

CONCOURS G2E

BIOLOGIE

Durée : 3 heures

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.

Attention : le sujet de biologie est composé de deux 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.

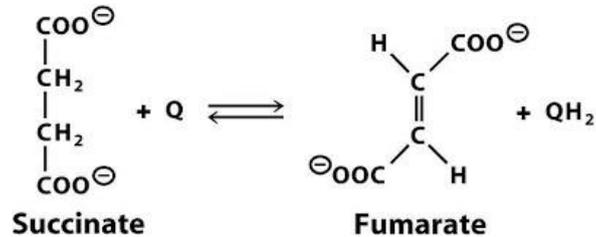
Remarque importante : les questions suivent une problématique progressive, le jury vous conseille donc de les aborder dans l'ordre du sujet.

BIOLOGIE 1

(Durée conseillée 1h30)

LES INHIBITEURS DE LA SUCCINATE DESHYDROGENASE (SDH)

La succinate déshydrogénase (SDH) est une enzyme impliquée à la fois dans le cycle de Krebs (cycle de l'acide citrique) et dans la chaîne respiratoire. Elle catalyse la réaction :



Son inhibition complète entraîne une mort cellulaire, et c'est pourquoi les inhibiteurs de la SDH (notés SDHi) sont utilisés comme fongicides pour protéger les cultures (céréales, pomme de terre, agrumes, vignes, semences, etc.). Ils sont utilisés à grande échelle en France depuis 2009.

En 2018, des chercheurs ont publié un appel pour la suspension de leur utilisation. Étudions les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ces fongicides.

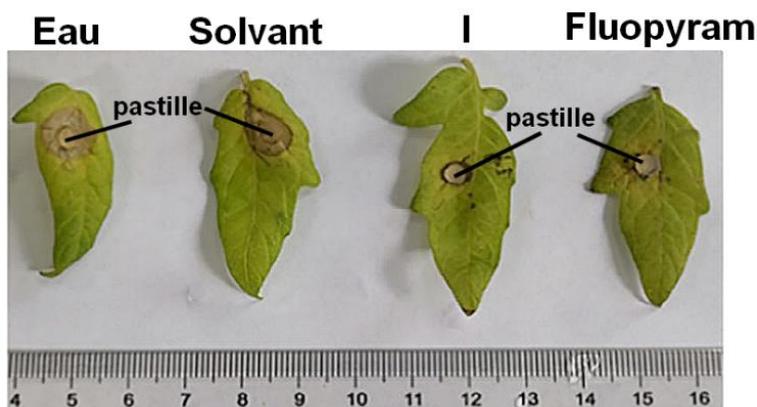
Partie 1 (5 points)

Mode d'action du fongicide

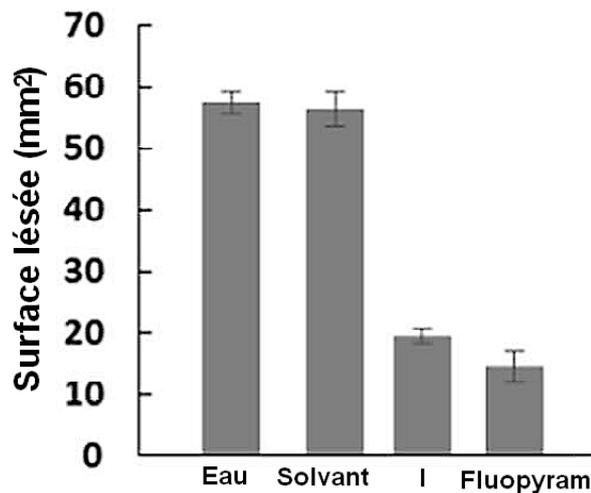
En 2020, des chercheurs ont réalisé la synthèse d'une nouvelle molécule inconnue, notée I dont ils testent les propriétés antifongiques.

1.1. Activité *in vivo* de la molécule I

Des feuilles de tomates sont inoculées avec un champignon pathogène *Botrytis cinerea*. Ensuite, les feuilles sont aspergées avec diverses solutions, et l'étendue des lésions est mesurée au bout de 72h à 25°C. Les résultats sont comparés avec ceux d'un inhibiteur de succinate déshydrogénase (SDHi) bien connu et utilisé en agriculture, le fluopyram. Le fluopyram et la molécule I sont dilués dans un solvant, noté « solvant » dans l'expérience.



A



B

Document 1. Étendue des lésions sur des feuilles de tomate inoculées en posant une pastille de 15 mm² contenant le champignon pathogène *Botrytis cinerea*, et ensuite aspergées avec de l'eau, un solvant, la molécule I ou un SDHi le fluopyram. **A.** Photo de feuilles ayant subi les différents traitements. Ces feuilles sont représentatives des résultats obtenus pour chaque traitement. Le positionnement de la pastille imprégnée est indiqué. **B.** Quantification de la surface lésée, en moyenne ± écart-type.

Question 1.a. Pourquoi asperger les feuilles avec de l'eau ou le solvant ?

Question 1.b. Décrire en 10 lignes maximum le document 1B.

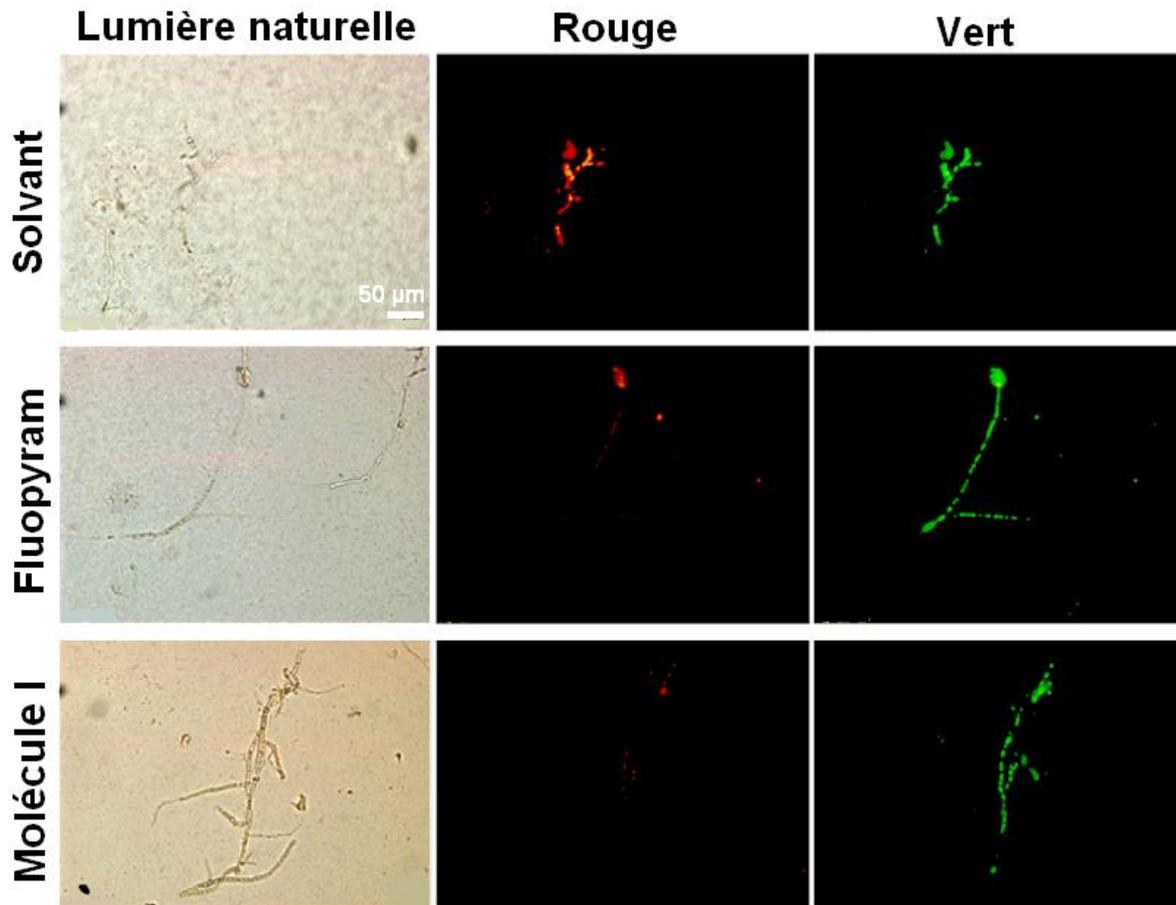
Question 1.c. Quel est l'effet de la molécule inconnue I d'après le document 1 ?

1.2. Mesure de la ddp mitochondriale

Les chercheurs mesurent la différence de potentiel transmembranaire (ddp) de la membrane interne des mitochondries à l'aide d'un composé fluorescent JC-1. On admettra que les enzymes SDH, en produisant des coenzymes d'oxydoréduction réduits, sont indirectement responsables de la ddp des membranes internes des mitochondries.

Des cultures de *Botrytis cinerea* sont perméabilisées pour internaliser dans les mitochondries le composé JC-1 qui permettra de mesurer leur ddp. Après un temps de récupération, les cultures sont exposées à de l'eau, ou la molécule I ou le fluopyram. Ce protocole n'endommage aucune des membranes du mycète.

