

Devoir sur table n°1

SVT, ÉPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS

L'usage d'abaques, de tables et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par des moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit. La calculatrice est **interdite**.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le surveillant qui contrôlera et éventuellement remplacera le sujet.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Vous répondrez aux questions posées en construisant méthodiquement votre argumentation sur l'analyse des documents proposés et sur vos connaissances et en adéquation avec les consignes explicites propres à chaque question.

Les réponses seront précises, concises et structurées.

Géologie – Durée conseillée : 1 h 45

Thème : les Causses du Quercy

Le Quercy est une région naturelle du Sud-Ouest de la France, située en grande partie dans le département du Lot, département tirant son nom de la rivière Lot, qui le traverse d'Est en Ouest. Les Causses désignent des plateaux calcaires d'altitude moyenne (400-1 000 m).

Partie 1 : les argiles des Causses du Quercy

1.1. L'origine des argiles

Question 1a.

- Complétez le document 1 (cases laissées en blanc).
- Quelle est la signification de « TO » et « TOT » ?

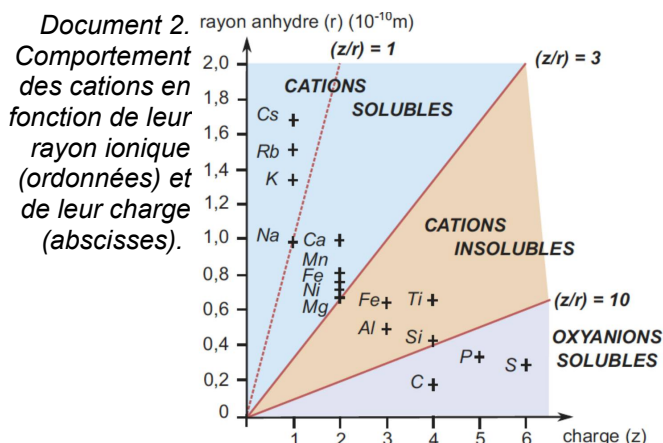
Minéral	Formule chimique	Remarque	Pourcentage dans le granite
Albite	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	plagioclase sodique	20-30 %
Anorthite	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	plagioclase calcique	5-10 %
Orthose			25-40 %
Quartz			30-40 %
Biotite	$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$		5 %
Illite	$\text{KAl}_2(\text{OH})_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	argile TOT	0 %
Kaolinite	$\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	argile TO	0 %

Document 1. Quelques caractéristiques de certains minéraux silicatés courants. Les cases blanches sont à compléter.

Question 1b.

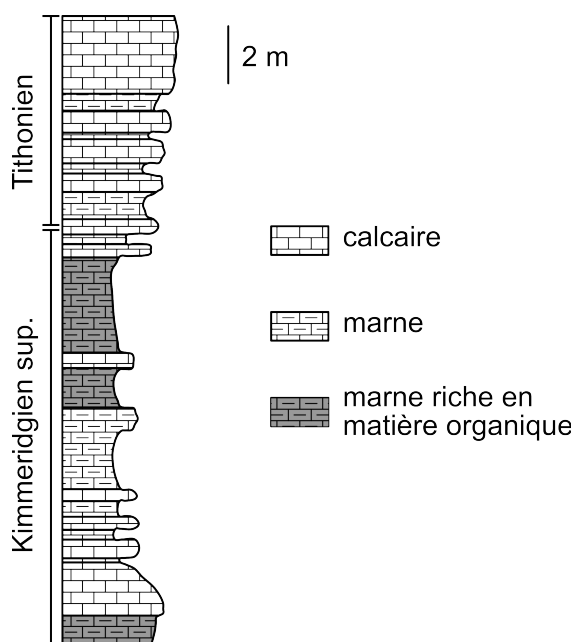
- Définissez brièvement les deux processus d'altération (chimique) des roches.
- En climat tempéré, quel est le principal minéral silicaté produit à partir de l'hydrolyse de l'orthose ? Ecrivez et équilibrez cette réaction d'hydrolyse. NB : cette réaction libère notamment de la silice soluble, qu'on écrira $\text{Si}(\text{OH})_4$; on pourra équilibrer avec des ions H_3O^+ ou HO^- .
- Calculez les rapports stoechiométriques du silicium sur l'aluminium chez le réactif (orthose) et chez le minéral silicaté produit, et déduisez-en le nom donné à ce processus.

