SESSION 2026

CONCOURS G2E

BIOLOGIE

Durée : 3 heures

Les calculatrices programmables et alphanumériques sont interdites.

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.

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

La rédaction se fera uniquement à l'encre bleue ou noire.

<u>Attention, sont strictement interdits</u> :

- **L'utilisation du blanc correcteur sous forme liquide, souris ou autre et effaceur.**
- **Les découpages et collages sur la copie.**
- **Les téléphones portables, "smartphones", les montres (connectées ou non), les chronomètres et les réveils.**
- **L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document.**

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

Attention : le sujet de biologie est composé de 2 parties indépendantes dont la numérotation est continue afin d'éviter toute confusion lors de vos réponses. Le jury vous conseille de les composer en 1h30 chacune afin de répondre à toutes les questions.

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

Bibliographie/Sitographie

Biologie 1

Atkinson JA and Wells DM (2017) Front. Plant Sci. 8:1721.
https://planet-vie.ens.fr/thematiques/champignons/ (article de Pascal Combemorel et Anissa Lounès - Hadj Sahraoui)
Fiorilli et al., Nature Scientific Reports, (2018) 8:9625
Kong et al., The Crop Journal (2013), 43-49
Mahmoudi TR, Yu JM, Liu S, Pierson LS III and Pierson EA (2019) Front. Microbiol. 10:1590
Mustafa et al., Functional Plant Biology, 2017, 44, 443–454
Mustafa et al., Mycorrhiza (2016) DOI 10.1007/s00572-016-0698-z
Wang et al., Science 368, 844 (2020)
Zhu et al., Journal of Agronomy and Crop Sciences (2016) ISSN 0931-2250. p486 à 496

Biologie 2

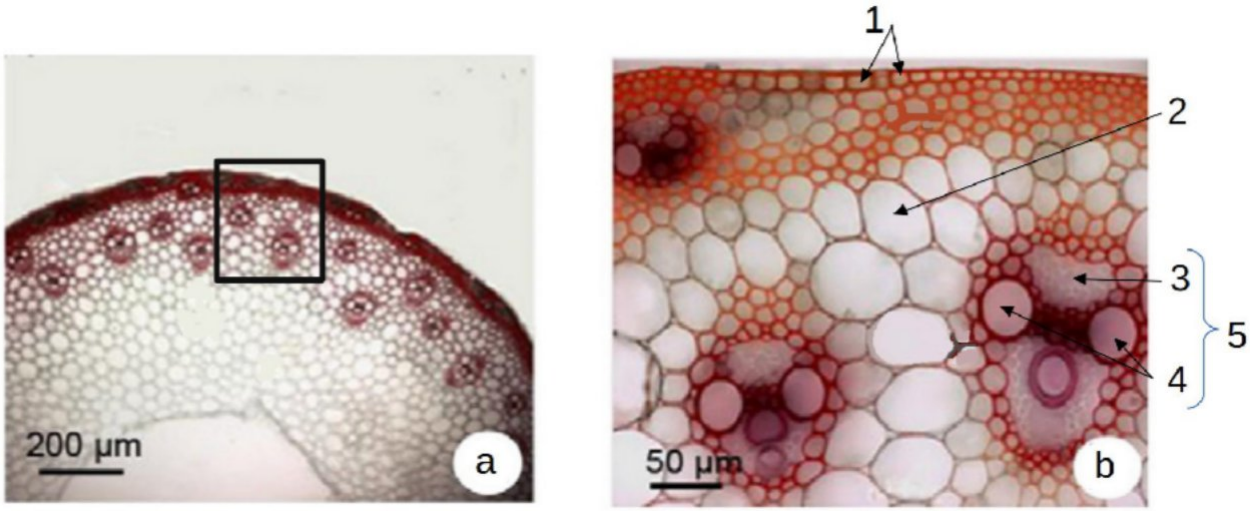
Document 1 : Image Credit: Special thanks to John D. Liu*, Founder of Ecosystem Restoration Camps, for creating this amazing photo comparison in his landmark documentary, Regreening the Desert.
Doc 2 et 3: J.-T. Zhang, Y. Dong (2010) Ecological Engineering 36 : 345–350
Doc 4 et 5 :Jin et coll. (2014) Science of The Total Environment Volumes 485–486, (1) 615-623
Senegal
Doc 6-8 :Wade T.I. et coll (2018) New Forests 49:341–362

BIOLOGIE 1
(Durée conseillée 1h30)

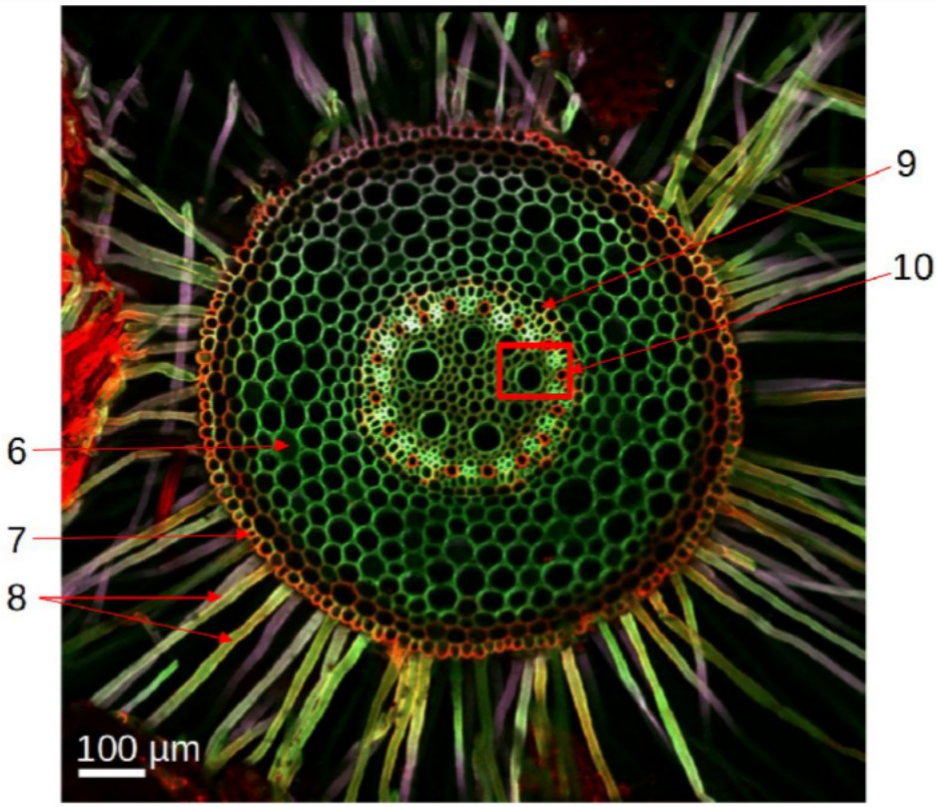
Les symbioses racinaires chez le blé (*Triticum sp.*, famille des Poacées)

Partie 1.1. Anatomie du blé, une céréale jouant un rôle majeur dans l'alimentation humaine (1 point)

On s'intéresse aux principaux tissus composant le blé.



Document 1A. (a, à gauche) Coupe transversale de tige de blé ; (b, à droite) Agrandissement de la zone encadrée à gauche. La coloration utilisée n'est pas le carmino-vert de Mirande.



Document 1B. Une coupe transversale de racine de blé observée au microscope à fluorescence.

<u>Question 1a</u>. Préciser quel tissu végétal est pointé par chaque légende numérotée de 1 à 10.

<u>Question 1b</u>. Quel type de microscope est utilisé pour obtenir les images du document 1A ? Justifier votre réponse.

<u>Question 1c</u>. Évaluer le grossissement du document 1B en utilisant la barre d'échelle.