Quand la ddp est faible, le composé JC-1 reste à l'état de monomère dans la matrice des mitochondries et émet une fluorescence verte. Quand la ddp est forte, il polymérise et émet alors une fluorescence rouge. Les cellules sont exposées à des longueurs d'onde permettant de détecter la fluorescence verte, puis la fluorescence rouge.



Document 2. Mesure de la ddp de la membrane interne des mitochondries du champignon *Botrytis cinerea*, à l'aide du composé JC-1, qui émet une fluorescence verte à l'état de monomère et rouge à l'état de polymère. À gauche, les images en lumière naturelle des cultures qui sont ensuite visualisées en microscopie à fluorescence, avec un éclairage avec soit une longueur d'onde excitant la fluorescence rouge (au centre), soit la fluorescence verte (à droite). L'échelle de toutes les photos est la même.

Question 2.a. À quoi peut-on reconnaître des mycètes sur au moins une des photos du document 2 ?

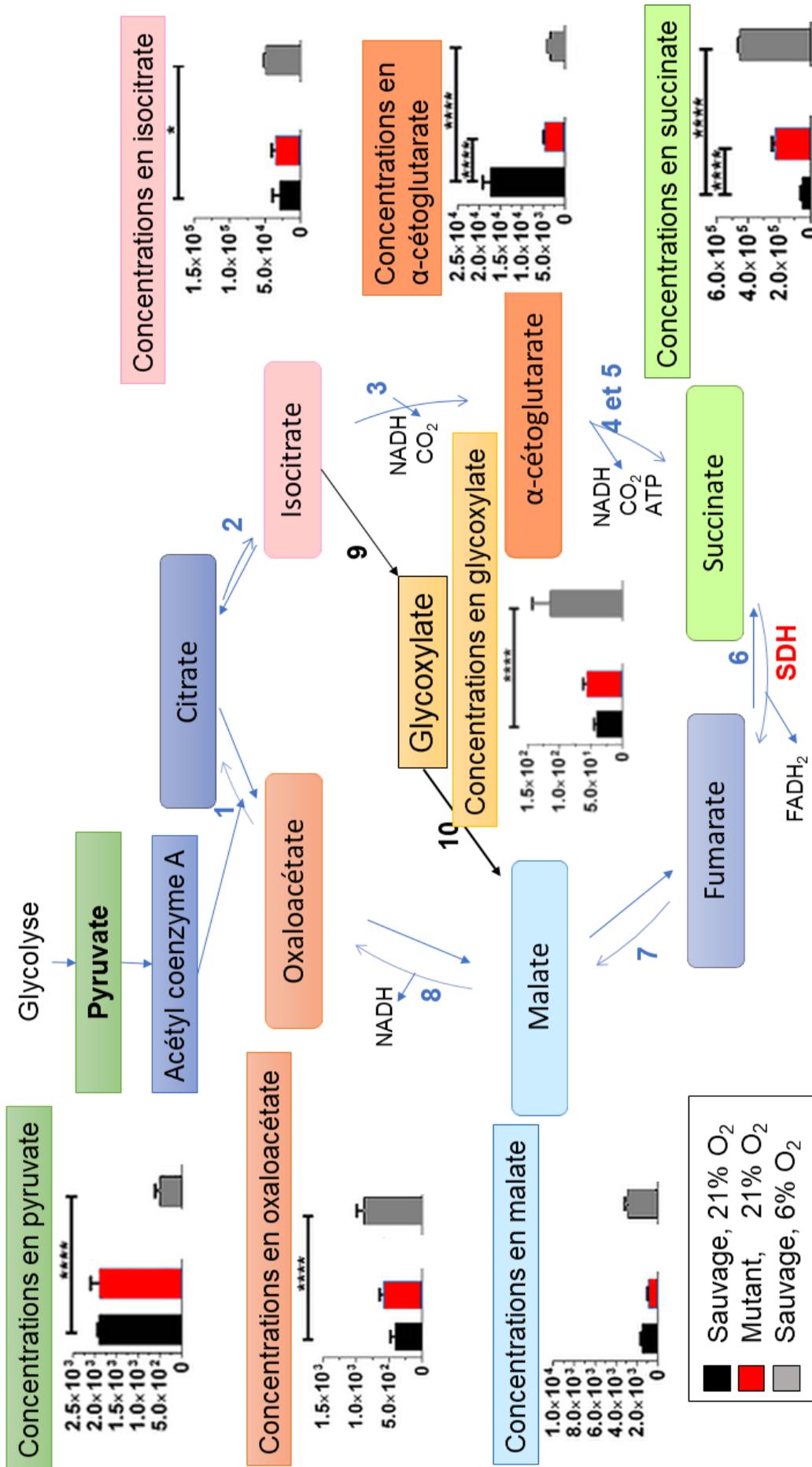
Question 2.b. Analysez le document 2 dans le cas du traitement au solvant et au fluopyram. Interprétez les résultats obtenus.

Question 2.c. Analysez le document 2 pour conclure si la molécule I fait ou non partie des SDHi.

1.3. SDHi et cycle de Krebs

Pour comprendre le mode d'action des fongicides SDHi, les composants du cycle de Krebs sont dosés chez des bacilles de la tuberculose normaux (wt) et des mutants ne produisant pas de SDH fonctionnelle ($\Delta 1$). La SDH a le même rôle chez ces bactéries que chez les Eucaryotes, car ces bactéries possèdent un cycle de Krebs dans leur cytoplasme et une chaîne respiratoire insérée dans leur membrane plasmique. Les bactéries sont placées en présence de 21% de dioxygène (condition aérobie notée « a ») ou en présence de seulement 6% d'oxygène (condition d'hypoxie notée « h »), et on suit la concentration en cinq composés du cycle Krebs et en pyruvate.

Par rapport au cycle de Krebs classique des animaux et des végétaux (document 3, flèches en bleu, numéros 1 à 8), celui des bactéries et des mycètes comporte deux réactions supplémentaires (document 3, flèches en noir, numéros 9 et 10).



Document 3. Le cycle Krebs des bactéries et des mycètes, avec les dosages des principaux intermédiaires du cycle de Krebs, en présence de 21% d'O₂ (noté «a» pour aérobie) ou de 6% (noté «h» pour hypoxie), pour la souche normale (*wt*) et la souche mutée n'ayant pas de SDH fonctionnelle ($\Delta 1$). Toutes les concentrations sont en mole.L⁻¹. Les composés dosés sont indiqués sur fond jaune. La réaction n°6 est catalysée par la SDH. Les astérisques indiquent une différence statistiquement significative entre les deux groupes reliés par le trait. Les flèches indiquent le sens de réaction.

Question 3.a. Indiquez où se déroule le cycle de Krebs dans une cellule eucaryote. Expliquez thermodynamiquement pourquoi certaines réactions sont notées comme fonctionnant dans les deux sens ou un seul sur le document 3.

Question 3.b. Sur le document 3, décrivez le fonctionnement du cycle de Krebs chez une bactérie normale en présence de 21% d'O₂ (en noir).

Question 3.c. D'après le document 3, le fonctionnement du cycle de Krebs dépend-il de la quantité de dioxygène présent dans le milieu chez une bactérie normale (21% d'O₂ en noir ; 6% d'O₂ en gris) ? Formulez une hypothèse permettant de l'expliquer.

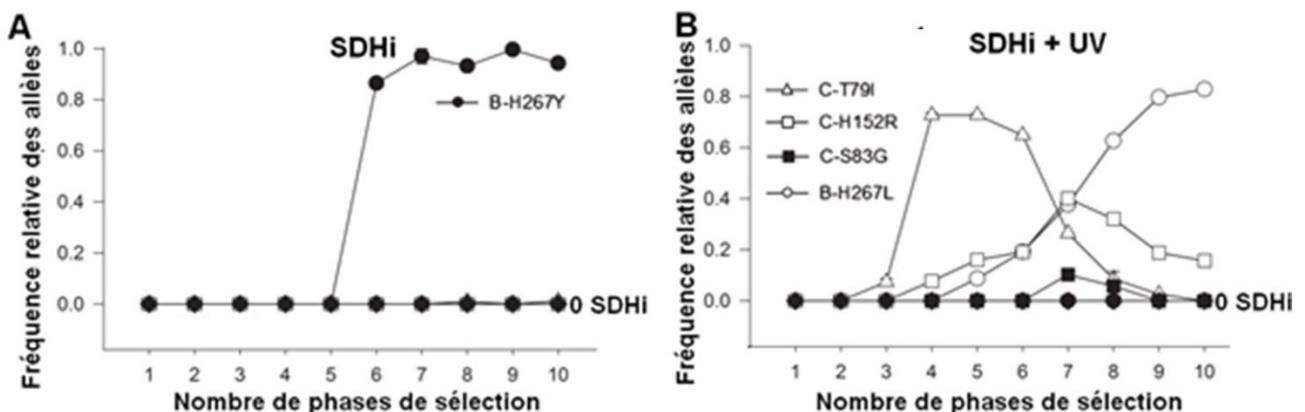
Question 3.d. Comparez en 5 lignes maximum le fonctionnement du cycle de Krebs en présence de 21% de dioxygène chez la souche normale (en noir) et la souche mutée (en rouge).