Question 2. Commentez le document 2. En quoi permet-il d'expliquer les produits de la réaction d'hydrolyse de la question 1b ?

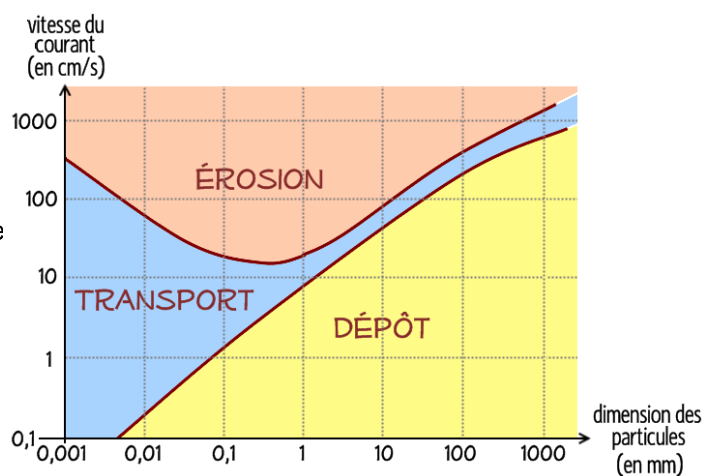


1.2. Des argiles dans les calcaires ?

Crayssac est une commune du Quercy. On a réalisé un *log* stratigraphique du Jurassique supérieur de cette région.



Document 3a. Log stratigraphique du Jurassique supérieur de Crayssac.



Document 3b. Diagramme de Hjulström.

Question 3.

- Rappelez ce qu'est une marne.
- Comment peut-on expliquer l'alternance marno-calcaire dans le *log* stratigraphique ? on s'appuiera sur le document 3b.

La calcite est un minéral soluble dans l'eau, contrairement aux minéraux argileux. L'action de l'eau sur une roche riche en calcite et en argile a donc tendance à dissoudre la calcite et à concentrer l'argile. On parlera ici d'argile de décalcification.

Dans le tableau du document 2, on a testé le taux de percolation dans différents types de sol, plus ou moins riches en argile et calcaire. Le taux de percolation désigne le temps nécessaire (en minutes) pour qu'une hauteur d'eau de 1 cm s'infilte dans le sol.

type de sol	rapport argile/calcaire	taux de percolation
graviers	0-0,05	< 0,4 min.cm ⁻¹
sable	0,1-0,15	0,4-1,6 min.cm ⁻¹
limon	0,15-0,3	5,6 – 16,7 min.cm ⁻¹
argile limoneuse	0,4-0,6	23,8 – 47,2 min.cm ⁻¹
argile	0,9-1	> 47,2 min.cm ⁻¹

Document 4. Taux de percolation de différents types de sols en fonction de la richesse en argile.

Question 4. Analysez le tableau du document 4. Quelle propriété des argiles est mise en évidence dans ce document ?

La photographie du document 5a a été prise en Lozère, sur un plateau calcaire plus ou moins marneux, ayant beaucoup de similitudes avec le Causse du Quercy (doc en couleur distribué à part).

Question 5.