Partie 1.2. L'effet de la mycorhization sur la physiologie du blé (5 points)

Partie 1.2.A. L'impact de la mycorhization sur la sensibilité à un agent pathogène du blé, l'oïdium du blé *Blumeria graminis*

<u>Question 2a</u>. Définir succinctement ce qu'est une mycorhize (5 lignes maximum).

<u>Question 2b</u>. Quel colorant peut-on utiliser pour colorer les champignons en microscopie optique ?

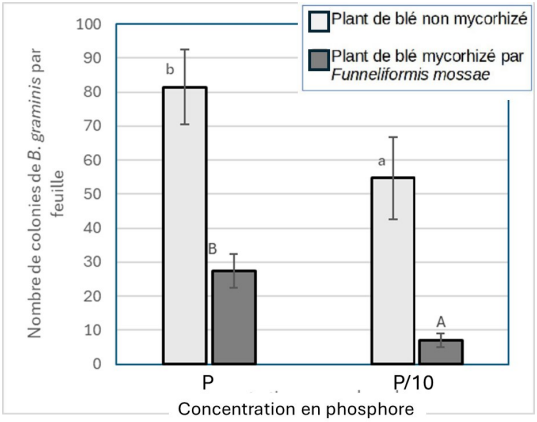
On observe l'impact de trois types de champignons mycorhiziens différents sur la croissance du blé (variété *Orvantis*) et sur sa sensibilité à l'oïdium *Blumeria graminis,* qui attaque les feuilles du blé. Pour cela, on pulvérise sur les plants de blé une suspension de *B. graminis* de concentration connue en spores (5.10^5 spores/mL) et on observe combien de colonies se sont développées au bout de 8 jours. 300 observations sont analysées par traitement, les plants sont cultivés à 5 pieds par pot, chaque condition est réalisée en triplicata.

	Non mycorhizé	Mycorhizé avec...		
		Rhizophagus irregularis	*Glomus sp.*	*Funneliformis mossae*
% de racines mycorhizées		19	8	38,4
Hauteur de la plante (cm)	46 (± 3,4)	37 (± 3)	35 (± 1,3)	41 (± 2,8)
Nombre de feuilles par plante	8 (± 1,6)	8 (± 2)	7 (± 1,2)	8 (± 1,8)
Nombre de tiges par plante	2 (± 0,87)	2 (± 0,82)	2 (± 0,57)	2 (± 0,78)
Masse sèche des racines (mg pour 5 plants)	250 (± 10)	380 (± 90)	320 (± 80)	430 (± 60)
Nombre de colonies de *Blumeria graminis*	65 (± 26)	43 (± 19)	27 (± 13)	17 (± 7)

Document 2. Les différents paramètres concernant le blé mycorhizé ou non en présence de *B. graminis* (les données sont les moyennes sur 15 plants ± erreur standard à la moyenne).

<u>Question 2c</u>. Analyser le document 2.

On s'intéresse maintenant à l'impact de la teneur du sol en phosphore. Le phosphore est l'un des principaux engrais minéraux ajoutés aux cultures. Certains plants sont mycorhizés avec le champignon *Funneliformis mossae.*

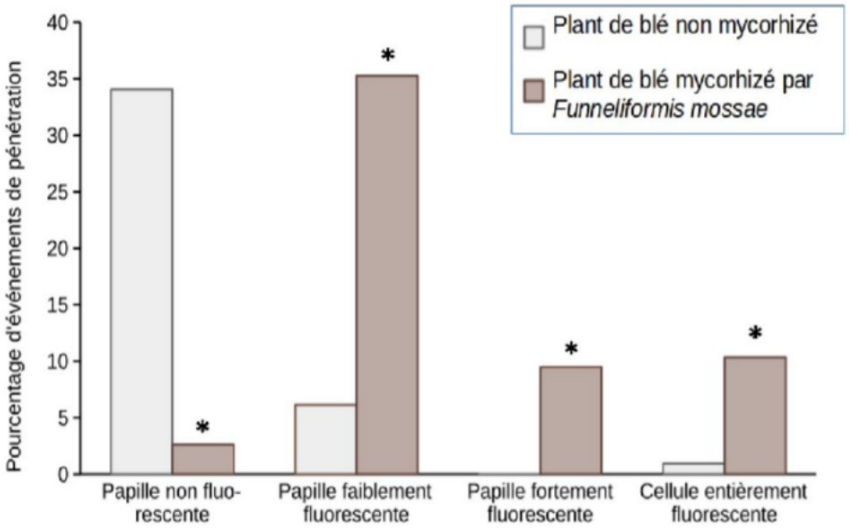


Document 3. Le nombre de colonies de *B. graminis* en fonction de la teneur en phosphore du sol. Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents. P/10 désigne une concentration de phosphore divisée par 10 par rapport à la situation à gauche notée P.

<u>Question 3a</u>. Au vu des résultats du document 2, pourquoi utilise-t-on le champignon mycorhizien *Funneliformis mossae* dans cette expérience ?

<u>Question 3b</u>. Analyser l'influence de la teneur en phosphore sur l'interaction entre mycorhization et sensibilité à *B. graminis*. Quel conseil donner à un agriculteur pour optimiser la protection du blé contre *B. graminis* ?

On observe l'accumulation de composés phénoliques toxiques (aussi appelés « tannins ») produits par la plante au niveau des sites de pénétration de *B. graminis* dans des cellules épidermiques de plants de blé, où le champignon forme une « papille ».
Ces composés phénoliques présentent une autofluorescence dans l'ultra-violet. On distingue ainsi quatre stades de fluorescence différents, qui représentent l'intensité des composés phénoliques.

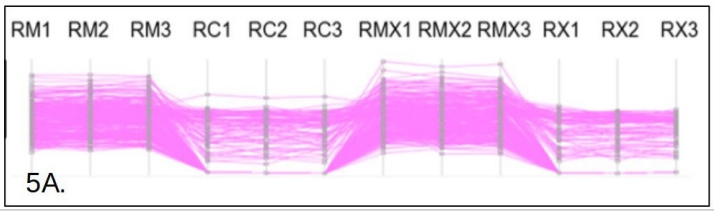
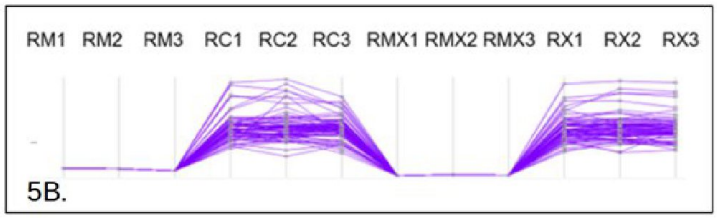
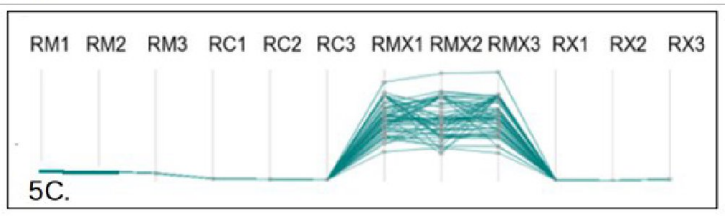


Document 4. La fréquence des événements de pénétration de l'oïdium *B. graminis* en fonction du type d'autofluorescence observé au niveau des sites de pénétration des cellules épidermiques de blé. Des étoiles indiquent des résultats significativement différents entre les plants mycorhizés par *Funneliformis mossae* et non mycorhizés. (les tests statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes valeurs $P<0.05$)

<u>Question 4</u>. Analyser le document 4. Quel est l'effet de la mycorhization sur la sensibilité du blé à *B. graminis* ?