Partie 2 (1,5 points) Résistance et évolution

Un des problèmes majeurs dans l'utilisation des fongicides SDHi est l'apparition de résistances. Par évolution expérimentale en laboratoire, on étudie l'apparition de résistances chez un champignon pathogène du blé *Zyloseptoria tritici*, après plusieurs traitements au SDHi.

On expose une culture de mycètes ne contenant qu'une seule souche de *Z. tritici* soit à de l'eau (0 SDHi), soit à des concentrations en SDHi à 0,06 µg.mL⁻¹. Ces champignons sont ensuite réexposés à une concentration double de la précédente, 10 fois de suite (ce qui est indiqué par le nombre de sélection et 1 à 10 sur le document 4). De plus, certaines cultures sont exposées aux UV juste avant d'être traitées avec le SDHi ou l'eau.

Par PCR, on analyse les séquences les enzymes SDH. Il existe deux gènes codant la SDH, notés B et C. Une mutation par rapport à la souche initiale est notée par exemple « B-H267Y », cela signifie que le gène B de la SDH a une mutation correspondant dans la protéine à l'acide aminé 267, qui est normalement un acide aminé H et qui a muté ici en un acide aminé Y. (Le code a une lettre des acides aminés n'est pas fourni car on ne demande pas d'analyse des conséquences de ces substitutions).



Document 4. Les fréquences des allèles des gènes B et C de la SDH dans la population de mycètes, traitées avec de l'eau (0 SDHi), ou SDHi (**graphiques A et B**) dont la concentration initiale de 0,06µg.mL⁻¹ double à chaque nouvelle phase de traitement. Avant ce traitement, certaines populations sont exposées aux UV (**graphique B**).

Les allèles sont désignés par une lettre donnant le gène concerné, puis une lettre pour l'acide aminé de la souche initiale, un nombre qui est celui de l'acide aminé touché, et une lettre qui donne le nouvel acide aminé.

Question 4.a. Définissez la notion de valeur sélective. Pourquoi les phases de traitement aux SDHi sont-elles considérées comme des phases de sélection des individus résistants ?

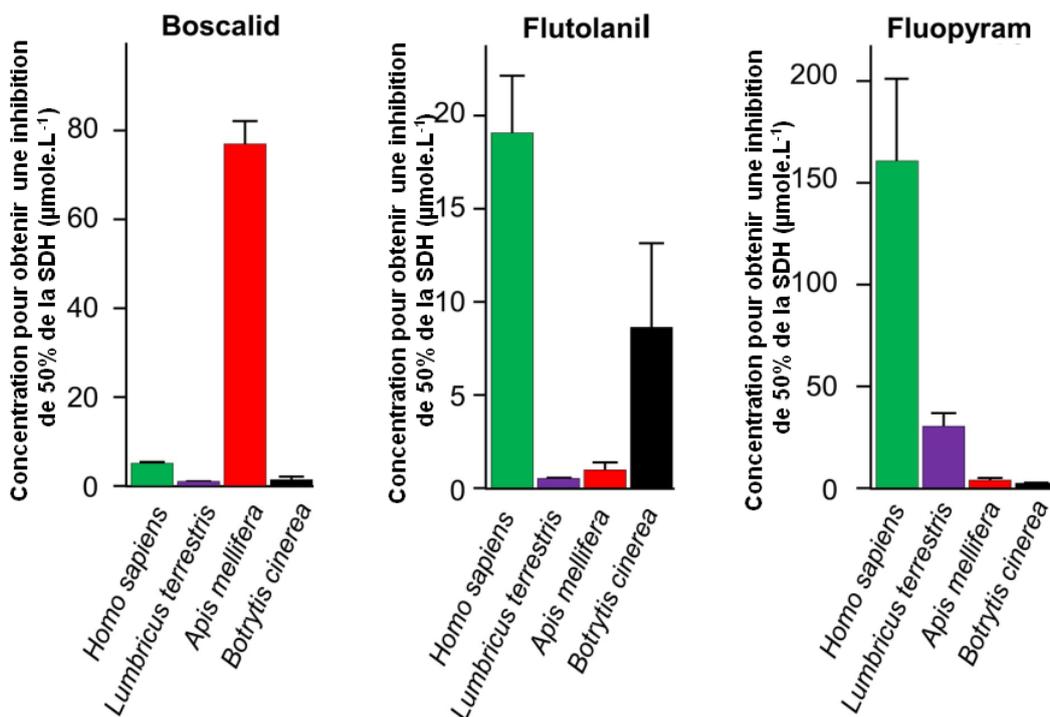
Question 4.b. En comparant les graphiques A et B du document 4, déduisez l'effet du traitement aux UV. Pourquoi ce traitement a-t-il un effet alors qu'il est appliqué avant la sélection par le fongicide ?

Question 4.c. Analysez le graphique B du document 4 et expliquez les variations de fréquence constatées.

Partie 3 (3,5 points) Pathologies et SDH

3.1. Effet des SDHi sur 4 espèces

Les enzymes SDH de 4 espèces sont extraites et l'activité enzymatique de l'ensemble des enzymes SDH est mesurée en présence de 3 SDHi différents. La concentration de SDHi induisant une inhibition de 50% de l'activité enzymatique normale (obtenue en présence d'eau) est évaluée chez l'humain (*Homo sapiens*), le ver de terre (*Lumbricus terrestris*), l'abeille domestique (*Apis mellifera*) et le champignon pathogène *Botrytis cinerea*.



Document 5. Les concentrations d'un SDHi (Boscalid ou Flutolanil ou Fluopyram) induisant une inhibition de 50% de l'activité SDH chez l'humain (*Homo sapiens*), le ver de terre (*Lumbricus terrestris*), l'abeille domestique (*Apis mellifera*) et le champignon pathogène *Botrytis cinerea*.

Question 5.a. Comment feriez-vous pour mesurer l'activité enzymatique de la SDH ? Une réponse de 5 lignes maximum ou un schéma est attendu.

Question 5.b. Comparer la sensibilité des enzymes SDH des 4 espèces pour les 3 SDHi.

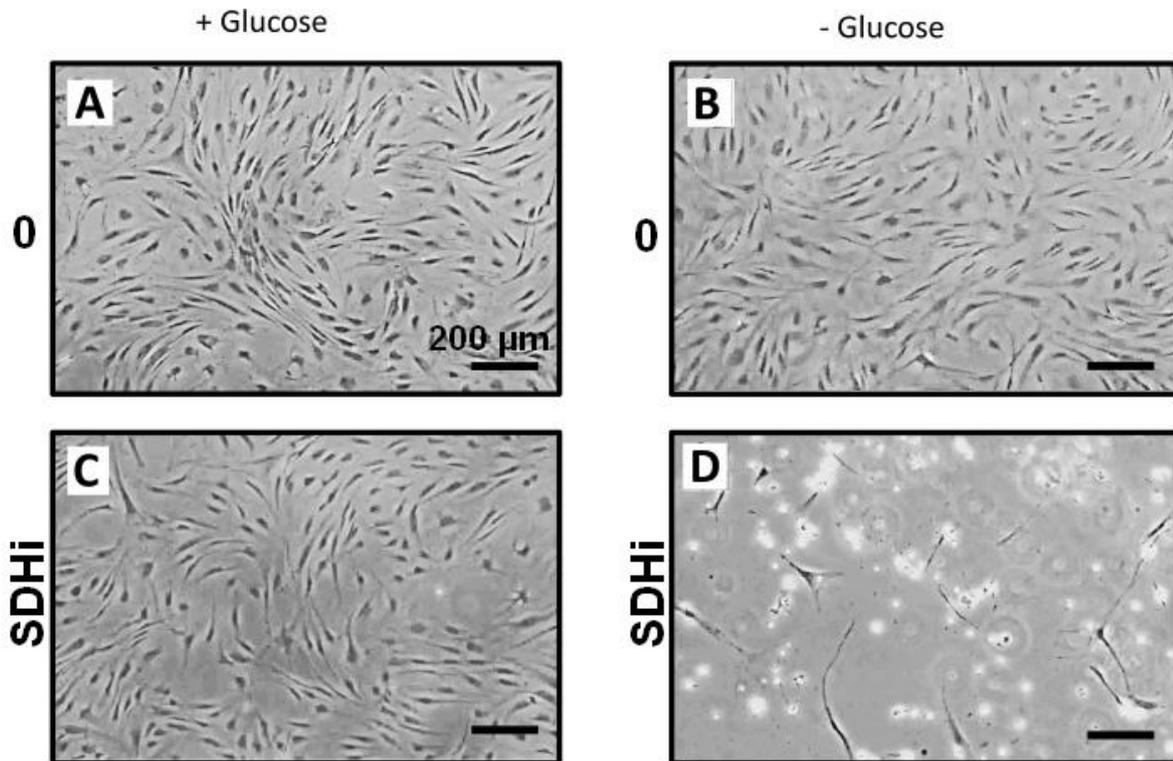
Question 5.c. Quels sont les avantages et inconvénients de l'usage agricole de chaque SDHi étudié ?

