

BIOLOGIE

Durée : 1h45

Les calculatrices programmables et alphanumériques sont interdites. Les téléphones portables, "smartphones" et tout autre objet connecté doivent être éteints au cours de l'épreuve et ne doivent en aucun cas être utilisés même à titre de montre.

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est strictement interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

La rédaction se fera uniquement à l'encre bleue ou noire et l'utilisation du blanc correcteur et effaceur est interdite. Les découpages et collages sur la copie sont interdits.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas si nécessaire.

Il n'est pas nécessaire de rédiger une introduction et une conclusion.

Remarque importante : les questions suivent une problématique progressive, le jury vous conseille donc de les aborder dans l'ordre du sujet.

Bibliographie et sitographie

<https://www.contrat-sequana.fr/>

<https://www.abeillesentinelles.net/>

<https://www.paldat.org/pub/>

Weber et al., **Plant and Soil** 120, 291-297 (1989).

Carro et al., **The ISME Journal** (2015) 9, 1723–1733

Arnebrant et al., **New Phytol.** (1993), 124, 231-242

Ballhorn et al., 2017, **Oecologia** DOI 10.1007/s00442-017-3888-2

La ripisylve

La **ripisylve** (latin *ripa*, rive et *sylva*, forêt) est la végétation bordant les milieux aquatiques, notamment les cours d'eau. Elle peut former un liseré étroit ou un corridor très large.



Document 1. A. Photographie aérienne d'une ripisylve entourée de champs cultivés. B. Un aulne en bordure de rivière (document simplement illustratif, il n'est pas à analyser).

La composition et l'organisation de la ripisylve varient considérablement suivant les **biomes terrestres** considérés. Toutefois, en France métropolitaine, une espèce d'arbre prédomine : l'aulne (genre *Alnus*, famille des Bétulacées).

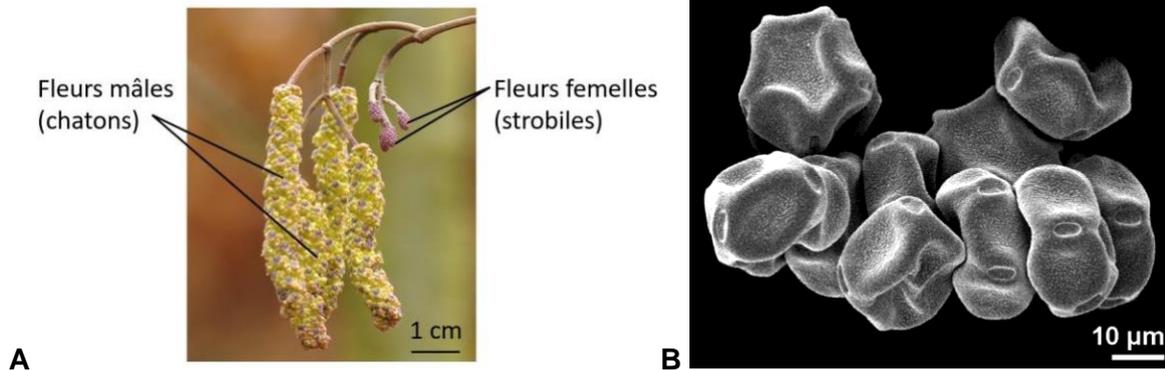
(2 points)

Question 1a. En 5 lignes maximum, définir un biome terrestre.

Question 1b. Citer deux exemples de biomes terrestres.

Partie 1 (4 points)

La reproduction de l'aulne



Document 2. A. Fleurs d'aulne. B. Pollen d'aulne.

On observe que pour un même aulne, il y a un décalage dans la période de floraison des fleurs mâles et femelles : les fleurs mâles arrivent systématiquement à maturité avant les fleurs femelles.

Question 2a. À l'aide des photos du document 2, préciser quel mode de pollinisation est majoritairement utilisé par l'aulne.

