

UE PHYSIOLOGIE GENERALE– SVT302 Novembre 2006
DEVOIR SURVEILLE DE PHYSIOLOGIE VEGETALE

Durée : 1 h 30 min - Aucun document ni calculatrice autorisés – Le sujet est exposé sur les 2 premières pages. Répondre directement sur la copie aux 4 questions obligatoires et indépendantes. La qualité formelle des réponses (propreté, lisibilité, orthographe/grammaire) sera prise en compte pour la note finale.

1. (4,5 points) Quels sont les trois éléments minéraux des engrais ? Expliquez en quelques lignes, sans schéma, les bases d'une fertilisation raisonnée.

2. (4 points) Faites un schéma légendé montrant l'absorption du potassium par une plante à partir du sol et son transfert dans une cellule de feuille. En imaginant la situation la plus simple, proposer le(s) lieu(x) des deux passages apoplaste-symplaste du potassium et de son passage symplaste-apoplaste. Expliquer en quelques phrases pourquoi et comment l'absorption du potassium est régulée.

3. (5 points) Ecrire les réactions suivantes et indiquez le lieu où elles se produisent. Il n'est pas nécessaire d'équilibrer stoïchiométriquement ces réactions.

Nitrification :

Réduction du nitrate en nitrite :

Réaction catalysée par la nitrogénase

Réaction catalysée par la pompe à protons

Réaction catalysée par la glutamate synthétase

4. (6,5 points) Exercice : Le stress hydrique chez les plantes

Un sol couvert de plantes mésophytes contient une solution dont la concentration totale en ions minéraux est initialement de 33,3 mmoles/litre. Un épisode prolongé de sécheresse survient. La teneur en eau du sol diminue dans les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Temps | teneur en eau du sol | Potentiel hydrique du sol (bars) |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 jour | 100 % | |
| 3 jours | 1/5 ^{ème} soit 20 % | |
| 6 jours | 1/10 ^{ème} , soit 10 % | |
| 9 jours | 1/15 ^{ème} soit 6,7 % | |
| 12 jours | 1/20 ^{ème} soit 5 % | |
| 15 jours | 1/25 ^{ème} soit 4 % | |

Vous considèrerez qu'une solution contenant 1000 mmoles/litre d'ion a un potentiel hydrique de - 30 bars et que le sol n'a qu'une composante osmotique de son potentiel hydrique.

- Compléter le tableau ci-dessus (colonne de droite ; le détail des calculs n'est pas nécessaire à montrer)
- Est-ce que les plantes poussant sur ce sol auront un problème de nutrition hydrique ? A quel moment ? Justifier votre réponse.
- Quel sera le premier symptôme morphologiquement visible du stress hydrique chez ces plantes ? Décrire et expliquer ce symptôme (ne pas faire de schéma).

Les pages suivantes vous proposent pour chaque question un corrigé

1. (4,5 points) Quels sont les trois éléments minéraux des engrais ? Expliquez en quelques lignes, sans schéma, les bases d'une fertilisation raisonnée.

1.(4,5 points) Quels sont les trois éléments minéraux des engrais ? Expliquez en quelques lignes, sans schéma, les bases d'une fertilisation raisonnée.

Les engrais apportent trois éléments minéraux principaux aux plantes : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K). On parle donc d'engrais ternaires.

Une fertilisation raisonnée permet de calculer la quantité minimum d'engrais à apporter pour avoir un bon rendement de la récolte en limitant au maximum à la fois la pollution environnementale et le coût financier des engrais. Elle se fait en tenant compte de la teneur initiale du sol en éléments minéraux, des exportations d'éléments minéraux liés à la récolte précédente, et des besoins de la nouvelle culture.

2. (4 points) Faites un schéma légendé montrant l'absorption du potassium par une plante à partir du sol et son transfert dans une cellule de feuille. En imaginant la situation la plus simple, proposer le(s) lieu(x) des deux passages apoplaste-symplaste du potassium et de son passage symplaste-apoplaste. Expliquer en quelques phrases pourquoi et comment l'absorption du potassium est régulée.

2. (4 points) Faites un schéma légendé montrant l'absorption du potassium par une plante à partir du sol et son transfert dans une cellule de feuille. En imaginant la situation la plus simple, proposer le(s) lieu(x) des deux passages apoplaste-symplaste du potassium et de son passage symplaste-apoplaste. Expliquer en quelques phrases pourquoi et comment l'absorption du potassium est régulée.