3.2. Remise en question des tests de toxicité

Les tests de toxicité pour l'être humain sont réalisés sur des cellules en culture, comme ici des fibroblastes. On évalue les concentrations nécessaires pour tuer les cellules, dans les conditions « habituelles » de culture, c'est-à-dire en présence de glucose dans le milieu. À partir de ces valeurs, on estime la dose maximale acceptable.

Des chercheurs veulent évaluer la fiabilité de cette approche en traitant des fibroblastes humains avec un SDHi, en présence de glucose, mais aussi en absence de glucose, avec seulement du glutamate comme source d'énergie.

Les cultures sont réalisées durant 15 jours.



Document 6. Des cultures de fibroblastes humains en présence (+) ou non (-) de glucose et éventuellement d'un SDHi à 1 mole.L^{-1} ou d'eau (0), visualisées par microscopie optique en contraste de phase. Toutes les photographies sont à la même échelle.

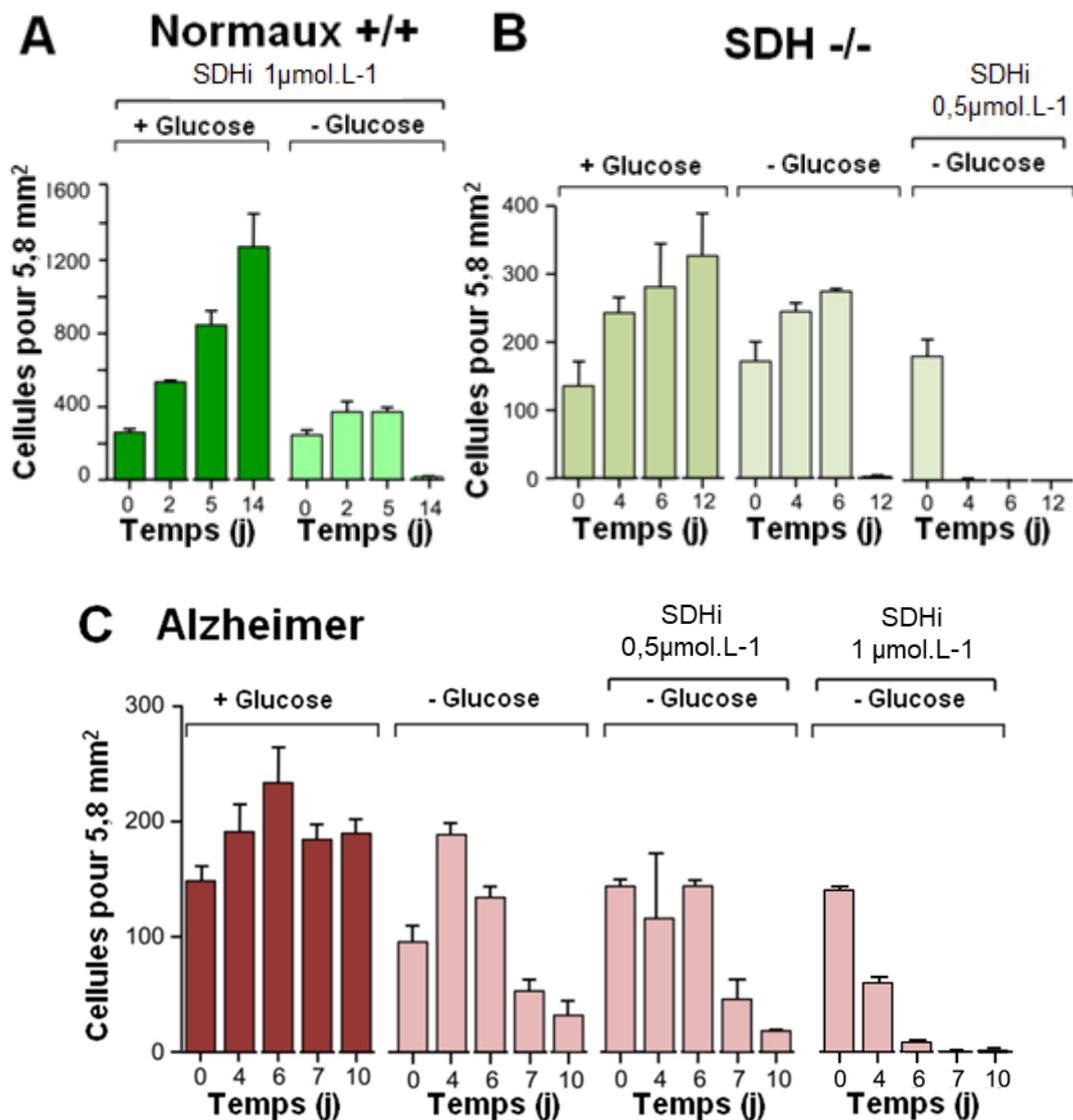
Question 6.a. Analysez les résultats obtenus. Quel biais des tests de toxicité est mis en évidence dans le document 6 ?

Question 6.b. En supposant que ce SDHi bloque totalement le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire, interprétez les résultats du document 6 en termes de production d'ATP.

Des fibroblastes normaux ($\text{SDH}^{+/+}$), des fibroblastes ne produisant pas de SDH fonctionnelle ($\text{SDH}^{-/-}$), ainsi que des fibroblastes d'un patient sont mis en culture au temps 0 dans des boîtes, en présence ou non de glucose et d'un SDHi.

La densité des cellules dans les boîtes est mesurée durant 14 jours.

Le patient a une forme génétique de la maladie d'Alzheimer, entraînant une dégénérescence de certains neurones, notamment ceux impliqués dans la mise en mémoire et l'orientation.



Document 7. Densités des cultures de fibroblastes normaux (A), ou sans SDH fonctionnelle (B), ou provenant d'un patient atteint d'une forme génétique de maladie d'Alzheimer (C), mesurées au cours du temps (en jours) pour une unité de surface de 5,8 mm². Les cellules sont cultivées soit en présence de glucose à forte dose (+ Glucose), soit sans glucose mais avec du glutamate (-Glucose), en présence ou non d'un SDHi. La significativité statistique n'est pas montrée.

Question 7.a. Analysez et interprétez les documents 7A et 7B. Quel résultat d'un des documents précédents retrouvez-vous ?

Question 7.b. En comparant les documents 7C et 7B, proposez une hypothèse pour expliquer la neurodégénérescence chez ce patient. On supposera que les neurones ont une réponse similaire à celle des fibroblastes.

Question 7.c. En quoi la présence de SDHi dans l'environnement pourrait être un problème pour certains patients atteints de la maladie d'Alzheimer ?

Bibliographie :

Bénit P et al. (2019) *PLoS One*14(11):e0224132
 Chao Xu et al. (2019) *Toxins*, 11, 272
 Gutiérrez-Alonso O. (2017) *Evolutionary Applications*. 10:1055–1066
 Hartman T.(2014) *PLoS Pathog* 10(11): e1004510
 Xuewen Hua et al.(2020) *Pest Manag Sci* 76: 2368–2378

BILOGIE 2 (Durée conseillée 1h30)

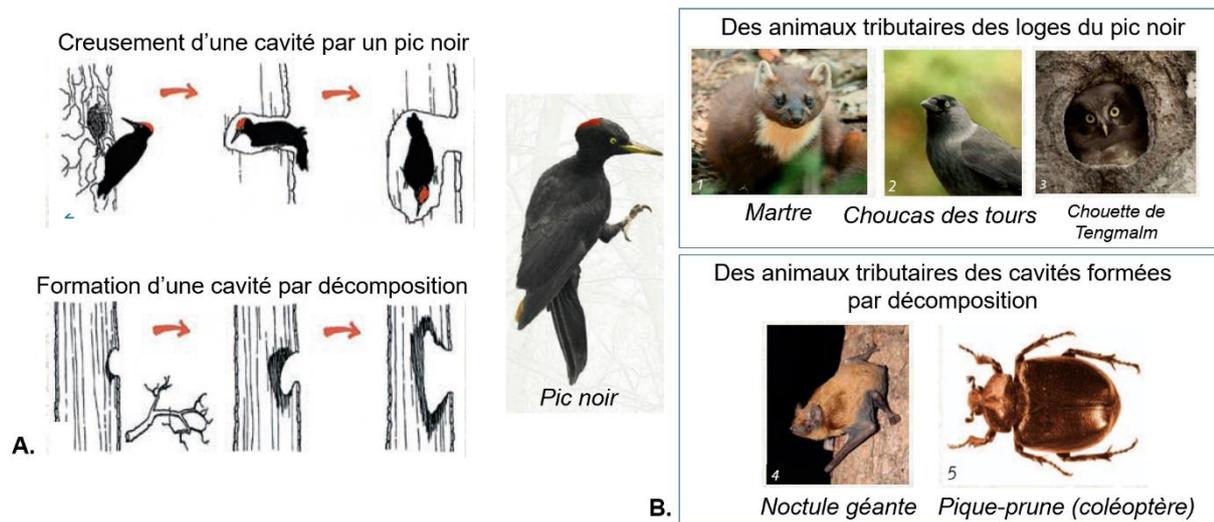
AUTOUR DU BOIS MORT

En forêt, le bois mort se présente sous différentes formes : chandelles (arbres morts mais encore debout), souches, branches et troncs posés au sol etc. On se propose d'étudier quelques espèces utilisant ce bois mort, au fur et à mesure de sa décomposition.