Question 2b. Quel est l'avantage évolutif d'un décalage de la maturité des fleurs mâles et femelles ?

Question 2c. Quelle technique de microscopie a été utilisée pour obtenir l'image du document 2B ? Justifier votre réponse.

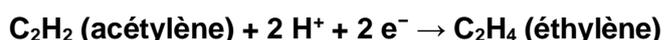
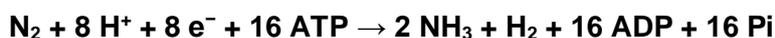
Question 2d. Donner l'ordre de grandeur du grossissement de l'image du document 2B en expliquant votre démarche.

Question 2e. Réaliser un schéma légendé d'une coupe de grain de pollen d'Angiosperme.

Partie 2 (4 points)
Les nodules racinaires de l'aulne

L'aulne a la particularité de posséder des nodules racinaires de grande taille dans lesquels se trouvent des bactéries du genre *Frankia*. Des fragments de nodules sont cultivés en présence d'acétylène pour tester leur éventuelle activité nitrogénase.

La nitrogénase est une enzyme qui catalyse les deux réactions suivantes, indépendamment :



Les résultats de cette expérience historique sont donnés par le tableau du document 3 ; ils sont donnés pour chaque nodule testé :

N° de l'expérience	Masse du fragment de nodule (mg)	Azote organique dans l'appareil racinaire, en % de la biomasse totale	Activité nitrogénase (μmol de C_2H_4 par gramme de masse sèche de nodule et par heure)
1	79	3,1	160
2	84	3,4	158
3	92	3,3	168
4	82	3,4	149
5	106	3,4	161
Jeune aulne cultivé en milieu dépourvu de <i>Frankia</i>	Pas de nodule	1,0	Négligeable

Document 3. Résultats d'une expérience historique sur les nodules de l'aulne.

Le même test appliqué à d'autres fragments d'aulne (feuilles, tiges...) montre qu'ils ne présentent aucune activité nitrogénase.

Question 3a. Dans le cadre du protocole mis en œuvre ici, pourquoi est-ce intéressant de doser l'éthylène (C_2H_4) ? Justifier votre réponse.

Question 3b. Analyser et interpréter les résultats du document 3.

Question 3c. Quel avantage évolutif le fait d'héberger des bactéries du genre *Frankia* représente-t-il pour l'aulne ?

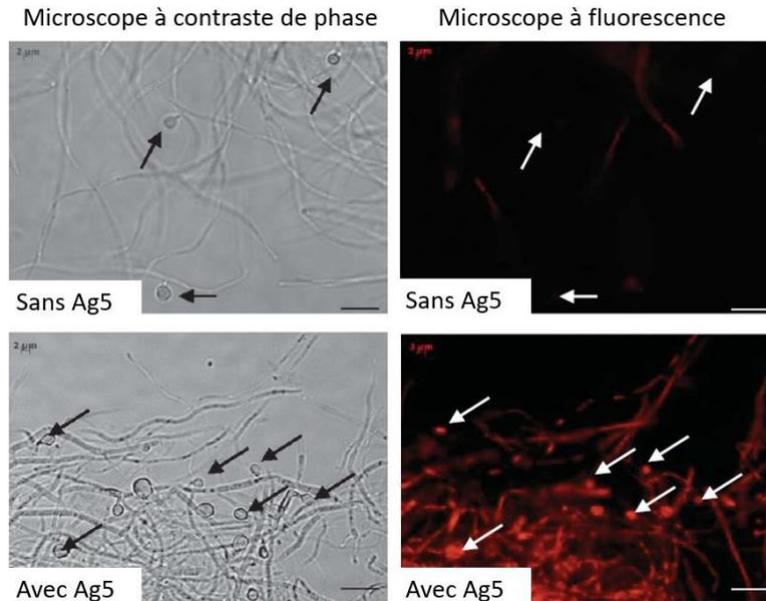
Question 3d. Nommer une autre famille d'Angiospermes réalisant une association similaire et préciser avec quel genre de bactéries elle est associée.