Entre la solution du sol et une cellule de feuille, le potassium doit successivement traverser trois membranes plasmiques grâce à un transporteur :

- Rentrer dans le symplaste d'une cellule racinaire localisée dans le cortex racinaire au niveau de la zone des poils absorbants (cellule pouvant aller du poil absorbant jusqu'à l'endoderme). Ceci est la conséquence de l'existence du cadre de Caspari hydrophobe au niveau de l'endoderme).
- Sortir du symplaste pour être chargée au niveau d'un élément conducteur du xylème dans le cylindre central racinaire, au même niveau que précédemment.
- Repasser, après son transport apoplastique dans le xylème dans le symplaste d'une cellule de feuille.

Le potassium est un macroélément essentiel pour les plantes. Il joue donc des rôles très importants dans les cellules végétales, rôles à la fois dans le cytoplasme (il stabilise les structures des macromolécules par des interactions électrostatiques avec leurs charges négatives de surface) et dans les vacuoles (rôle osmotique). Son absorption est régulée en fonction des besoins des plantes. Cette régulation se fait grâce à une panoplie de systèmes de transports localisés sur la membrane plasmique et la membrane vacuolaire de toutes les cellules végétales, et capables de fonctionner avec des vitesses, des affinités pour le potassium, des sélectivités, et une dépendance énergétique (transports passifs ou actifs) très variables.

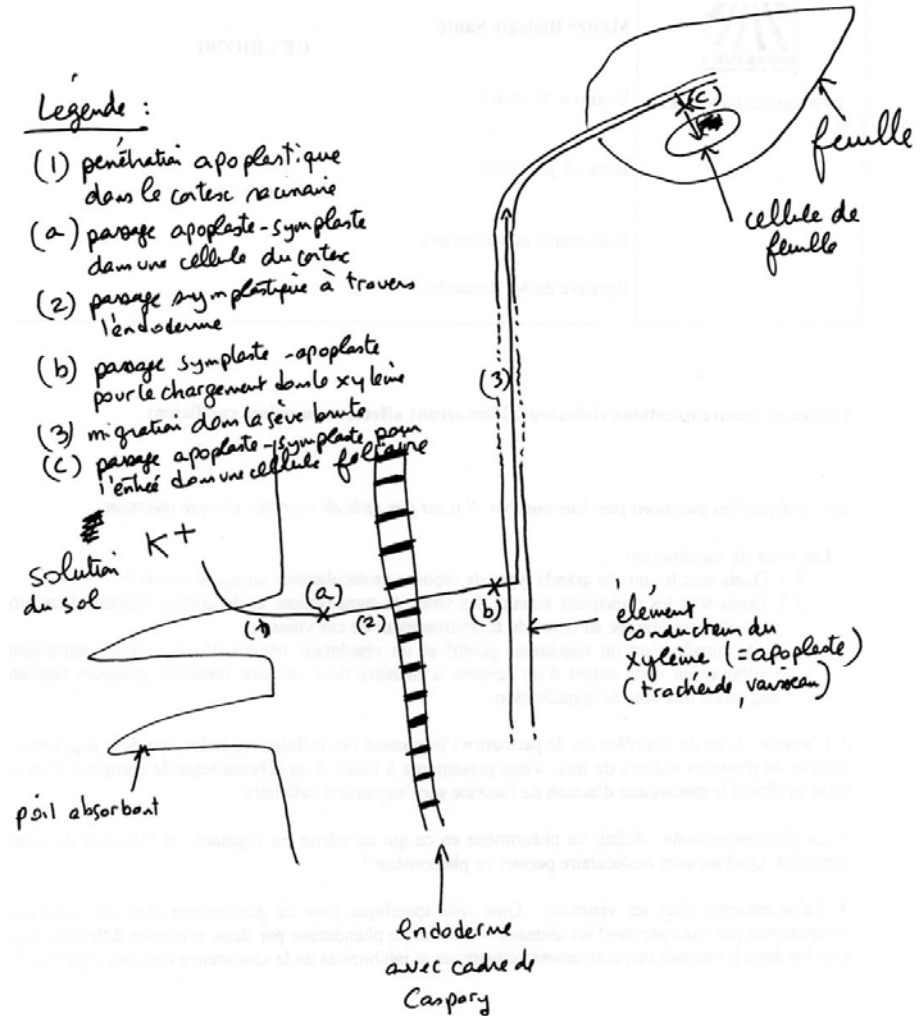


Schéma montrant l'absorption du potassium depuis la solution du sol jusqu'à une cellule de feuille

Legende :