Les différentes parties sont indépendantes et il est recommandé de les traiter sur les copies séparées si elles ne sont pas abordées dans l'ordre.

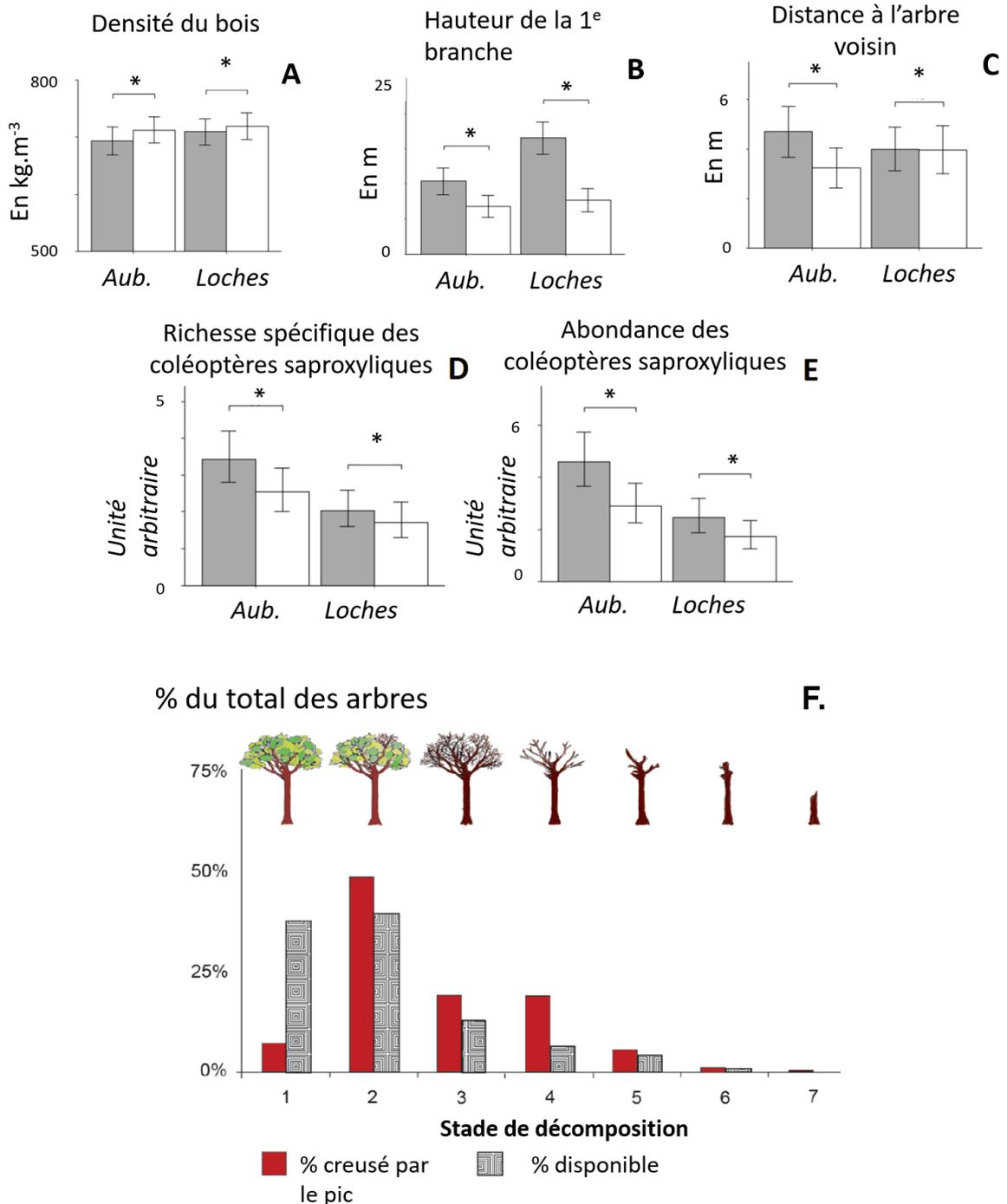
Partie 1 (1 point) Le pic noir (*Dryocopus martius*)

Les cavités dans les arbres peuvent être formées soit par des pics, en particulier le pic noir qui est une espèce forestière, soit par décomposition suite à la chute d'une branche.



Document 8. A. Les modes de formation des cavités dans les arbres. **B.** Les espèces occupant ces cavités.

On compare différentes caractéristiques des arbres portant des cavités de pics noirs (en grisé) par rapport aux arbres sans cavité (en blanc). Les documents 9A à 9E portent sur une étude réalisée dans deux forêts françaises : Auberive (*Aub.*) et Loches. Le document 9F est issu d'une étude menée en Colombie Britannique.



Document 9. Les caractéristiques des arbres à cavité par rapport à des arbres témoins. **A à C** : caractéristiques des arbres étudiés. **D et E** : quantification des coléoptères saproxyliques. **F** : stade de décomposition des arbres choisis par les pics par rapport à l'ensemble des arbres disponibles. Les astérisques indiquent une différence significative entre les conditions.

Question 8. En 10 lignes maximum, définissez et présentez la biocénose et le biotope associés à l'écosystème forestier, et donnez quelques exemples.

Question 9a. Analysez et interprétez les caractéristiques des arbres choisis par le pic noir, à partir des documents 8 et 9. Proposez au moins une hypothèse explicative pour chaque paramètre.

Question 9b. D'après les documents 8 et 9, comment qualifieriez-vous les rôles du pic noir au sein de l'écosystème forestier ? Justifiez votre réponse.

Partie 2 (4,5 points) Les coléoptères saproxyliques

2.1. Etude de la biodiversité des coléoptères saproxyliques

On s'intéresse aux méthodes d'estimation de ce groupe fonctionnel d'insectes. Pour cela, on peut utiliser l'indice de Shannon, noté H' , et qui s'exprime sous la forme :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(p_i)$$

p_i = l'abondance proportionnelle ou pourcentage d'abondance d'une espèce présente ($p_i = n_i/N$).

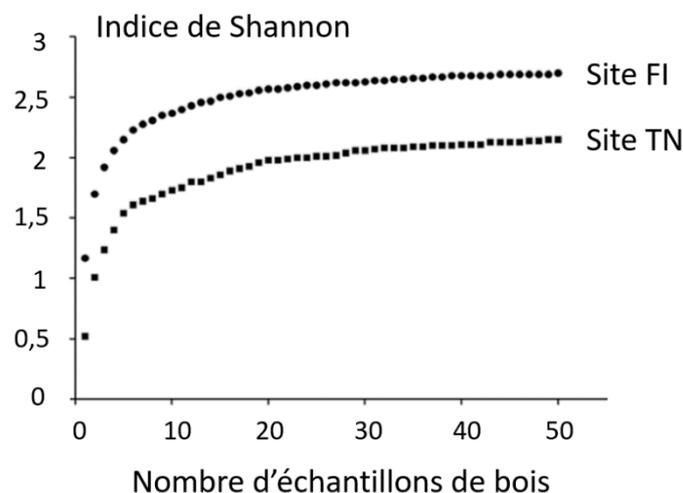
n_i = le nombre d'individus dénombrés pour une espèce présente.

N = le nombre total d'individus dénombrés, toute espèce confondue.

S = le nombre total ou cardinal de la liste d'espèces présentes.

Question 10a. Que vaut l'indice de Shannon lorsqu'une seule espèce est présente ? Et lorsque les espèces sont toutes réparties de manière équitable ?

Le document 10 résulte de comptages réalisés dans deux sites montagneux italiens (sites TN et FI). L'indice de Shannon est représenté en fonction du nombre d'échantillonnage de bois réalisés.



Document 10. La biodiversité de coléoptères saproxyliques en deux sites italiens.

Question 10b. Comment expliquez-vous l'allure des courbes des deux sites échantillonnés ? Au site FI, combien d'échantillons seraient nécessaires pour avoir échantillonné au moins 80% de la biodiversité de coléoptères saproxyliques ? Expliquez comment vous obtenez cette valeur.