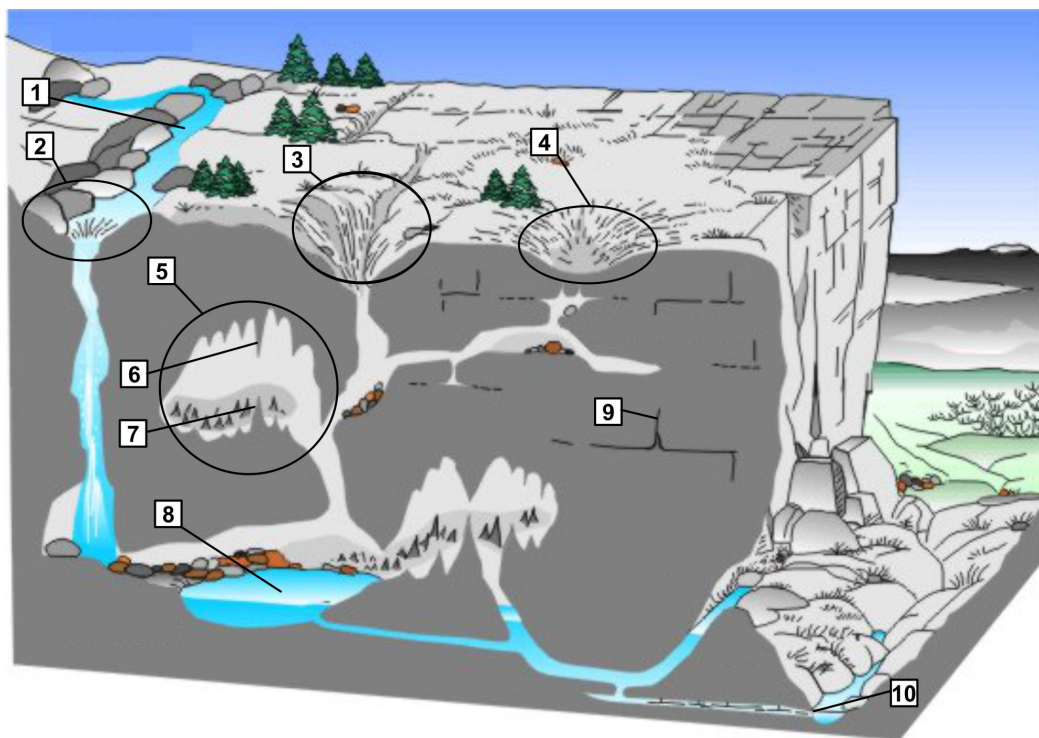
- Dans le tableau ci-dessous, complétez les légendes du document 5b.
- Identifiez la structure du document 5a. Comment peut-on expliquer ses caractéristiques, en lien avec la question 4 ?

numéro	nom
1	cours d'eau
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	



Document 5a. Structure photographiée en Lozère.

Document 5b.
Quelques
structures
caractéristiques de
l'altération en
terrain calcaire.