- (1) pénétration apoplastique dans le cortex racinaire
- (a) passage apoplaste-symplaste dans une cellule du cortex
- (2) passage symplastique à travers l'endoderme
- (b) passage symplaste-apoplaste pour le chargement dans le xylème
- (3) migration dans la sève brute
- (c) passage apoplaste-symplaste pour l'entrée dans une cellule foliaire

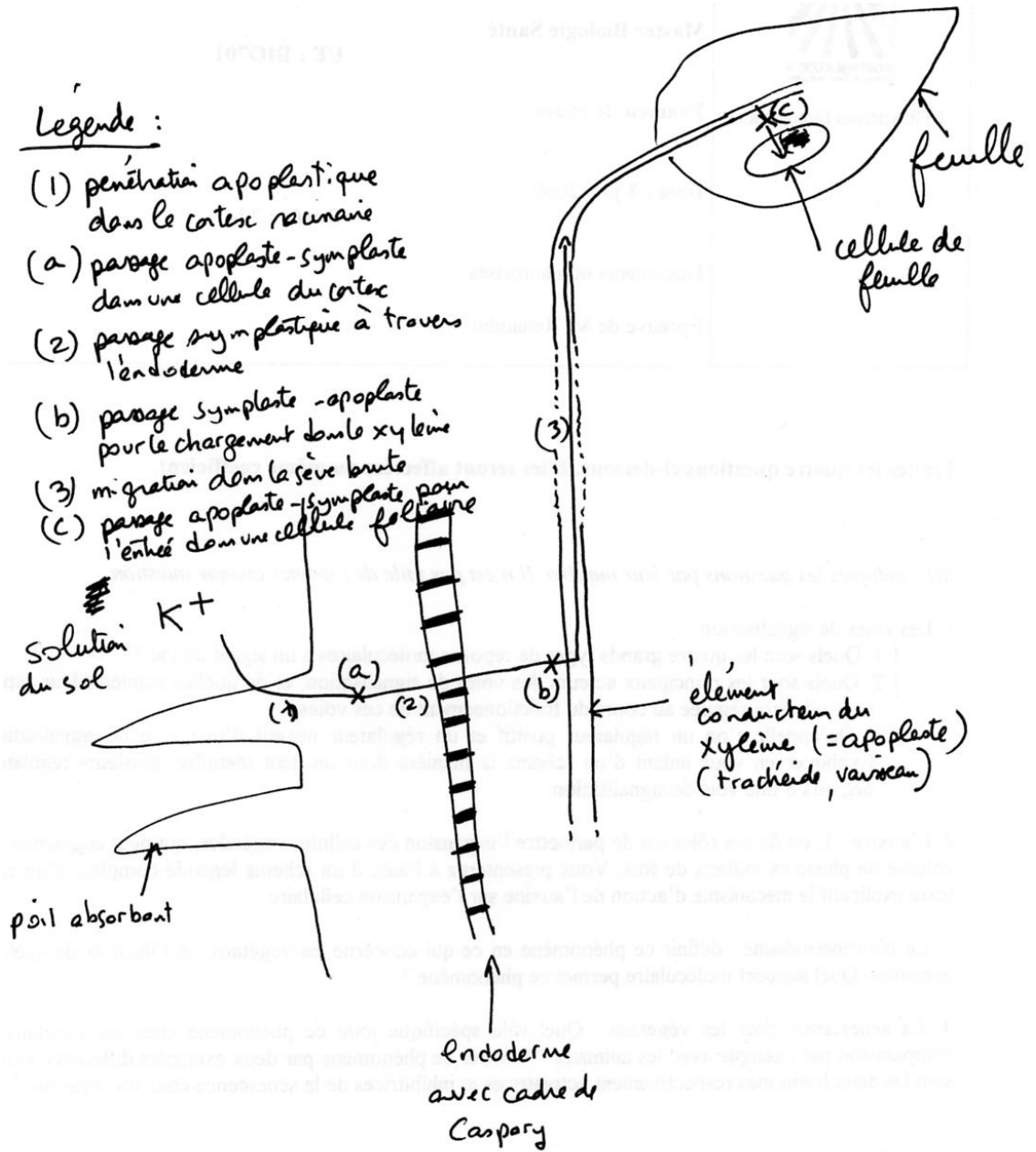


Schéma montrant l'absorption du potassium depuis la solution du sol jusqu'à une cellule de feuille

3. (5 points) Ecrire les réactions suivantes et indiquez le lieu où elles se produisent. Il n'est pas nécessaire d'équilibrer stoïchiométriquement ces réactions.