On étudie le dialogue moléculaire entre l'aulne et les bactéries *Frankia*. Celles-ci forment des filaments et des vésicules au sein desquelles se trouve la nitrogénase. On essaie d'identifier les peptides favorisant la libération de composés azotés réduits par les vésicules.

Un peptide nommé Ag5 est synthétisé par des cellules racinaires. On teste l'effet d'Ag5 sur la membrane délimitant ces vésicules.

Des vésicules témoins et des vésicules traitées avec $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ d'Ag5 sont mises en présence d'un

agent fluorescent (iodure de propidium) se fixant sur les acides nucléiques, puis rincées et observées au microscope à fluorescence.



Document 4. Observation de colonies de *Frankia* mises ou non en présence du peptide Ag5. La barre d'échelle représente 10 µm. Les flèches indiquent des vésicules de grande taille. *On ne tiendra pas compte de la différence du nombre de vésicules entre les colonies traitées ou non à Ag5 (simple artefact lié à la zone d'observation).*

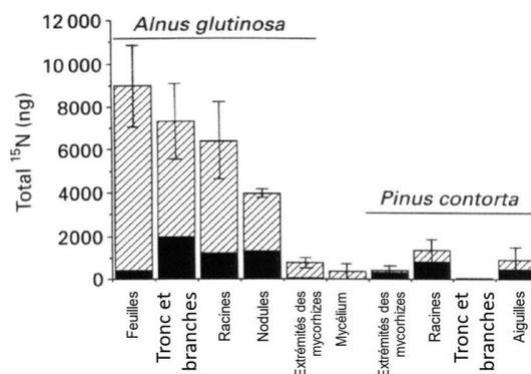
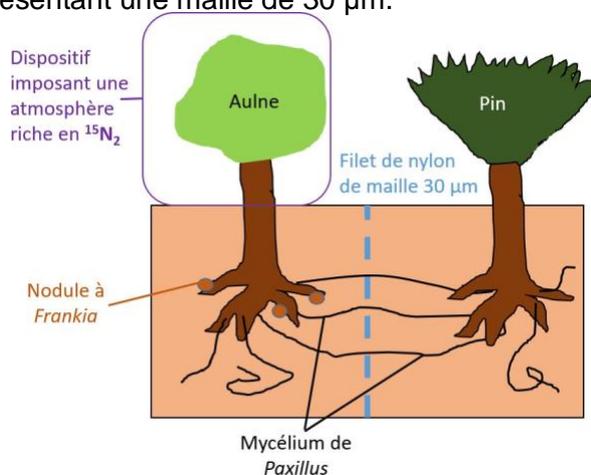
Question 4. Analyser et interpréter les résultats du document 4. Conclure sur le rôle possible d'Ag5 sur la membrane plasmique, puis sur son intervention dans la symbiose aulne/*Frankia*.

Partie 3 (15 points)

Les interactions interspécifiques chez l'aulne

L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) est fréquemment trouvé en association mycorhizienne avec des champignons du genre *Paxillus*. Ces champignons s'associent également avec des pins de l'espèce *Pinus contorta*. On cherche à évaluer le rôle d'une telle association.

On cultive de jeunes aulnes (présentant des nodules racinaires à *Frankia*) et de jeunes pins, reliés entre eux par un mycélium de *Paxillus*. La terre des deux pots est séparée par un filet de nylon présentant une maille de 30 µm.



A.

Document 5. A. Protocole expérimental. B. Aulne cultivé dans une atmosphère enrichie en ¹⁵N₂.

Les rectangles noirs représentent l'azote trouvé dans la fraction hydrosoluble et les rectangles hachurés représentent l'azote trouvé dans les macromolécules. Les barres d'erreur représentent les erreurs standards.