Partie 1.2.B. L'impact de la mycorhization et d'une exposition à un pathogène sur le protéome du blé

Des pieds de blé mycorhizés (ou non) sont infectés (ou non) par la bactérie *Xanthomonas translucens*. Une analyse de l'expression de plusieurs centaines de gènes est réalisée sur ces pieds de blé soumis à ces différentes conditions.
Chaque profil correspond à un groupe de protéines partageant un même profil d'expression.

	– Enzymes du métabolisme énergétique (biosynthèse des acides gras) – Transporteurs membranaires variés
	– Enzymes de la glycolyse et du cycle de Krebs
	– Enzymes de détoxification (neutralisent les réactifs de l'oxygène, très oxydants) – Protéines de réponse au stress – Chitinases

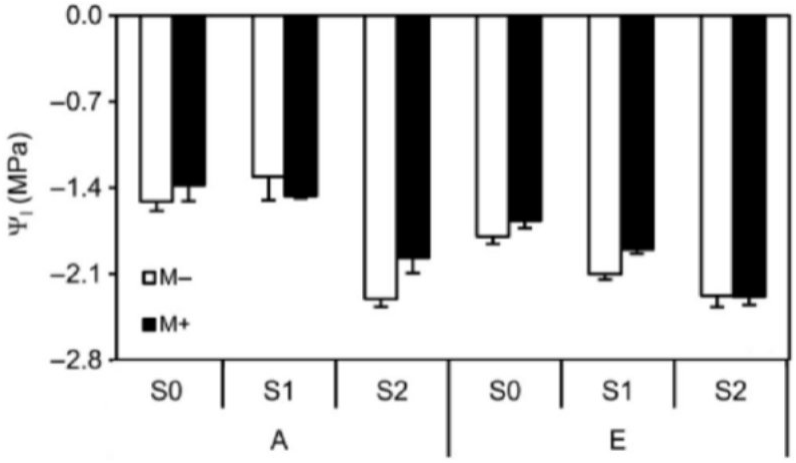
Document 5 A, B et C. Les profils d'expression de nombreux gènes dans différentes conditions expérimentales (quelques gènes caractéristiques des trois profils d'expression sont mentionnés). Chaque ligne colorée représente le profil d'expression d'un gène donné, estimé par la production d'ARNm de ce gène. Trois mesures sont réalisées pour chaque condition (par exemple, pour les racines mycorhizées, on a les valeurs RM1, RM2 et RM3). RM = racines mycorhizées, RC = racines contrôles non mycorhizées, RMX = racines mycorhizées et infectées par *X. translucens*, RX = racines non mycorhizées et infectées par *X. translucens*. Chaque profil (5A., 5B., 5C.) correspond à un groupe de protéines partageant un même comportement d'expression.

<u>Question 5a</u>. Présenter une technique expérimentale permettant d'évaluer le taux d'expression de nombreux gènes simultanément (5 lignes max).

<u>Question 5b</u>. Analyser les liens entre les profils d'expression des gènes des documents 5A à 5C et les fonctions de ces mêmes gènes présentés dans le tableau. Proposer des hypothèses explicatives.

Partie 1.2.C. L'effet de la mycorhization sur la résistance à la salinité et à une augmentation de la teneur en CO_2

Les activités anthropiques conduisent à une augmentation de la teneur atmosphérique en CO_2 et à un réchauffement qui, dans certains cas, accentue la salinité des sols. On s'intéresse à l'effet de la mycorhization sur ces deux paramètres. Des plants de blé sont placés dans une atmosphère enrichie en CO_2 (E, 700 ppm de CO_2) et d'autres dans l'atmosphère actuelle (A, 400 ppm de CO_2). Dans chaque serre, on teste 3 conditions de salinité : 0 / 1,2 / 2,4 $g.L^{-1}$ de sel NaCl (respectivement notées S0, S1 et S2). Pour chaque condition, on mesure le potentiel hydrique foliaire Ψ_l des plants de blé mycorhizés (M+) ou non mycorhizés (M-).



Document 6. Le potentiel hydrique foliaire dans différentes conditions de salinité et de teneur atmosphérique en CO_2 (les barres d'erreur représentent l'erreur standard à la moyenne).

<u>Question 6a</u>. Rappeler la définition, la formule et l'interprétation du potentiel hydrique du point de vue du déplacement de l'eau (5 lignes maximum).

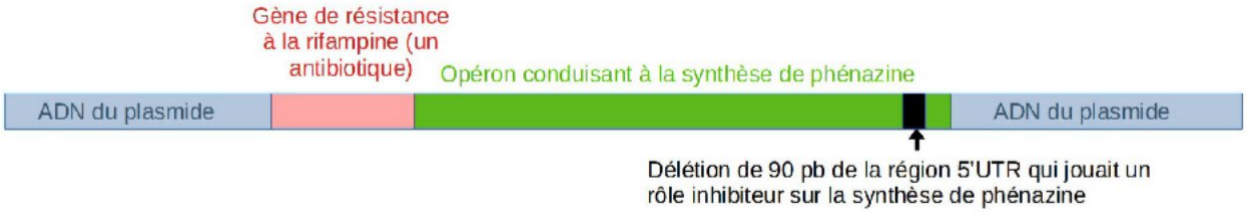
<u>Question 6b</u>. Quel est globalement l'effet d'un enrichissement en CO_2 sur le potentiel hydrique de la feuille ? Proposer une hypothèse explicative.

<u>Question 6c</u>. Quel est globalement l'effet d'une augmentation de salinité sur le potentiel hydrique de la feuille ? Proposer une hypothèse explicative.

<u>Question 6d</u>. Quel est globalement l'effet de la mycorhization sur le potentiel hydrique ? En quoi cet effet peut-il être bénéfique pour la plante en conditions de stress ?

Partie 1.3. L'impact de bactéries de la rhizosphère sur la croissance du blé (2 points)

On s'intéresse à des bactéries de la rhizosphère du blé du genre *Pseudomonas* produisant de la phénazine, un composé aromatique pouvant être toxique pour d'autres micro-organismes. Ces bactéries étant reconnues comme bénéfiques pour la pousse du blé, on cherche à savoir si cela a un lien avec la production de phénazine. Pour cela, on génère des souches transgéniques de *Pseudomonas* produisant moins de phénazine que la souche sauvage (notées 30-84 ZN), et des souches transgéniques de *Pseudomonas* produisant davantage de phénazine que la souche sauvage (notées 30-84 Enh).

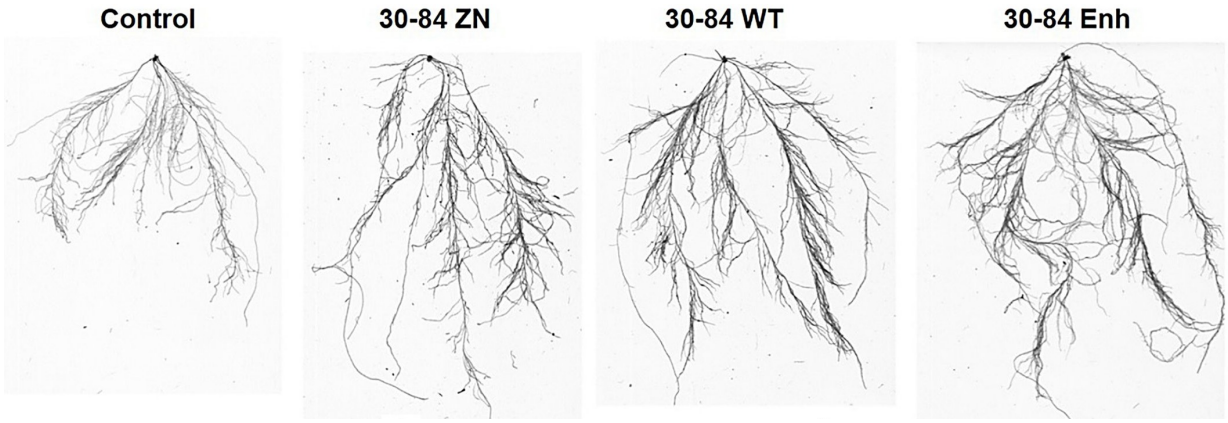


Document 7A. Le plasmide utilisé pour créer la souche transgénique surproduisant la phénazine. (contenant le gène de résistance à l'antibiotique rifampicine, un opéron conduisant à la synthèse de phénazine). 5'UTR : région non transcrite d'un ARN messager qui se trouve directement en amont du codon d'initiation.