Nitrification :

Réduction du nitrate en nitrite :

Réaction catalysée par la nitrogénase

Réaction catalysée par la pompe à protons

Réaction catalysée par la glutamate synthétase

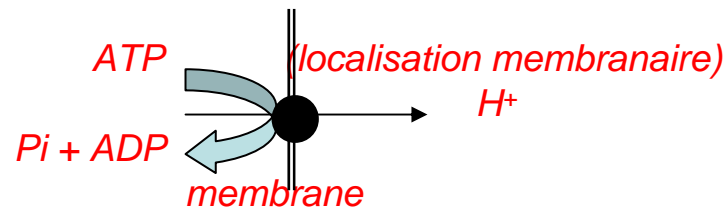
3. (5 points) Ecrire les réactions suivantes et indiquez le lieu où elles se produisent. Il n'est pas nécessaire d'équilibrer stoïchiométriquement ces réactions.

Nitrification : $NH_4^+ + O_2 \longrightarrow NO_3^- + H_2O$ (bactéries du sol)

Réduction du nitrate en nitrite : $NO_3^- + NADPH \longrightarrow NO_2^- + NADP^+$ (cytoplasme d'une cellule végétale)

Réaction catalysée par la nitrogénase : $N_2 + ATP \longrightarrow NH_4^+$ (bactéries diazotrophes)

Réaction catalysée par la pompe à protons :



Réaction catalysée par la glutamate synthétase : (cytoplasme d'une cellule végétale)

Glutamine + acide α -cétoglutarique + NADH \longrightarrow 2 glutamate + NAD⁺

4. (6,5 points) Exercice : Le stress hydrique chez les plantes

Un sol couvert de plantes mésophytes contient une solution dont la concentration totale en ions minéraux est initialement de 33,3 mmoles/litre. Un épisode prolongé de sécheresse survient. La teneur en eau du sol diminue dans les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Temps | teneur en eau du sol | Potentiel hydrique du sol (bars) |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 jour | 100 % | |
| 3 jours | 1/5 ^{ème} soit 20 % | |
| 6 jours | 1/10 ^{ème} , soit 10 % | |
| 9 jours | 1/15 ^{ème} soit 6,7 % | |
| 12 jours | 1/20 ^{ème} soit 5 % | |
| 15 jours | 1/25 ^{ème} soit 4 % | |

Vous considèrerez qu'une solution contenant 1000 mmoles/litre d'ion a un potentiel hydrique de - 30 bars et que le sol n'a qu'une composante osmotique de son potentiel hydrique.

- Compléter le tableau ci-dessus (colonne de droite ; le détail des calculs n'est pas nécessaire à montrer)

- Est-ce que les plantes poussant sur ce sol auront un problème de nutrition hydrique ? A quel moment ? Justifier votre réponse.

- Quel sera le premier symptôme morphologiquement visible du stress hydrique chez ces plantes ? Décrire et expliquer ce symptôme (ne pas faire de schéma).

4. (6,5 points) Exercice : Le stress hydrique chez les plantes

Un sol couvert de plantes mésophytes contient une solution dont la concentration totale en ions minéraux est initialement de 33,3 mmoles/litre. Un épisode prolongé de sécheresse survient. La teneur en eau du sol diminue dans les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Temps | teneur en eau du sol | Potentiel hydrique du sol (bars) |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 jour | 100 % | - 1 bar |
| 3 jours | 1/5 ^{ème} soit 20 % | - 5 bars |
| 6 jours | 1/10 ^{ème} , soit 10 % | - 10 bars |
| 9 jours | 1/15 ^{ème} soit 6,7 % | - 15 bars |
| 12 jours | 1/20 ^{ème} soit 5 % | - 20 bars |
| 15 jours | 1/25 ^{ème} soit 4 % | - 25 bars |

Vous considèrerez qu'une solution contenant 1000 mmoles/litre d'ion a un potentiel hydrique de - 30 bars et que le sol n'a qu'une composante osmotique de son potentiel hydrique.

- Compléter le tableau ci-dessus (colonne de droite ; le détail des calculs n'est pas nécessaire à montrer)

Calculs : Si 1000 mmol/litre équivalent à - 30 bars, alors

33,3 mmol/litre représentent x bars,

$$\text{et } x = \frac{33,3 * (- 30)}{1000} = - 1 \text{ bar à 0 jour}$$

Par la suite, si la teneur en eau du sol diminue 5 fois, la solution du sol devient donc 5 fois plus concentrée, donc son potentiel hydrique diminue 5 fois : cela signifie qu'il devient 5 fois plus petit, donc qu'il passe de - 1 bar à - 5 bars (petit piège, ne pas dire - 0,2 bar !).