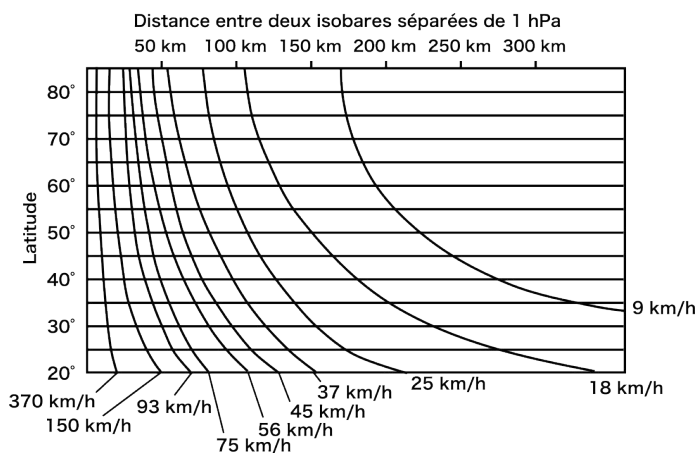


Partie 2 : le climat des Causses du Quercy

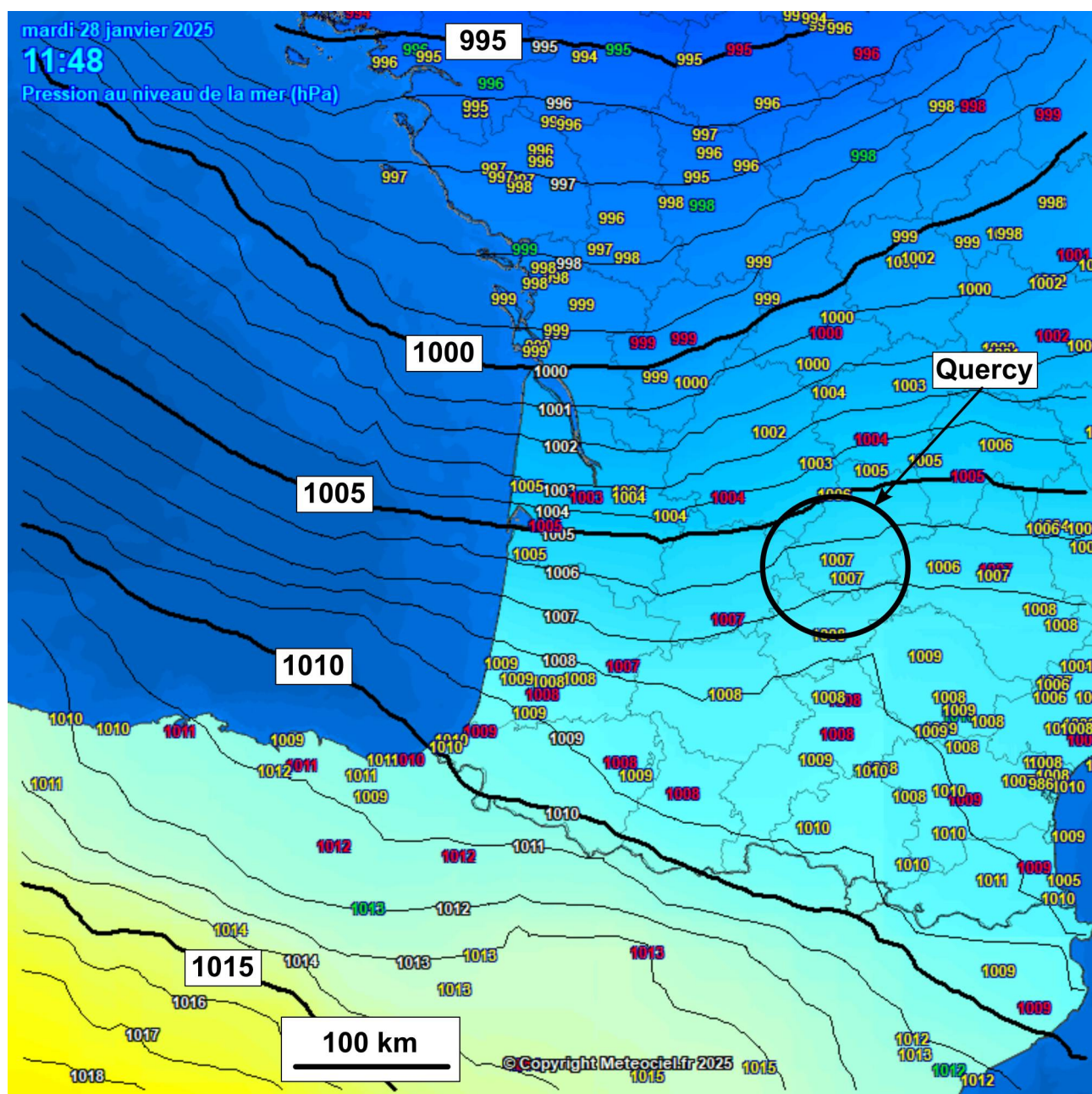
Fin janvier 2025, la tempête Herminia frappe la France. Le Quercy est touché par de fortes précipitations et des vents violents.

Question 6.

- A l'aide de l'échelle géostrophique (document 6a) et de la carte du document 6b, déterminez la vitesse moyenne des vents dans le Quercy pendant la tempête Herminia.
- Sur la carte du document 6b, représentez par un vecteur le vent moyen dans le Quercy pendant la tempête Herminia. On utilisera l'échelle suivante : 1 cm correspond à un vent de 20 km/h. On veillera à justifier la réponse, en particulier pour la direction et le sens du vent.