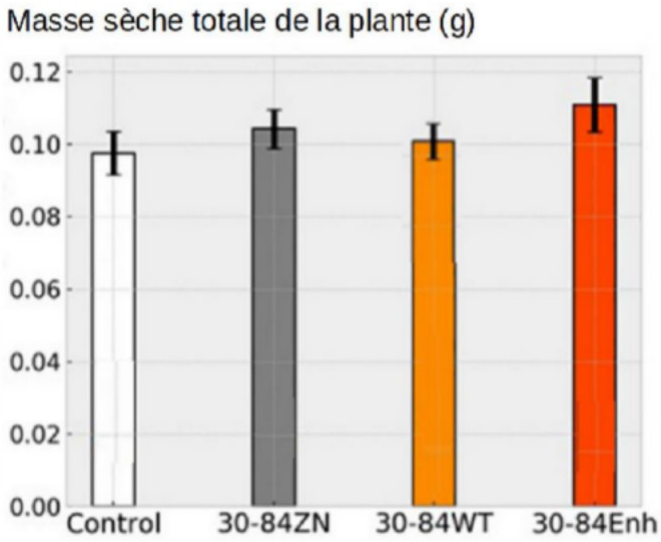
<u>Question 7a</u>. Donner en 5 lignes maximum la définition d'un opéron et en citer un exemple.

<u>Question 7b</u>. Quel est le rôle du gène de résistance à la rifampine dans la technique de transgenèse ?

On observe les réseaux racinaires de plants de blé qui se sont développés au contact des trois souches de *Pseudomonas* ainsi que le réseau d'un témoin dépourvu de *Pseudomonas* (document 7B).



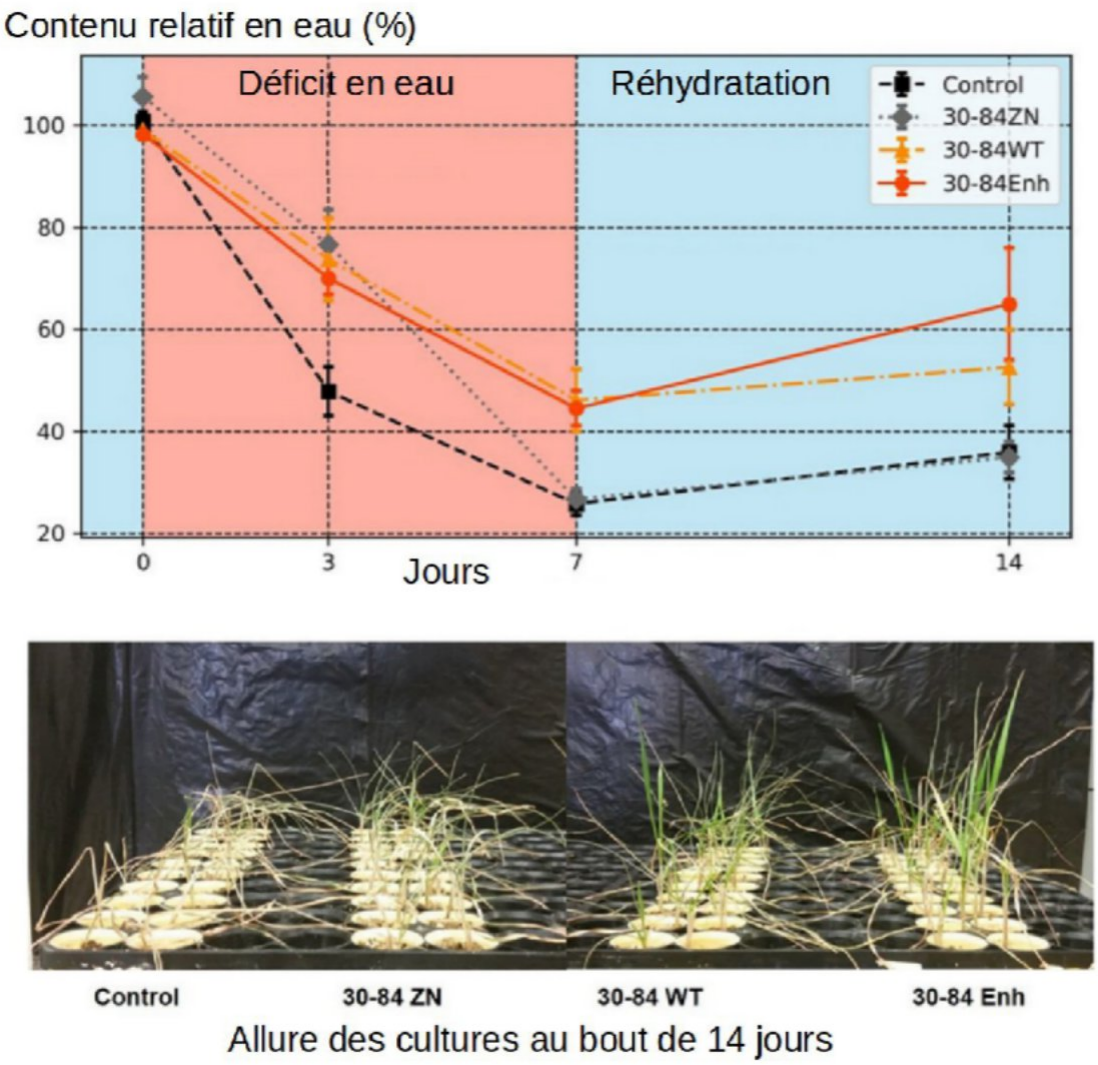
Document 7B. Des observations de réseaux racinaires de plants de blé développés dans différentes conditions (control = témoin, 30-84 ZN = souche de *Pseudomonas* produisant moins de phénazine que la souche sauvage, 30-84 WT = souche de *Pseudomonas* non modifiée, 30-84 Enh = souche de *Pseudomonas* produisant beaucoup de phénazine). Les images sont toutes à la même échelle.



Document 7C. Les masses sèches totales des différents plants de blé (les tests statistiques montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes valeurs).

<u>Question 7c</u>. À l'aide des documents 7B et 7C, justifier le fait que les plants de blé au contact des différentes souches de *Pseudomonas* ont des parties aériennes plus petites que les plants témoin. Est-ce un avantage d'un point de vue agronomique ?

Par la suite, on soumet chaque type de blé à un stress hydrique durant 7 jours (absence totale d'arrosage), puis à un retour à un arrosage normal durant 7 jours (document 7D).