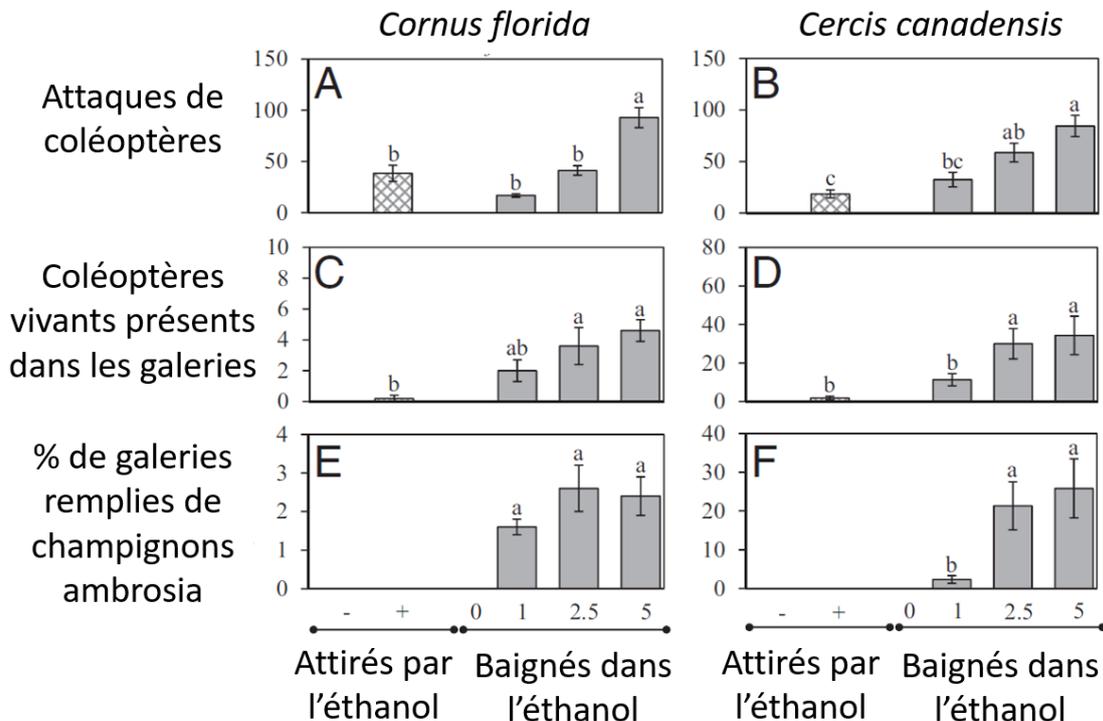
Certains coléoptères saproxyliques sont en symbiose avec des champignons ou des microorganismes qui les aident à digérer le bois mort. D'autres coléoptères expriment eux-mêmes des enzymes permettant la digestion de composants des parois végétales. Nous allons les étudier successivement.

2.2. Les coléoptères saproxyliques de type « *Ambrosia beetles* »

Certains coléoptères se nourrissent exclusivement de champignons regroupés sous le nom générique d'« *Ambrosia* » qui digèrent le bois. Le coléoptère cultive son champignon dans des galeries qu'il creuse dans le bois mort. Tous les champignons « *Ambrosia* » connus ne se reproduisent que par voie asexuée et clonale ; ils sont retrouvés exclusivement en association avec leurs coléoptères partenaires.

Ici, on s'intéresse au coléoptère *Xylosandrus* qui élève des champignons des genres *Ambrosiella* et *Raffaella*. Il a été remarqué que ces coléoptères étaient particulièrement attirés par l'éthanol ; or, le bois en décomposition contient jusqu'à 1% d'éthanol.

On réalise une expérience dans laquelle on utilise des morceaux de bois de deux espèces différentes : *Cornus florida* et *Cercis canadensis*. Certains morceaux sont traités de manière à contenir 1%, 2,5% ou 5% d'éthanol (« baignés par l'éthanol »). D'autres morceaux sont placés à proximité d'un dispositif diffusant de l'éthanol, mais sans que le bois ne contienne d'éthanol (« attirés par l'éthanol »). On mesure différents paramètres liés au coléoptère et à ses champignons.



Document 11. L'effet de l'éthanol sur la colonisation de morceaux de bois par des « *Ambrosia beetles* » du genre *Xylosandrus* et leurs champignons. Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents.

Question 11a. Quelle relation interspécifique entretiennent les coléoptères *Xylosandrus* et leurs champignons « *Ambrosia* » ? Justifiez votre réponse.

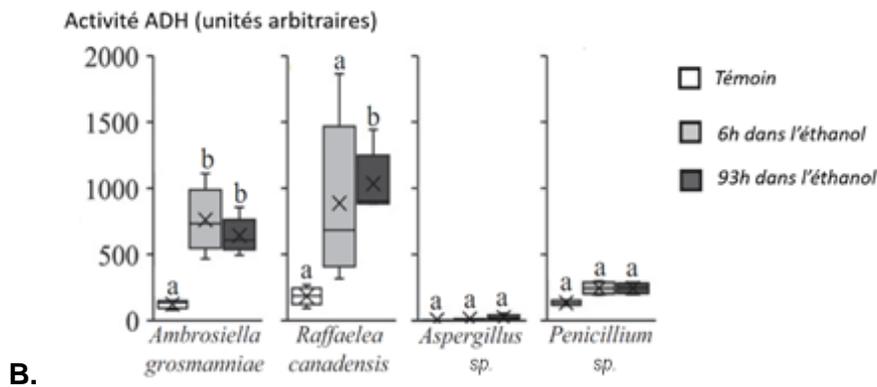
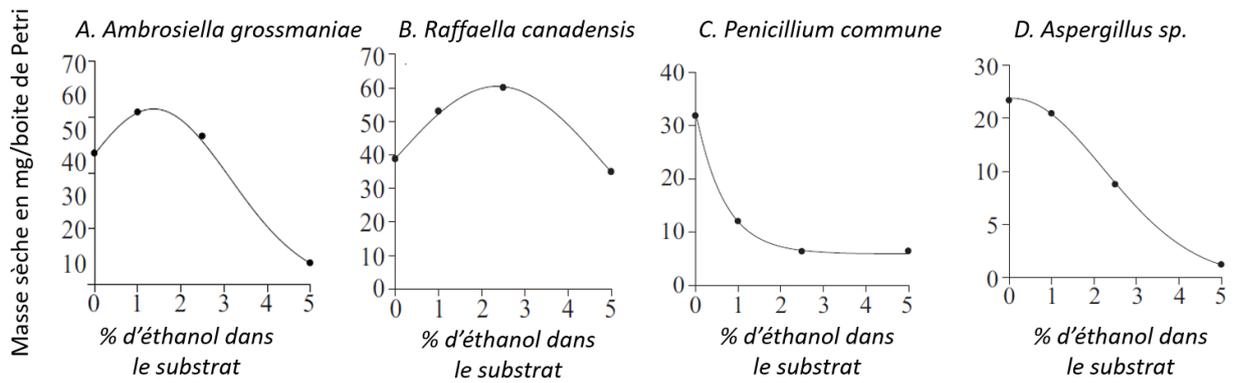
Question 11b. Analysez et interprétez le document 11. Proposez une hypothèse explicative à l'effet de l'alcool.

Les champignons « *Ambrosia* » des genres *Ambrosiella* et *Raffaella* sont mis en culture en boîte de Petri en présence de différentes concentrations en éthanol. Le même test est effectué sur des champignons *Penicillium* et *Aspergillus*, qui ne sont pas associés avec des coléoptères.

Par ailleurs, on teste l'activité de l'enzyme « alcool déshydrogénase », qui catalyse la réaction :



Les résultats sont présentés dans le document 12.



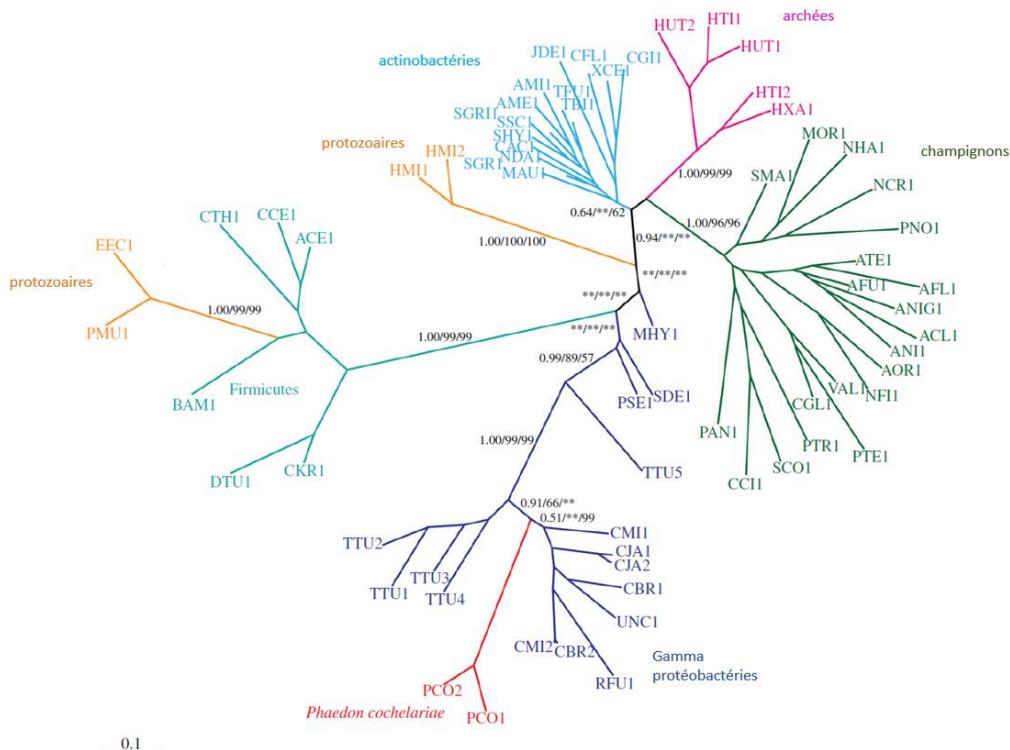
Document 12. A. L'effet de l'alcool sur la croissance de différents champignons. **B.** L'activité alcool déshydrogénase (ADH) chez ces différents champignons.