Document 6a: Echelle géostrophique donnant la vitesse du vent (en km/h) en fonction de la latitude et de la distance entre deux isobares séparés de 1 hPa. Chaque courbe correspond à une vitesse en km/h.



Document 6b. Carte barométrique correspondant au 28 janvier 2025 dans le Sud-Ouest de la France. Carte à compléter. Les valeurs de pression sont données en hPa. Le Quercy est situé à une latitude comprise entre 44° et 45° N.

Les Causses du Quercy correspondent aux premiers contreforts du massif central, depuis la plaine aquitaine. Leur altitude est comprise entre 300 et 500 m.

Question 7. A l'aide de cette information et de vos connaissances sur la formation des nuages, proposez une explication au fait que le Quercy ait été particulièrement arrosé pendant la tempête Herminia. Votre réponse sera accompagnée d'un schéma.

Biologie – Durée conseillée : 1 h 45

Thème : le phosphate chez les végétaux

Partie 1 : Conséquence d'une carence en phosphate sur le développement

Les sols sont organisés verticalement et sont décrits en horizons. L'horizon A est dit horizon de surface, contient de la matière organique. L'horizon B est enrichi, par infiltration des eaux de surface, en éléments fins ou amorphes : argiles, oxydes de fer et d'aluminium, parfois humus (matière organique dégradée). L'élément phosphore (P) est présent sous différentes formes dans les sols. La forme biodisponible est le phosphate inorganique (H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} noté Pi).

Le **document 1** décrit l'organisation d'un sol où poussent des végétaux.

Document 1 : Composition d'un sol en Australie. disp = biodisponible ; C, N, P, K et Ca symbolisent les éléments chimiques.

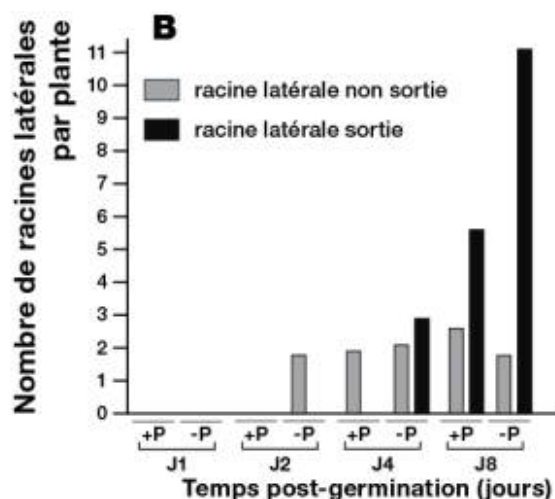
Horizon	Épaisseur (cm)	pH	C (%)	N total (g.kg^{-1})	P total (mg.kg^{-1})	P disp (mg.kg^{-1})	K disp (mg.kg^{-1})	Ca disp (cmol.kg^{-1})
A	5,5	5,8	3,16	0,80	66,6	< 3,6	93,0	2,53
B	78,8	6,6	0,38	0,26	47,3	< 2,3	87,4	< 1,20

Question 1. Analyser le document 1 dans la perspective de nutrition végétale en phosphate.

Question 2. Fournir le nom de trois molécules biologiques distinctes où l'élément phosphore peut être présent. Préciser la structure chimique de l'une d'elles au choix.

Question 3. Nommer les cellules racinaires permettant l'absorption du phosphate et expliquer comment se fait cette absorption.

On utilise le végétal Arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) comme modèle d'étude de la croissance.



Document 2 : caractères de l'appareil racinaire selon la disponibilité en phosphate dans le sol

Le sol contrôle, noté « +P », contient du phosphate inorganique à une concentration de 1 mmol.L^{-1} . Le sol carencé, noté « -P », contient du phosphate inorganique à une concentration de $10 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$. Remarque : les racines latérales « non sorties » commencent à se former mais ne sont pas visibles macroscopiquement contrairement aux racines latérales « sorties. »

Question 3. Analyser le document 2 afin d'expliquer la réaction du végétal à un sol pauvre en phosphate.