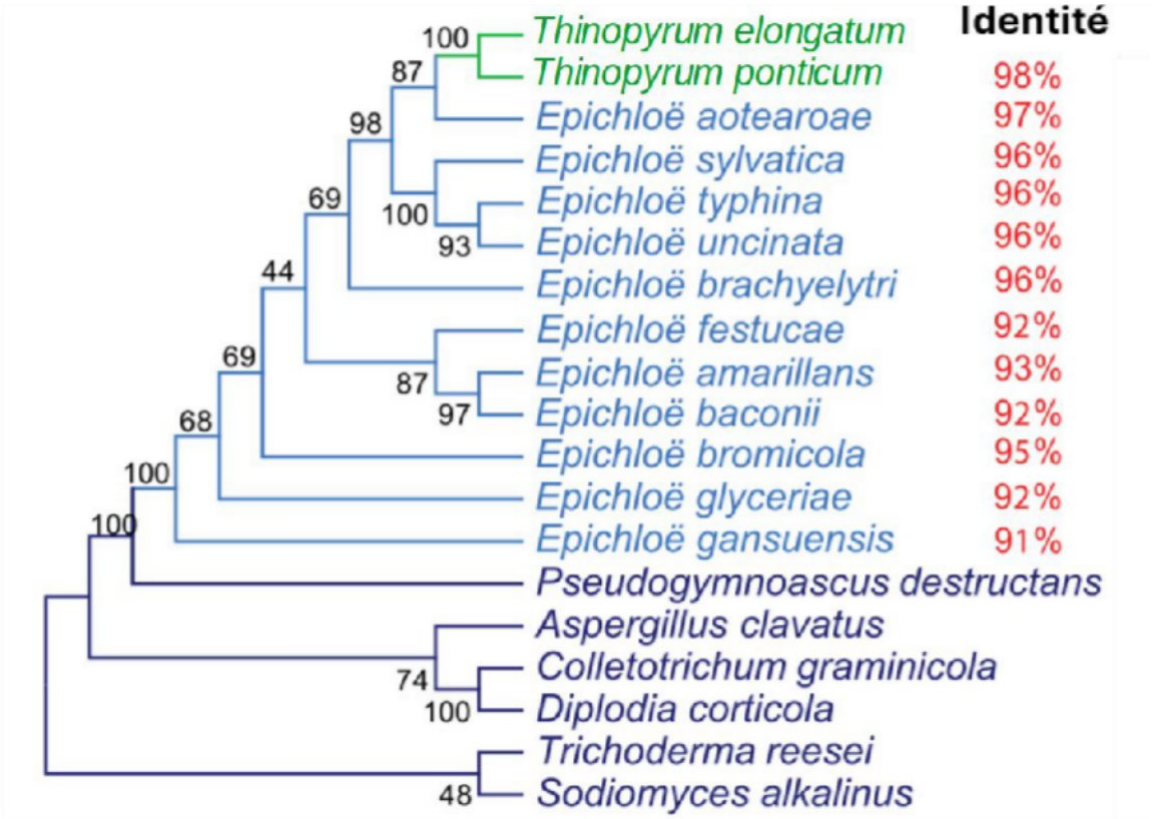
Document 7D. La résistance au déficit hydrique chez des plants de blé cultivés en présence de différentes souches de *Pseudomonas*. (Les pots de culture font 10cm de diamètre)

<u>Question 7d</u>. Analyser et interpréter le document 7D, en lien avec les observations du document 7B.

<u>Question 7e</u>. Conclure sur les avantages et les inconvénients de la présence de *Pseudomonas* dans la rhizosphère du blé dans différentes conditions environnementales.

Partie 1.4. Vers un blé plus résistant à certains pathogènes ? (2 points)

Les chercheurs ont identifié chez *Thinopyrum*, une Poacée proche du blé, un gène de résistance à une maladie fongique, la fusariose (causée par le champignon *Fusarium*). Ce gène nommé *Fhb7* présente des similitudes avec un gène possédé par des champignons du genre *Epichloë*, qui vivent souvent en symbiose avec les racines de Poacées.

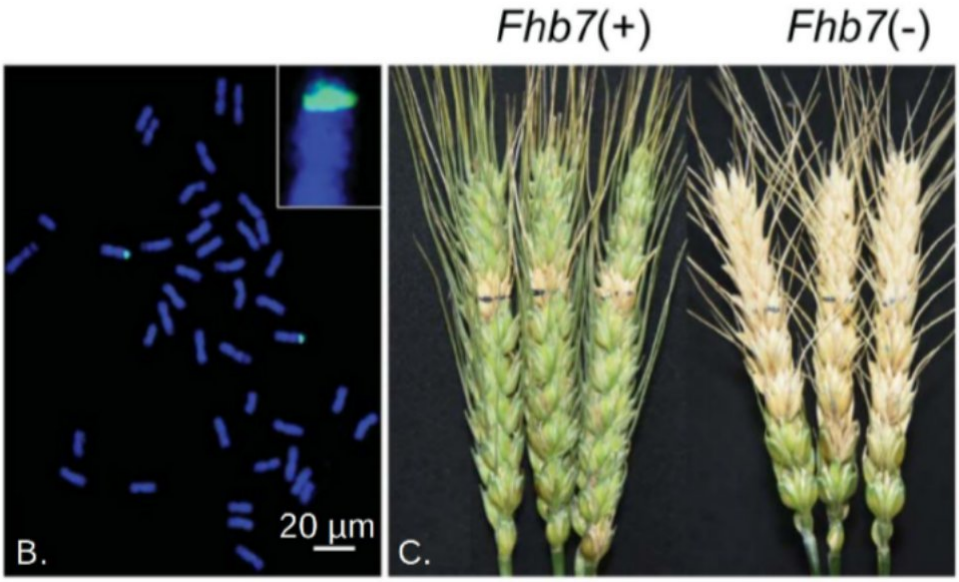


Document 8A. Les pourcentages de similitudes entre la séquence du gène *Fhb7* de *Thinopyrum* et celui de différentes espèces d'Epichloë ainsi que d'autres champignons proches (*Pseudogymnoascus destructans, Aspergillus clavatus, Colletotrichum graminicola, Diplodia corticola, Trichoderma reesei* et *Sodiomyces alkalinus*).

<u>Question 8a</u>. Quel type d'arbre est présenté dans le document 8A ? S'agit-il d'un arbre raciné ou non raciné ? Justifier la réponse.

<u>Question 8b</u>. Quelle est l'origine probable du gène *Fbh7* de *Thinopyrum* ? Justifier la réponse.

Les chercheurs ont fabriqué une lignée transgénique de blé (à génome diploïde) présentant le gène *Fhb7* de *Thinopyrum* dans son génome, puis ils l'ont vaporisée avec une suspension de spores de *Fusarium* au niveau du milieu de l'épi (zone marquée d'un trait noir sur le document 8C). En parallèle, on teste une autre lignée transgénique présentant un gène *Fhb7* non fonctionnel.



Document 8B. Les chromosomes du blé soumis à une hybridation *in situ* mettant en évidence le gène *Fhb7* (encart zoomé en haut à droite).
Document 8C. Des épis de blé transgéniques ayant incorporé (*Fhb7+)* ou non *(Fhb7)* et mis au contact de l'agent pathogène *Fusarium*.

<u>Question 8c</u>. Rappeler en 5 lignes maximum le principe de l'hybridation *in situ*.

<u>Question 8d</u>. Combien de chromosomes sont marqués par cette hybridation *in situ* ? Interpréter ce résultat.

<u>Question 8e</u>. Pourquoi a-t-on réalisé une lignée de blé transgénique présentant un gène F*hb7* non fonctionnel ?