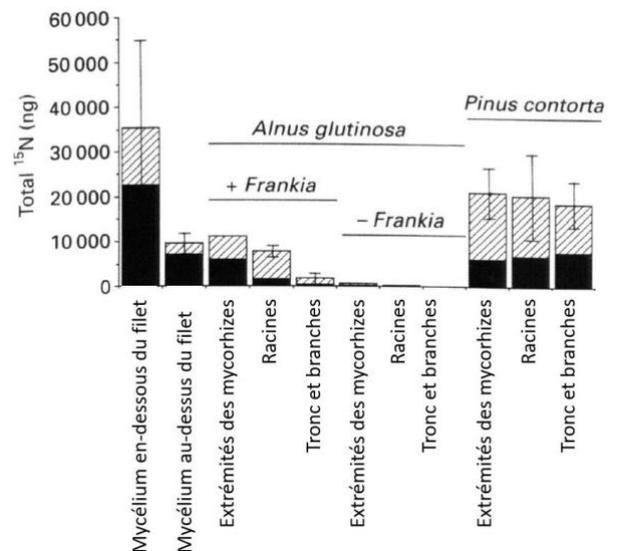
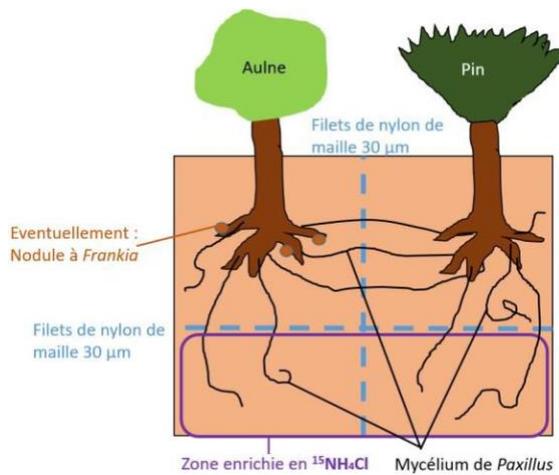
Question 5a. Justifier le choix d'une maille de 30 μm pour les filets de nylon utilisés dans cette expérience. Justifier également le choix de l'isotope ^{15}N .

Question 5b. Nommer deux familles de petites biomolécules solubles contenant de l'azote et deux familles de macromolécules biologiques renfermant de l'azote.

Question 5c. Quelle expérience témoin supplémentaire faudrait-il conduire pour s'assurer que *Pinus contorta* ne possède pas lui-même la capacité à fixer N_2 ?

Question 5d. Analyser et interpréter les résultats du document 5B pour *Pinus contorta*.

Dans une expérience complémentaire, les chercheurs testent la capacité de l'association aulne/pin à se procurer une autre source d'azote : les ions NH_4^+ . On teste séparément des aulnes en symbiose avec *Frankia* et des aulnes dépourvus de symbiotes.



A.

B.

Document 6. A. Le protocole expérimental. B. Les résultats de l'expérience. Les rectangles noirs représentent l'azote trouvé dans la fraction soluble et les rectangles hachurés représentent l'azote trouvé dans les macromolécules. Les barres d'incertitude représentent les erreurs standards.

