

De plus, le document b montre que le développement racinaire est plus important lorsque les arganiers sont mycorhizés.

*Ainsi, les mycorhizes favorisent la croissance de la partie aérienne de la plante mais aussi celle de la partie souterraine.*

Pourquoi et comment cette association permet-elle un développement plus important de l'arganier ?

## **II Une association étroite entre le champignon et l'arganier**

Les champignons mycorhiziens vivent dans le sol et forment un réseau de filaments qui s'associent aux racines des arbres. Le document 2a montre, par une observation effectuée au microscope optique, la présence de ces filaments sur des racines mycorhizées alors que pour des racines non mycorhizées, ces filaments ne sont pas présents. Ces filaments ont une taille bien inférieure à celle de la racine.

Le document 2b montre, par une observation au microscope optique avec un grossissement plus important, que les filaments mycéliens pénètrent à l'intérieur de la racine, s'immiscent entre les cellules racinaires et pénètrent dans les cellules.

*On en déduit ainsi que les cellules végétales établissent des relations étroites avec le champignon. La présence de filaments mycéliens à l'intérieur des cellules végétales permet de montrer qu'il y a endosymbiose car l'un des deux organismes (le champignon) pénètre dans les cellules de l'autre organisme (le végétal).*

On a cherché à montrer que cette relation très étroite permet d'alimenter avantageusement la plante en éléments minéraux.

Le document 4 présente les effets de la mycorhization sur les quantités de phosphore et d'azote dans les différentes parties de l'arganier.

En 6 mois, on observe une plus forte quantité de phosphore et d'azote dans les feuilles, la tige et les racines d'arganier mycorhizée par rapport à celle d'un arganier non mycorhizée. Pour l'azote, ces quantités sont deux à trois fois supérieures à celles mesurées sur un arganier non mycorhizé. Quant au phosphore, en l'absence de mycorhizes, les quantités sont infimes dans les racines et la tige et elle est de 1 mg dans une feuille. Par contre, on en a mesuré 12 mg dans une feuille, 6 mg dans une tige et 3 mg dans une racine.

*On en déduit que la mycorhization favorise l'absorption des éléments minéraux. Les filaments mycéliens puisent ces éléments minéraux dans le sol et la plante bénéficie de cet apport grâce à l'étroite relation observée entre ces filaments et les cellules racinaires.*

## **Conclusion**

L'arganier vit dans un milieu pauvre en éléments minéraux. Cependant la mycorhization lui permet de suffisamment s'approvisionner en éléments minéraux grâce une étroite association entre les filaments mycéliens et les cellules racinaires. L'arganier développe alors un vaste système racinaire qui permet d'alimenter l'arbre et donc de permettre une croissance importante.