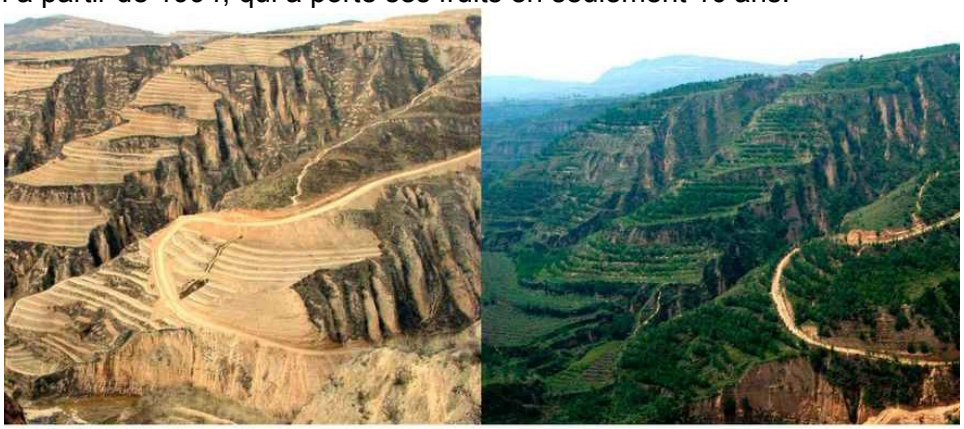
<u>Question 8f</u>. Analyser la document 8C et conclure sur le rôle du gène *Fhb7*. Quels seraient les avantages mais aussi les risques à cultiver massivement du blé transgénique ayant incorporé *Fhb7* ? Justifier la réponse.

BIOLOGIE 2
(Durée conseillée 1h30)

La restauration des écosystèmes dégradés

Partie 2.1. La restauration de la végétation du plateau de lœss en Chine
(4 points)

En Chine du Nord, un vaste plateau d'environ 400 000 km² constitué de dépôts sédimentaires éoliens de lœss est traversé par le fleuve Jaune. Ce fleuve est « jaune » du fait des sédiments provenant de l'érosion du plateau. Le plateau de lœss a été défriché dans les années 1950, puis est devenu majoritairement désertique à cause de l'érosion des sols. Dès 1954, certaines parcelles ont été abandonnées, d'autres ont été reboisées, puis pour restaurer un écosystème nourricier dans l'ensemble du plateau, le gouvernement chinois et la Banque Mondiale ont lancé une politique de « verdissement» pour régénérer la végétation à partir de 1994, qui a porté ses fruits en seulement 10 ans.



Document 9. Photos du plateau de Lœss de Chine du Nord avant 1994 (à gauche) et actuellement (à droite). *(document simplement illustratif, il n'est pas à analyser).*

<u>Question 9</u>. En 5 lignes maximum, expliquer comment la végétation peut limiter l'érosion des sols.

Des chercheurs ont échantillonné la végétation dans des zones qui avaient été cultivées puis abandonnées. Ils ont regroupé les espèces végétales en 3 communautés, notées I, II et III. Dans chacune des zones où se trouvent ces communautés, ils ont tracé des quadrants et noté le pourcentage de surface recouverte par le feuillage des arbres, les arbustes et les herbacées.

<u>Question 10a</u>. Pourquoi la somme des pourcentages de surface recouverte par le feuillage des arbres, les arbustes et les herbacées dépasse-t-elle 100% ?

Communauté :	I	II	III
Nombre d'années d'abandon	9 ans	20 ans	50 ans
Couverture par des arbres	0	0	95 %
Couverture par des arbustes	0	85 %	25 %
Couverture par des herbacées	80 %	30 %	40%

Document 10. Tableau des caractéristiques des 3 types de communautés observées dans les zones abandonnées du plateau.

<u>Question 10b</u>. Analyser et interpréter le document 10.

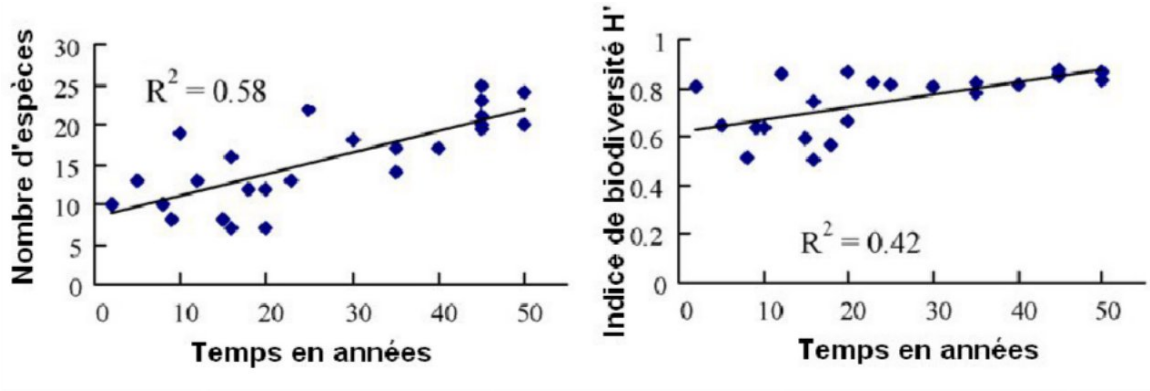
Les chercheurs ont étudié la biodiversité dans les zones abandonnées. Pour cela, ils ont mesuré le nombre d'espèces et la biodiversité, en utilisant l'indice de Shannon.

L'indice de biodiversité de Shannon H' est défini par :

$$H' = \sum_{i=1}^{S} p_i \log(p_i)$$

S est le nombre d'espèces présentes dans la communauté ; p_i est la proportion d'individus appartenant à l'espèce i ; log désigne le logarithme décimal.

<u>Question 11a</u>. Quelle information supplémentaire apporte l'indice de Shannon par rapport à la mesure du nombre d'espèces ?

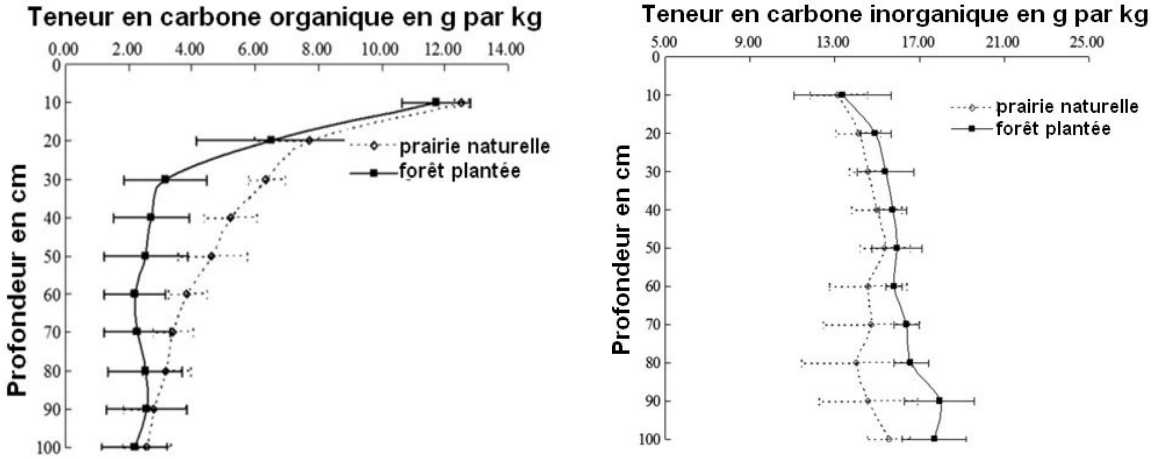


Document 11. Graphiques de l'évolution du nombre d'espèces et de l'indice de biodiversité de Shannon en fonction du nombre d'années depuis l'abandon des terres.

<u>Question 11b</u>. Analyser le document 11 et proposer un mécanisme expliquant l'évolution du nombre d'espèces au cours du temps. Expliquer pourquoi les nouvelles espèces n'éliminent pas les anciennes dans cet écosystème tropical.

Pour régénérer la végétation, certaines vallées ont été reboisées par l'être humain. Afin d'étudier l'efficacité de cette stratégie sur les sols et l'érosion, deux vallées voisines sont comparées. Après l'arrêt des cultures en 1954, une vallée a été plantée avec des feuillus, alors que l'autre a été abandonnée et a évolué en prairie. La teneur en carbone organique et inorganique du premier mètre de sol a été analysée.