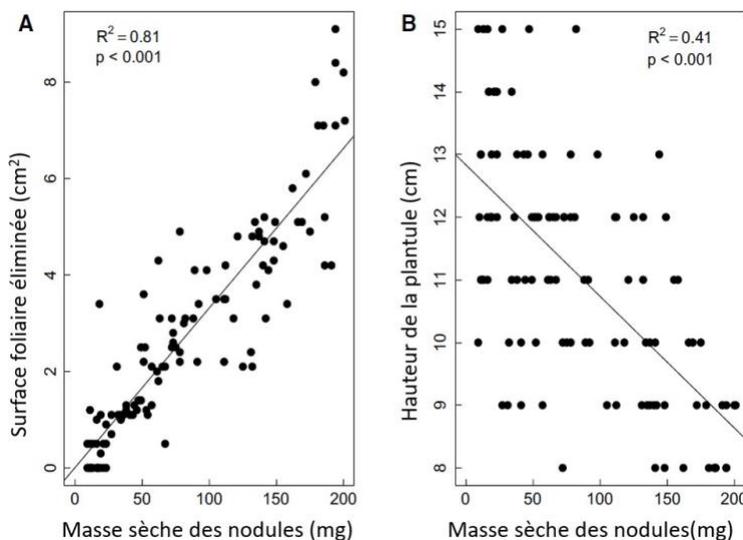
Question 6a. En quoi les résultats des mesures sur les aulnes dépourvus de *Frankia* sont-ils surprenants ? Justifier votre réponse.

Question 6b. D'après vos connaissances, quelle pourrait être la source d'azote utilisée par les aulnes dépourvus de *Frankia* ?

On admet que l'on peut comparer les chiffres des dosages d'azote pour les résultats des documents 5B et 6B.

Question 6c. Déterminer les sources d'azote utilisées chez l'aulne en symbiose avec *Frankia* et chez le pin lorsque ceux-ci sont liés par du mycélium de *Paxillus*.

On s'intéresse aux effets de l'association avec *Frankia* sur la consommation de l'aulne par des espèces phytophages. Au cours d'une expérience de terrain, une centaine de jeunes aulnes est prélevée. La masse des nodules, la hauteur des plantules et la surface foliaire éliminée par les phytophages sont mesurées.



Document 7. A. Corrélation entre la masse des nodules et la surface foliaire éliminée par les phytophages. B. Corrélation entre la masse des nodules et la hauteur de la plantule.

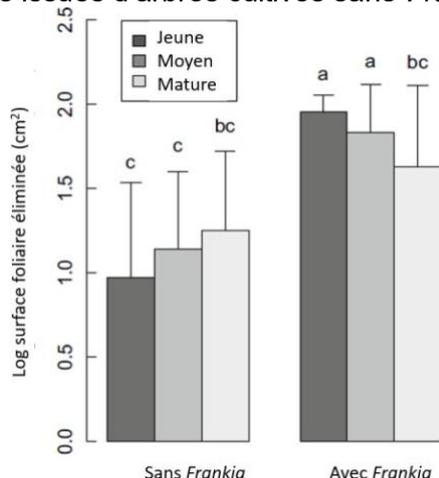
Question 7a. Analyser et interpréter les résultats du document 7.

Question 7b. Proposer une critique au document 7B.

Au cours d'une expérience de laboratoire, des lots de 20 limaces noires juvéniles de taille similaire sont récoltés dans la nature et gardés 24h sans nourriture.

En parallèle, on cultive des aulnes avec ou sans *Frankia*. Pour chaque type d'aulne, on choisit une feuille jeune (longueur < 2,5 cm), une feuille intermédiaire (2,5 à 3,5 cm – noté « moyen » sur le document) et une feuille mature (> 3,5 cm) ; un disque de 2 cm de diamètre est prélevé dans chacune des feuilles.

Les limaces sont placées dans une enceinte où elles ont à leur disposition deux disques provenant de feuilles d'âges similaires mais issues d'arbres cultivés sans *Frankia* ou avec *Frankia*.



Des lettres différentes indiquent des différences significatives entre les moyennes.

Document 8. Surface foliaire consommée par les limaces en fonction du traitement et de l'âge de la feuille lors d'une expérience de choix.

Question 8a. Analyser le document 8 et proposer une ou des hypothèse(s) pour expliquer les résultats observés. Sont-ils cohérents avec ceux du document 7 ?

Question 8b. Proposer un schéma bilan récapitulant l'ensemble des informations sur l'aulne mises en évidence dans les différents documents de ce sujet. La qualité et la précision du schéma seront prises en compte.