La croissance de la racine se réalise grâce au méristème apical racinaire, siège de mitoses, situé à l'apex de la racine au-dessus de la coiffe. Les cellules formées grandissent puis se différencient en différents types cellulaires constitutifs des tissus de la racine.

On construit différents individus transgéniques d'*A. thaliana* afin de caractériser le fonctionnement du méristème apical racinaire (MAR).

Document 3 : Observations de l'apex racinaire selon la disponibilité en phosphate dans le sol (doc couleur distribué à part)

La lignée DR5::GUS contient le gène codant la β -D-glucuronidase associé à un promoteur inductible par l'auxine. L'enzyme catalyse un substrat expérimental incolore en un produit bleu foncé.

La lignée CycB1::GUS contient le gène codant la β -D-glucuronidase associé à un promoteur inductible par la cycline B1, protéine synthétisée par la cellule lors de son entrée en mitose.

La lignée pAtPT2::GUS contient le gène codant la β -D-glucuronidase associé à un promoteur du gène codant pour le transporteur de phosphate d'*A. thaliana*, pAtPT2.

Remarque : la technique utilisée ici est celle du gène rapporteur. L'activation du promoteur placé en amont du gène de la β -D-glucuronidase se traduit par une coloration bleue foncée au niveau cellulaire.

Question 5. Analyser le document 3 afin de comparer le fonctionnement de l'apex racinaire dans les deux types de milieux, pauvre ou riche en phosphate.

Partie 2 : Les racines protéoïdes

Certains taxons végétaux différencient des racines protéoïdes ou cluster roots (CR), comprenant des groupes denses de courtes racines latérales.

Le **document 4a** montre ces racines chez le Lupin (*Lupinus luteus*). Le **document 4b** analyse le comportement du lupin qui différencie des racines protéoïdes dans différentes conditions.

Toutes les plantes ont été cultivées dans un sol contenant 2 mmol.L^{-1} de phosphate pendant 4 semaines. Elles sont ensuite transférées et cultivées pendant 8 semaines sur un sol contenant la concentration indiquée en phosphate inorganique (Pi). Le document 4b indique le résultat de la culture.



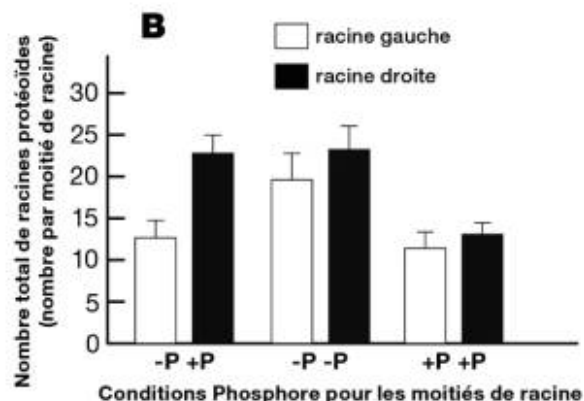
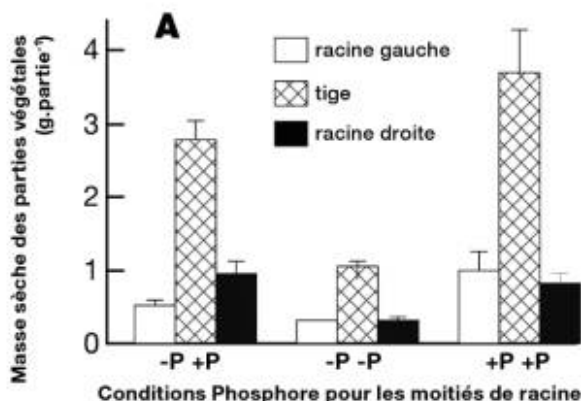
Document 4a (ci-contre) : racines protéoïdes de Lupin 6 et 10 jours après apparition de ces racines

Document 4b (ci-contre) : résultats de la culture. Les valeurs sont fournies avec l'écart-type à la moyenne.