<u>Question 12a</u>. Citer des formes fréquentes du carbone organique <u>et</u> inorganique dans le sol. Un exemple de chaque type est attendu.



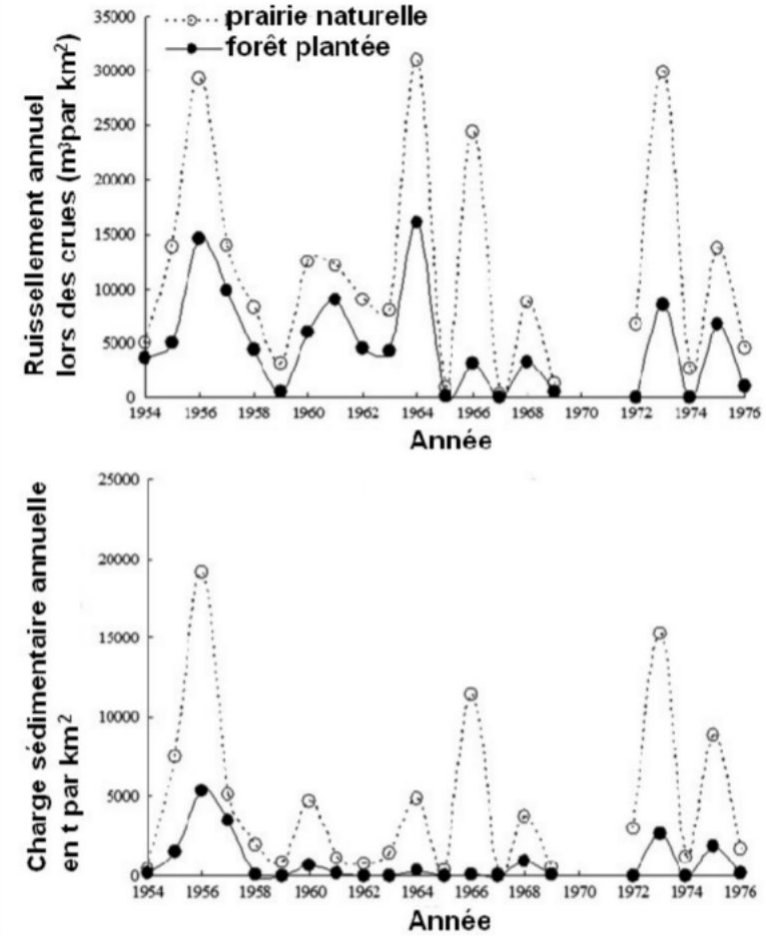
Document 12. Teneur en carbone organique et inorganique dans le premier mètre de sol dans la vallée de prairie naturelle (en pointillé) et la vallée de forêt plantée (trait noir continu). Les points sont les moyennes et les barres représentent les écart-types.

<u>Question 12b</u>. Comparer les teneurs en carbone organique et inorganique des deux vallées dans le document 12.

<u>Question 12c</u>. Proposer une interprétation des différences observées entre les deux vallées pour le carbone organique, dans le document 12. On supposera que les sols tropicaux « fonctionnent » comme des sols tempérés.

<u>Question 12d</u>. Expliquer pourquoi les vallées du document 12 montrent toutes les deux une augmentation de la teneur en carbone inorganique avec la profondeur.

Le fleuve Jaune charriant de nombreux sédiments, ceux-ci s'accumulaient dans les barrages hydroélectriques. Afin de résoudre ce problème, le gouvernement chinois a entrepris cette campagne de régénération de la végétation. La quantité d'eau ruisselant dans les deux vallées lors des périodes de crues a été analysée, ainsi que la masse de sédiments transportée par les rivières de chacune de ces vallées. Hors période de crue, les deux rivières ont un débit comparable.



Document 13. Ruissellement annuel lors des crues (en haut) et charge sédimentaire des rivières dans chacune des deux vallées, dont la végétation s'est régénérée depuis 1954. En 1970 et 1971, les mesures n'ont pas été effectuées.

Question 13a. Décrire et analyser les graphiques du document 13.

Question 13b. En utilisant les documents 12 et 13, conclure sur l'efficacité des deux stratégies de régénération de la végétation, en termes de stockage du carbone et de comblement des retenues d'eau par les barrages hydroélectriques du fleuve Jaune.

Partie 2.2. La restauration de la végétation du Sahel (4 points)

La grande muraille verte pour le Sahara et le Sahel est un couloir végétal de 15 km de large qui devait traverser l'Afrique d'Ouest en Est. Cette initiative a été lancée en 2007 à l'initiative de l'Union Africaine. L'objectif est de réduire la désertification et d'améliorer les conditions de vie des agriculteurs et éleveurs nomades ainsi que leur cohabitation. Seulement 4% du projet a été mis en place, essentiellement à l'Ouest, au Sénégal et au Mali. Le grand projet initial s'est transformé une multitude d'initiatives locales. Nous allons en étudier une, ayant pour objectif d'enrayer la chute de biodiversité des arbres au Sénégal.

Plusieurs arbres locaux sont étudiés :

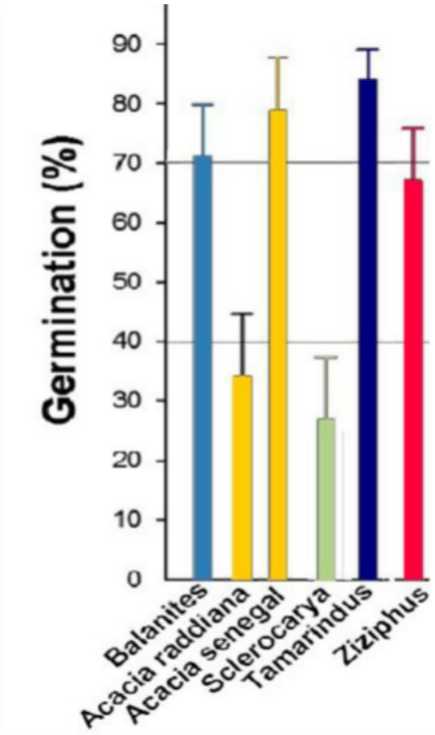
- Le dattier du désert, *Balanites aegyptiaca*, de la famille des Zygophyllaceae, est très résistant à la sécheresse. Ses feuilles sont très appréciées des troupeaux de dromadaires, chèvres et moutons. Les fruits sont comestibles pour les humains.
- Deux acacias, de la famille des Fabacées : *Acacia senegal* donne la gomme arabique, utile dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique. Les feuilles nourrissent le bétail. Les racines peu profondes peuvent fixer les dunes de sable. L'*Acacia tortillis raddiana* résiste particulièrement bien à la sécheresse.

- Le tamarinier (*Tamarindus*), de la famille des Fabacées, fournit des fruits comestibles pour les humains ayant des propriétés médicinales.
- L'arbre à éléphant *Sclerocarya birrea* (de la famille des Anacardiacées) et le jujubier *Ziziphus jujuba* (de la famille des Rhamnacées) sont des espèces rares au Sénégal, fournissant des fruits comestibles.

Avant la reforestation, il existait de nombreux conflits entre les éleveurs nomades et les agriculteurs, car lors des périodes de sécheresse qui dessèchent les pâturages, les troupeaux mangeaient les plantations.

<u>Question 14a</u> : Pourquoi la plantation d'arbres est-elle considérée comme nécessaire pour améliorer la vie des habitants et enrichir les sols pauvres du Sahel ?

Des graines provenant d'arbres locaux ont été récoltées et mises à germer en conditions idéales en pépinière.