Question 12a. Explicitez les deux réactions couplées catalysées par l'alcool déshydrogénase.

Question 12b. Analysez et interprétez les résultats du document 12.

2.3. Les coléoptères saproxyliques digérant eux-mêmes le bois

Le coléoptère *Phaedon cochleariae* est capable de digérer le bois grâce à ses propres enzymes. En effet, son génome exprime une xylanase (le xylane, polymère de xylose, est un composant majeur des hémicelluloses dont le nom scientifique est xyloglucanes). On trouve des formes similaires de cette xylanase chez certains micro-organismes. Le document 13 présente une phylogénie de l'une des isoformes de cette xylanase chez les différentes espèces qui expriment cette enzyme.



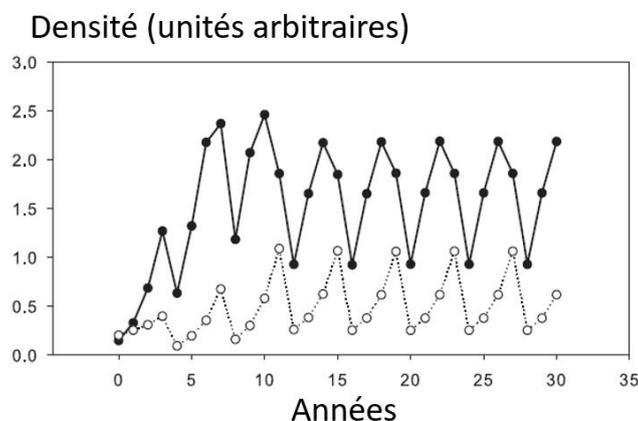
Document 13. Un arbre phylogénétique des xylanases GH11 résultant de la combinaison de 3 méthodes phylogénétiques (maximum de vraisemblance, inférence bayésienne et *neighbour-joining* ; les chiffres indiqués aux nœuds reflètent la « solidité » de ces nœuds testée par *Bootstrap* pour chacune de ces trois méthodes).

Question 13a. Nommez une méthode permettant de réaliser le séquençage de l'ADN et expliquez son principe (un schéma et/ou 10 lignes de texte maximum).

Question 13b. L'arbre obtenu ici est-il raciné ou non ? Justifiez votre réponse.

Question 13c. D'après cet arbre phylogénétique, quelle est l'origine probable de la xylanase GH11 de *Phaedon cochleariae* ? Justifiez votre réponse.

Le coléoptère xylophage *Phratora vulgatissima* est la proie de l'espèce de punaise prédatrice *Orthotylus marginalis*. On modélise les effectifs de populations de *Phratora* et d'*Orthotylus* en prenant comme hypothèse qu'une coupe à blanc de la parcelle forestière est réalisée tous les 4 ans. Les résultats obtenus sont présentés dans le document 14.



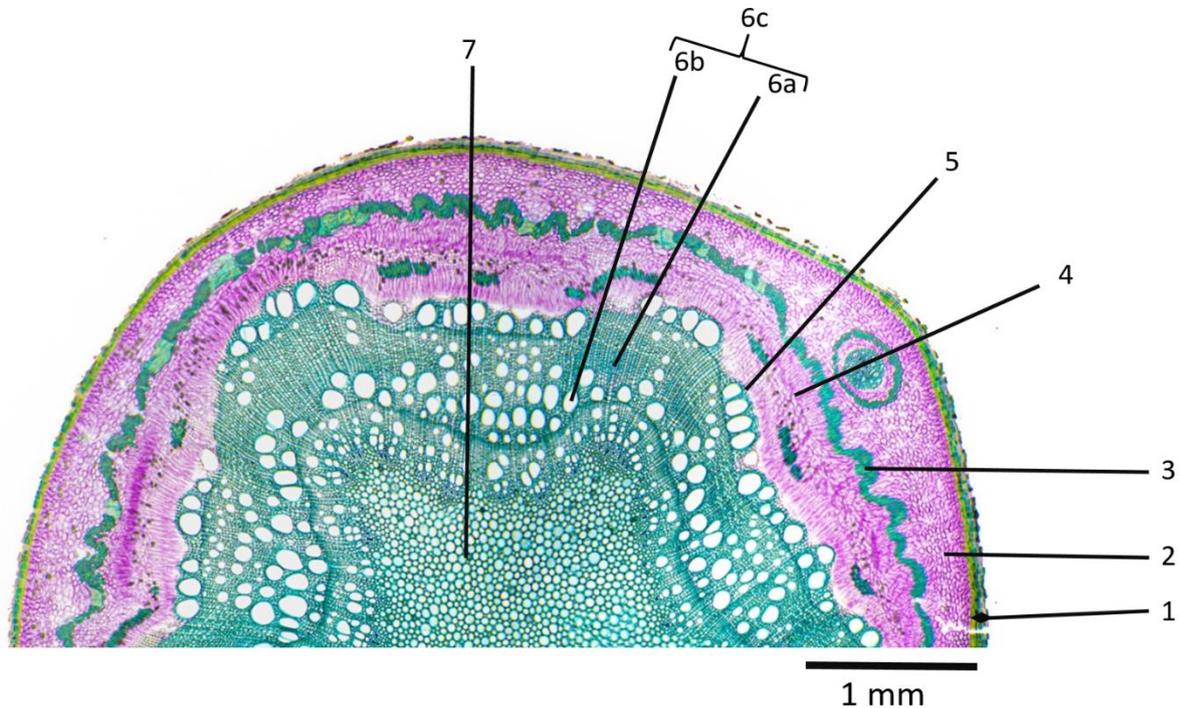
Document 14. Les populations de *Phratora* (cercles noirs) et d'*Orthotylus* (cercles blancs).

Question 14. Quel est le nom du modèle utilisé ici pour prédire les effectifs des populations ? Sur quelles hypothèses repose-t-il (2 hypothèses attendues) ? Quelles sont ses limites (2 limites attendues) ?

Partie 3 (4,5 points)
La dégradation du bois mort par les micro-organismes

3.1. Les tissus végétaux

Le bois contient différents types de tissus, dont la composition moléculaire varie.



Document 15. Une coupe de très jeune tronc colorée au carmo-vert d'iode [les tissus 3, 6 et 7 sont verts, 1 est vert-jaune et 2,4 et 5 sont roses].

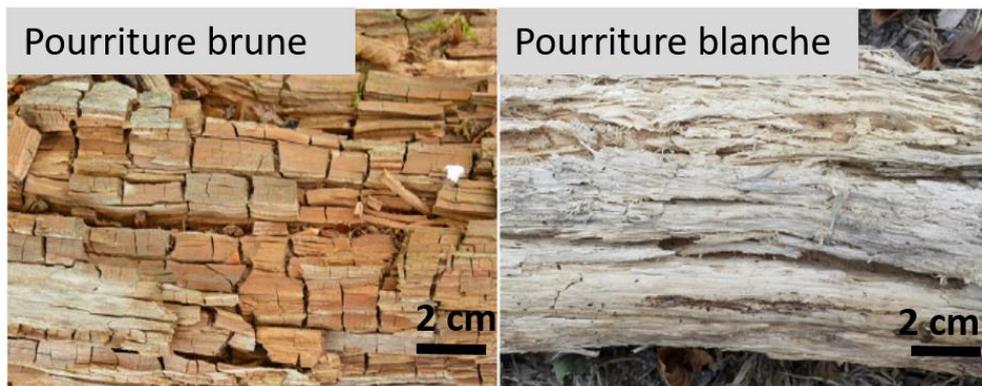
Question 15a. Quels types de composants et/ou de tissus révèle le vert d'iode ? Et le carmin aluné ?

Question 15b. Attribuez à chaque numéro le tissu correspondant sur cette coupe.