Pi ajouté ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Nombre de racines protéoïdes par plante	Masse sèche de la tige (g)
0	$32,2 \pm 4,5$	$2,5 \pm 0,2$
1	$14,3 \pm 6,1$	$3,4 \pm 0,3$
2,5	$0,2 \pm 0,4$	$4,2 \pm 0,4$
5	0	$4,7 \pm 0,4$
10	0	$4,9 \pm 0,3$
25	0	$5,0 \pm 0,3$

Question 6. Analyser le document 4. Formuler une hypothèse expliquant la présence des racines protéoïdes.

On conçoit un système de culture à racines séparées (*split-root*) lors d'une culture de lupin. Les graines germent dans un sol favorable durant 6 jours. Elles sont alors transplantées dans un milieu sans Pi durant 18 jours. Enfin, on transplante les lupins en plaçant une moitié des racines dans un environnement de composition connue et la seconde moitié dans un autre environnement. L'appareil aérien du végétal est donc approvisionné par deux milieux. Au bout de 16 jours, on mesure les masses sèches des différentes parties des végétaux (**document 5-A**) et le nombre de racines protéoïdes par plante (**document 5-B**).



Document 5 : Mesures de masses sèches de tiges et racines de lupin et du nombre de racines protéoïdes dans un système de culture à racines séparées.

La condition « -P +P » signifie que la racine gauche est dans un sol carencé en P_i , tandis que la racine droite est dans un sol riche en P_i . Les barres représentent l'écart-type.

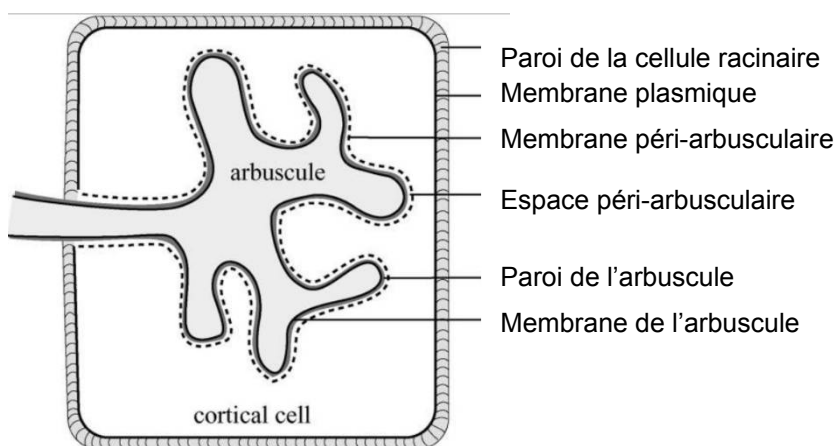
Le compartiment « -P » est alimenté avec $0 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de P_i , le compartiment « +P » avec $250 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de P_i .

Question 7. Analyser les résultats obtenus dans le document 5-A et 5-B dans le système de culture à racines séparées afin de préciser les conséquences d'un appauvrissement en phosphate sur le développement de la plante

Question 8. Analyser la condition « -P +P » du document 5-B pour discuter du paradoxe par rapport au document 2.

3. Transfert de phosphate d'un champignon endomycorhizien aux cellules racinaires

La luzerne *Medicago trunculata* établit une symbiose de type endomycorhize avec différents champignons (*Glomus sp.* ; *Rhizophagus irregularis*.). Cette association favorise l'extraction du phosphate du sol : il est récupéré par le champignon puis transféré à la plante. Le transfert entre les deux partenaires a nécessairement lieu au niveau des arbuscules que le champignon développe en étroite relation avec les cellules racinaires (structure présentée dans le document page suivante, DOCUMENT NON A ETUDIER).



Document 6 : Organisation de l'interface arbuscule (partenaire mycélien) – cellule racinaire (partenaire angiosperme)

Le criblage d'une banque d'ADN génomique de *Medicago* a permis d'identifier un gène dont la séquence pourrait correspondre à un nouveau transporteur de phosphate : *MtPT4*. Ce gène a été introduit dans une levure qui ne comporte pas de transporteur de phosphate. La protéine MtPT4 est bien retrouvée au niveau membranaire. L'intensité de l'influx de phosphate dans la levure est mesurée en faisant varier le pH du milieu.