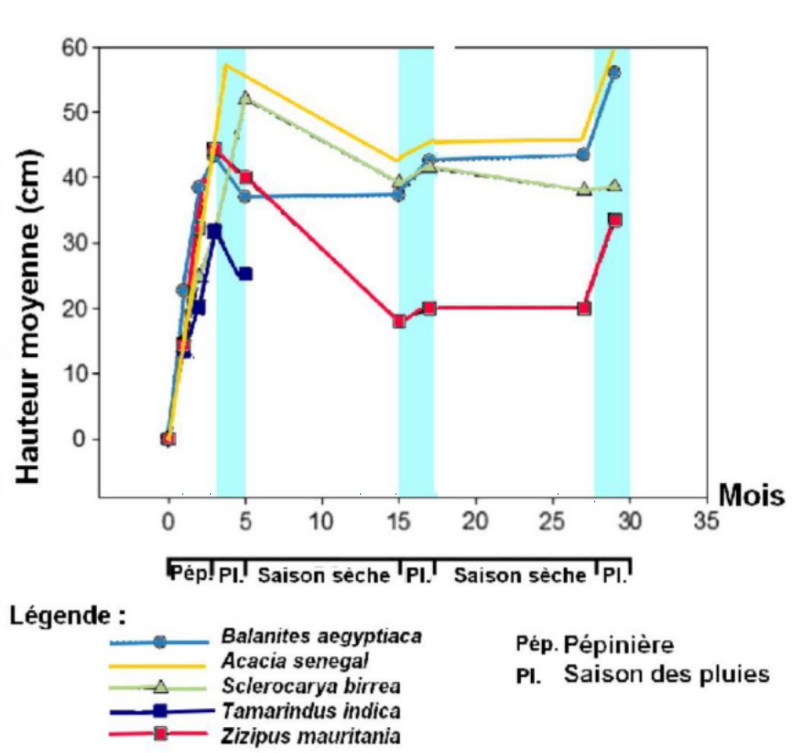
Document 14. Taux de germination en pépinière de graines de certains arbres locaux.
Le code couleur pour chaque espèce est le même dans les documents 14 à 16.

<u>Question 14b</u>. Analyser le document 14 pour proposer une explication de la rareté de l'arbre à éléphant *Sclerocarya* au Sénégal.

<u>Question 14c</u>. Cette hypothèse est-elle aussi valable pour le jujubier *Ziziphus* ?

<u>Question 14d</u>. Proposer une explication (un mécanisme évolutif) permettant d'expliquer la situation de l'arbre à éléphant *Sclerocarya* au Sénégal.

Après une culture de 3 mois en pépinière, les arbres sont plantés dans une savane traversée par des troupeaux de ruminants. Les arbres ne sont pas protégés par des grillages. Le climat de cette zone est semi-aride, avec une alternance de saison sèche et de saison des pluies. La hauteur des jeunes arbres est mesurée et moyennée pour chaque espèce.



Document 15. Hauteur moyenne par espèce des arbres cultivés en pépinière (Pép.) puis replantés en milieu naturel, sous un climat présentant une saison des pluies (Pl.) et une saison sèche annuelles. Les espèces sont indiquées en légende. Le code couleur pour chaque espèce est le même sur les documents 14 à 16.

Pour les questions 15, sauf quand cela est explicitement demandé, vous ferez une analyse globale, sans distinguer les espèces.

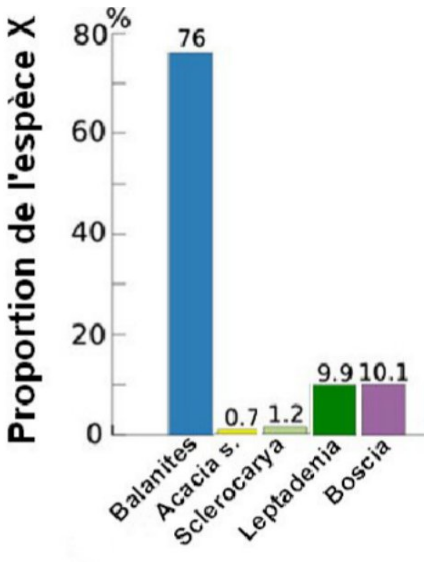
Question 15a. Sans prendre en compte la première saison des pluies, qui est le temps d'acclimatation des plants à leur nouvel environnement, quelle est la tendance observée pour tous les arbres ? À quel mécanisme cellulaire peut-on l'associer ?

Question 15b. Pourquoi observe-t-on une réduction de la hauteur moyenne de presque tous des arbres lors de la première saison sèche ? Pourquoi ne retrouve-t-on pas de tamariniers (*Tamarindus*) à la fin de cette saison ?

Question 15c. Proposer deux hypothèses expliquant une stabilité de la hauteur moyenne des arbres lors de la deuxième saison sèche.

Question 15d. Utiliser le document 15 pour proposer une explication de la rareté du jujubier *Ziziphus*.

Comme les projets de plantation d'arbres sont très coûteux et demandent beaucoup de main d'œuvre, une autre étude a porté sur la régénération naturelle. Des parcelles de savane sont inventoriées pour y déceler de jeunes plantes qui se sont naturellement installées. *Boscia senegalis* est un arbuste dont le fruit est un aliment utilisé pour éviter les famines, car les fruits amers peuvent être stockés sans être attaqués par les insectes ni les oiseaux. *Leptadenia hastata* est une liane qui peut servir de fourrage pour le bétail, mais est considérée comme contraceptive pour les chèvres et les brebis.



Document 16. Proportion de chaque espèce de plantes qui se sont installées naturellement en 2015. Les chiffres au-dessus des colonnes sont les pourcentages. Le code couleur pour chaque espèce est le même sur les documents 14 à 16.

Question 16a. À l'aide des documents 14 et 15, expliquer les résultats obtenus pour *Balanites* et *Sclerocarya* donnés par le document 16.

Question 16b. En utilisant les documents 15 et 16, comparer les deux méthodes de reboisement, en termes de biodiversité et d'intérêt pour les populations.

Partie 2.3. Modélisation des conséquences climatiques de la restauration de la végétation (2 points)

À l'aide d'un modèle régional de climat, des chercheurs de l'Ouest de l'Afrique ont simulé l'effet d'une régénération complète de la végétation de la grande muraille verte sur la probabilité d'événements climatiques extrêmes dans le Sahel. Dans la première simulation (dit REF pour référence), il n'y a pas de régénération de la végétation, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une végétation herbacée basse. Au contraire, dans la simulation de grande muraille verte (GGW, *Great Green Wall*), on suppose que, de façon naturelle ou par plantation, des arbres à feuilles caduques sont présents.
Pour pouvoir réaliser ce modèle climatique, certains paramètres biotiques et abiotiques ont été mesurés sur le terrain.

	Albédo pour les IR	Couleur du sol	Index de surface foliaire (%)	Conductance des stomates ($S.m^{-2}$)
Herbacées basses (REF)	0,1	3	2	4
Arbres à feuilles caduques (GGW)	0,01	4	6	2

Document 17. Quelques paramètres abiotiques et biotiques différenciant les deux modèles climatiques du Sahel. La couleur du sol est en unité arbitraire (0 pour un sol blanc et 10 pour un sol noir). L'index de surface foliaire représente la surface du sol à l'ombre des feuilles par rapport à la surface totale de sol.
IR = infrarouges.

Question 17a. En 5 lignes maximum, définir l'albédo, en le reliant à la couleur du sol.

Question 17b. En 5 lignes maximum, expliquer pourquoi le sol est plus foncé en présence d'arbres à feuilles caduques, en faisant une analogie avec les forêts tempérées.

Question 17c. Faire un schéma fonctionnel d'un stomate.

Question 17d. Pourquoi est-il intéressant dans le cadre de cette simulation de mesurer la conductance des stomates ?

Question 18. En quoi les paramètres mesurés dans le document 17 peuvent-ils avoir des effets sur le climat ?

FIN DU SUJET