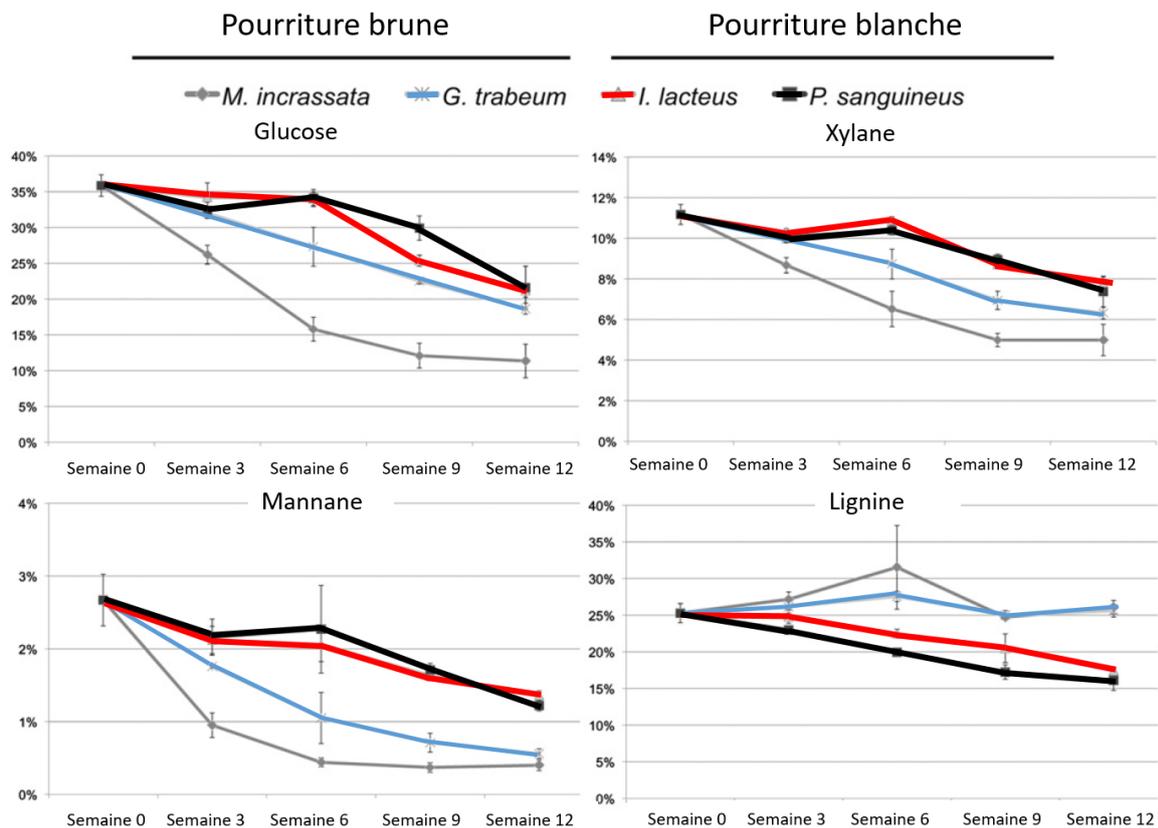
Question 15c. Le tronc a-t-il été coupé au printemps ou en hiver ? Justifiez votre réponse.

3.2. La dégradation du bois par les champignons

Le bois mort est dégradé par plusieurs types de champignons, parmi lesquels on distingue les « pourritures brunes » et les « pourritures blanches ». On teste deux espèces de chaque type de pourriture sur différents composés du bois. Des échantillons de bois sont mis au contact d'un champignon donné et on quantifie régulièrement la teneur en glucides (glucose, xylanes et mannanes = polymères de mannose) et en lignine.



A.



B.

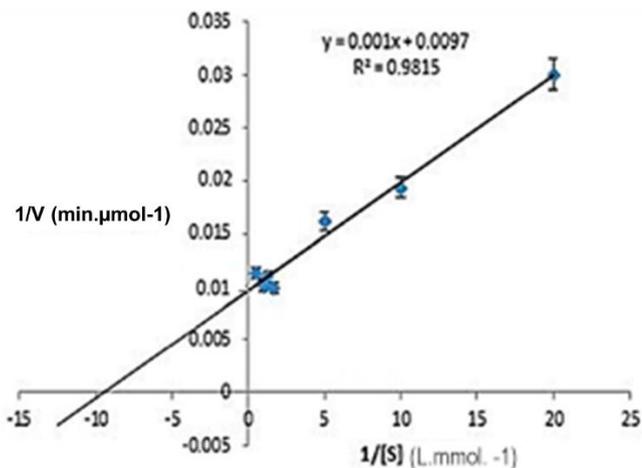
Document 16. A. Une observation de résidus de bois dégradés par des pourritures brunes et blanches. **B.** L'effet de pourritures brunes (à gauche) et blanches (à droite) sur la dégradation du bois.

Question 16a. Réalisez un schéma légendé d'une paroi primaire végétale. Indiquez les propriétés des différentes molécules qui la constituent.

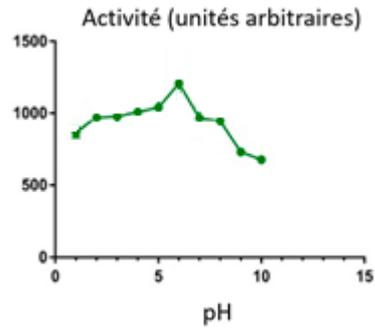
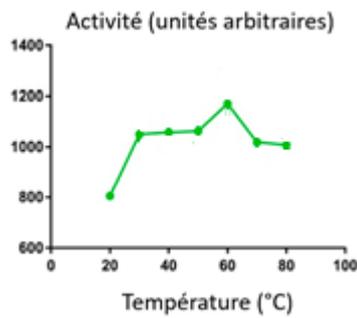
Question 16b. Analysez et interprétez le document 16. Déduisez-en la nature des biomolécules dégradées par les pourritures brunes et par les pourritures blanches.

En quoi cela explique-t-il la couleur de chacune d'entre elles ?

Une laccase, enzyme dégradant la lignine, est isolée et purifiée. On étudie sa cinétique.



A.



B.

C.

Document 17. A. La cinétique d'une laccase. B. L'effet de la température sur son activité. C. L'effet du pH sur son activité.

Question 17a. Comment appelle-t-on ce type de représentation des données cinétiques ? Quel type de cinétique enzymatique permet d'obtenir ces représentations ?

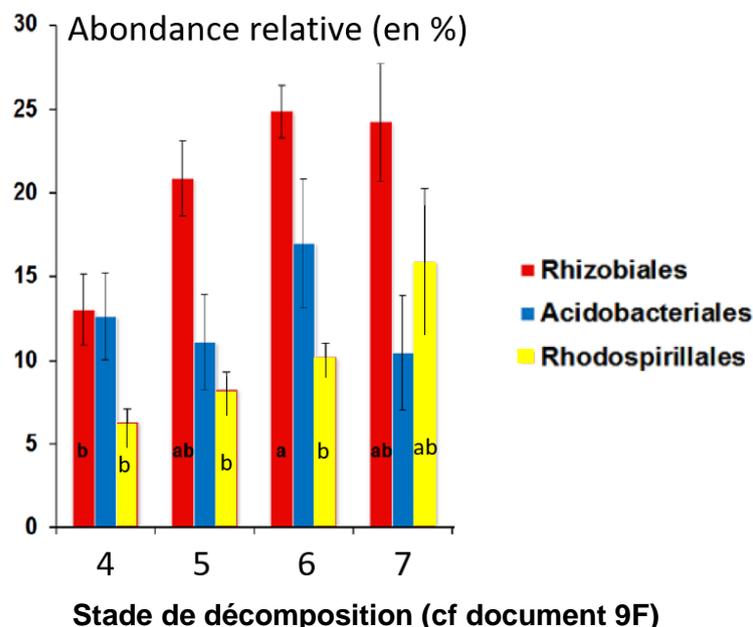
Question 17b. Quel est l'intérêt de cette représentation ? Comment accède-t-on aux principaux paramètres cinétiques ? Donnez leurs valeurs.

Question 17c. Quel est l'effet de la température sur l'activité de l'enzyme ? Comment peut-on expliquer l'allure de la courbe ? Justifiez.

Question 17d. Quel est l'effet du pH sur l'activité de l'enzyme ? Comment peut-on expliquer l'allure de la courbe ? Justifiez.

3.3. La dégradation du bois par les bactéries

Des échantillons sont prélevés en forêt sur du bois de hêtre mort, à différents degrés de décomposition. On quantifie les teneurs relatives en bactéries appartenant aux 3 familles principales : Rhizobiales (dont le genre *Rhizobium*), Acidobacteriales et Rhodospirillales. On considérera que toutes les espèces de la famille des Rhizobiales présentent les mêmes particularités métaboliques.



Document 18. Les familles de bactéries retrouvées dans le bois de hêtre en décomposition.

Question 18a. Quelle est la particularité des bactéries du genre *Rhizobium* vis-à-vis du métabolisme de l'azote ? Habituellement, où retrouve-t-on ces bactéries en grande quantité ?

Question 18b. Proposez une explication au fait que, dans le bois mort, les Rhizobiales présentent une abondance relative plus grande que les autres familles de bactéries.

Question 19. Définissez la notion de service écosystémique. Nommez un service écosystémique réalisé par le bois mort et expliquez en quoi il est nécessaire d'en laisser une quantité suffisante dans les forêts.

Bibliographie

Affiche ASPO/ BirdLife Suisse modifié d'après Dalin et al., **Biological Control** 59 (2011) 6–12
Document 8. Crédit photo P. Labrot.
Hastrup et al., **Fungal Biology** 116 (2012) 1052e1063
Hoppe et al., **Scientific Reports** | 5 : 9456 | avril 2015
Macagno et al., **Eur. J. Entomol.** 112(3) : 000–000, 2015
Martin K., **Denisia** 36, zugleich Kataloge des oberösterreichischen Landesmuseums Neue Serie 164 (2015) : 77-86
Pauchet Y, Heckel DG. 2013 **Proc R Soc B** 280 : 20131021.
Puverel. C. This is my spot: characteristics of trees bearing Black Woodpecker cavities. **Environmental Sciences**. 2018. hal-02608125
Ranger C. et al., **PNAS** | April 24, 2018 | vol. 115 | no. 17 | 4447–4452
Yadav M. et al., **Appl. Sci.** 2019, 9, 340 ; doi :10.3390/app9020340

FIN DU SUJET