Document 7 : Intensité de l'influx de phosphate dans différentes conditions de pH extracellulaire

pH	3	4	5	6	7
Influx ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$)	3200 $\pm$ 40	2800 $\pm$ 120	2200 $\pm$ 40	1500 $\pm$ 200	1600 $\pm$ 550

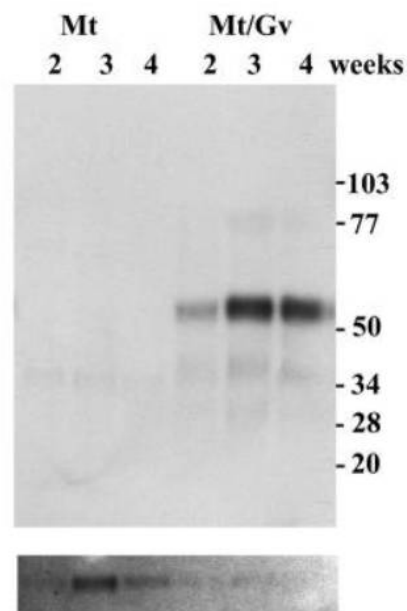
L'influx de phosphate chez les levures non transgéniques est indétectable.

Question 9. Analyser ces résultats expérimentaux. Formuler une hypothèse pour expliquer l'influence du pH sur l'influx de phosphate.

Les protéines membranaires sont extraites au bout de 2,3 ou 4 semaines, à partir de racines de *Medicago* non inoculés (Mt) ou inoculés avec *Glomus* (Mt/Gv).

Ces protéines membranaires sont ensuite séparées par électrophorèse en conditions dénaturantes. Les transporteurs de phosphate sont révélés par western blotting (**document 8**).

Document 8 (ci-contre) : suivi de l'expression des protéines MtPT1 et MtPT4. La révélation est réalisée avec des anticorps spécifiques de MtPT4 (gel du haut) ou MtPT1, un transporteur classique des ions phosphate, ubiquitaire dans la racine et indépendant des symbioses (gel du bas). L'emplacement des marqueurs de taille est figuré à droite (en kDa).



Question 10. Indiquer quelles sont les conditions d'expression des protéines MtPT1 et MtPT4. Justifier votre réponse.

Un mutant *ha-1* de *Medicago* a été isolé : il ne possède pas la pompe à protons ATP-dépendante HA-1 dont l'expression est spécifique des cellules racinaires au contact des arbuscules.

Document 9 : observation des arbuscules développés avec des plants sauvages et muté *ha-1* (doc couleur distribué à part).

Les arbuscules développés par le champignon *Rhizophagus* sont observés sur des coupes longitudinales de racines de *Medicago* sauvage (A,C,E) ou muté *ha-1* (F). La fluorescence verte marque spécifiquement la paroi du mycélium.

a : arbuscule ; ih : hyphes intercellulaires
La barre d'échelle représente 40 μm .

Question 11. Comparer le développement des arbuscules chez les plants sauvages et les plants mutés.

Des plants de *Medicago* sauvages et mutés *ha-1* sont mis en contact avec *Rhizophagus*. Après établissement de la symbiose, on place la portion extraracinaire du mycélium au contact de $^{33}\text{PO}_4^{3-}$. Le fait que le champignon soit associé au mutant ne modifie pas le développement de la portion extraracinaire des hyphes. Après une semaine, on dose le ^{33}P radioactif présent dans la plante.

Document 10 : radioactivité retrouvée dans les différents organes (en $\text{kBq}\cdot\text{plant}^{-1}$)

	Racine	Tige
Sauvage	6 $\pm$ 0,7	22 $\pm$ 2,1
Ha-1	0.5 $\pm$ 0,1	1 $\pm$ 0,2

Question 12. Analysez les résultats expérimentaux. L'hypothèse formulée à la question 9 est-elle validée ?

Question 13. D'après l'ensemble des documents étudiés dans la partie 3, proposer un modèle de transfert du phosphate de l'arbuscule à la cellule racinaire.