Par la suite, même raisonnement, pour chaque jour, le potentiel hydrique diminue dans le même rapport que la teneur en eau. Les teneurs d'eau en % ne servent à rien dans cet énoncé.

4. (6,5 points) Exercice : Le stress hydrique chez les plantes

Un sol couvert de plantes mésophytes contient une solution dont la concentration totale en ions minéraux est initialement de 33,3 mmoles/litre. Un épisode prolongé de sécheresse survient. La teneur en eau du sol diminue dans les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Temps | teneur en eau du sol | Potentiel hydrique du sol (bars) |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 jour | 100 % | - 1 bar |
| 3 jours | 1/5 ^{ème} soit 20 % | - 5 bars |
| 6 jours | 1/10 ^{ème} , soit 10 % | - 10 bars |
| 9 jours | 1/15 ^{ème} soit 6,7 % | - 15 bars |
| 12 jours | 1/20 ^{ème} soit 5 % | - 20 bars |
| 15 jours | 1/25 ^{ème} soit 4 % | - 25 bars |

Vous considèrerez qu'une solution contenant 1000 mmoles/litre d'ion a un potentiel hydrique de - 30 bars et que le sol n'a qu'une composante osmotique de son potentiel hydrique.

- Compléter le tableau ci-dessus (colonne de droite ; le détail des calculs n'est pas nécessaire à montrer)

- Est-ce que les plantes poussant sur ce sol auront un problème de nutrition hydrique ? A quel moment ? Justifier votre réponse.

Les plantes auront un problème de nutrition hydrique entre le 9^{ème} jour et le 12^{ème} jour. En effet ce sont des plantes mésophytes, moyennement adaptée à résister au stress hydrique. Ce type de plantes n'est pas capable de réguler son potentiel hydrique racinaire en le baissant en dessous de - 16 bars en moyenne. Donc quand le potentiel hydrique du sol devient plus petit que - 16 bars, l'eau qui reste dans le sol ne peut plus rentrer dans la plante du fait d'un potentiel hydrique plus fort dans la plante que dans le sol. On appelle point de flétrissement cet état du sol qui ne peut plus apporter son eau aux plantes. Il est d'environ - 16 bars pour les plantes mésophytes.

4. (6,5 points) Exercice : Le stress hydrique chez les plantes

Un sol couvert de plantes mésophytes contient une solution dont la concentration totale en ions minéraux est initialement de 33,3 mmoles/litre. Un épisode prolongé de sécheresse survient. La teneur en eau du sol diminue dans les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Temps | teneur en eau du sol | Potentiel hydrique du sol (bars) |
|----------|---------------------------------|----------------------------------|
| 0 jour | 100 % | - 1 bar |
| 3 jours | 1/5 ^{ème} soit 20 % | - 5 bars |
| 6 jours | 1/10 ^{ème} , soit 10 % | - 10 bars |
| 9 jours | 1/15 ^{ème} soit 6,7 % | - 15 bars |
| 12 jours | 1/20 ^{ème} soit 5 % | - 20 bars |
| 15 jours | 1/25 ^{ème} soit 4 % | - 25 bars |

Vous considèrerez qu'une solution contenant 1000 mmoles/litre d'ion a un potentiel hydrique de - 30 bars et que le sol n'a qu'une composante osmotique de son potentiel hydrique.

- Compléter le tableau ci-dessus (colonne de droite ; le détail des calculs n'est pas nécessaire à montrer)
- Est-ce que les plantes poussant sur ce sol auront un problème de nutrition hydrique ? A quel moment ? Justifier votre réponse.
- Quel sera le premier symptôme morphologiquement visible du stress hydrique chez ces plantes ? Décrire et expliquer ce symptôme (ne pas faire de schéma).

Le premier symptôme morphologiquement visible sera le flétrissement des plantes, c'est à dire le ramollissement de leurs parties herbacées, non lignifiées. Les feuilles, les jeunes tiges se ramolliront et pendront vers le bas. Ceci est dû à la sortie d'une partie de l'eau cellulaire, et donc à la baisse, voire à l'annulation de la pression de turgescence des cellules, qui est responsable de leur maintien rigide quand il n'y a pas de lignine dans leurs parois. Si le stress hydrique est fort, il peut même y avoir ensuite plasmolyse, c'est-à-dire perte d'eau plus importante par les cellules, et baisse du volume cellulaire par rétraction de la membrane plasmique, qui accentue le phénomène de flétrissement. Ce phénomène est réversible dans certaines limites, si l'on apporte ensuite de l'eau aux plantes.