

DS Bio rapport de Jury, Agro-véto 2021

Thème 1. Les flux d'azote dans les écosystèmes forestiers

Question 1

Les candidats doivent replacer leurs connaissances de biologie moléculaire à l'échelle de l'écosystème en donnant des exemples de molécules azotées dans la biomasse végétale, dans les horizons organiques et dans les horizons minéraux du sol. Aucune connaissance de pédologie (hors programme) n'est nécessaire ici ; il s'agit simplement de mobiliser dans plusieurs chapitres du programme (I-A-1, I-A-2, II-E-1) les éléments nécessaires pour amorcer une réflexion classique sur les flux de matière à l'échelle d'un écosystème (parties III-B et III-C).

Cette question a été traitée de manière inégale. La moitié des candidats n'a pas réussi à citer deux molécules azotées dans chaque réservoir. Si les ions nitrite, nitrate et ammonium ont souvent été mentionnés, les molécules organiques l'ont été beaucoup plus rarement, que ce soient les petites molécules (acides aminés, nucléotides, etc.) ou les macromolécules (protéines, acides nucléiques, etc.). Ce constat est à mettre en relation avec les difficultés conceptuelles de beaucoup de candidats à comprendre l'idée d'assimilation de l'azote dans les feuilles (questions suivantes).

Ce n'est pas au jury de choisir les bonnes réponses : la présence d'une erreur (par exemple une molécule non azotée) empêche d'obtenir le maximum des points à la question. Les candidats ont tout intérêt à écrire un nombre limité de molécules qu'ils maîtrisent plutôt qu'à multiplier les réponses au hasard.

Question 2.1

L'objectif est de comparer les dépôts atmosphériques à la variation annuelle de la quantité d'azote dans chaque écosystème. Beaucoup de candidats ont noté avec justesse la variation de quantité d'azote dans trois écosystèmes est supérieure aux entrées atmosphériques (donc une *accumulation* d'azote), et inférieure dans le quatrième écosystème (donc une *perte* d'azote). Les réponses incorrectes sont en général dues à une paraphrase des données sans aucune comparaison.

Le jury attend au minimum une hypothèse expliquant les accumulations d'azote (par exemple : fixation biologique de diazote atmosphérique, faible lessivage des nitrates) et une hypothèse expliquant les pertes d'azote (par exemple : fort lessivage des nitrates, forte dénitrification, feux de forêt). Le jury a accepté de nombreuses hypothèses (différences mineures de gestion, relief, pente, météo, volatilisation, utilisation d'engrais, etc.) à condition qu'elles soient cohérentes et argumentées. La question était posée à l'échelle de l'écosystème, mais de nombreux candidats ont expliqué des mécanismes de gain ou perte d'azote à l'échelle de l'arbre, ce qui n'était pas pertinent.

Le jury regrette de nombreuses propositions très imprécises. Il est préférable de proposer un petit nombre d'hypothèses bien expliquées que de citer de nombreuses hypothèses sans aucune argumentation. Les réponses concrètes et précises ont été valorisées.

En outre, un nombre important de candidats se contente de comparer les quatre écosystèmes entre eux sans comparer les dépôts atmosphériques à la variation de la quantité d'azote dans chaque écosystème, ce qui ne permet pas de répondre à la question. La lecture précise des consignes est capitale pour réussir l'épreuve.

Thème 2. Étude de bactéries endophytes du conifère *Pinus contorta*

Question 3

L'intérêt du protocole expérimental pour quantifier l'activité nitrogénase des bactéries a été identifié par la grande majorité des candidats. Sur ce type de question ne présentant pas de difficulté particulière, les candidats ont tout intérêt à proposer une réponse courte, rapide et efficace.

Question 4

L'étude du document 3 permet de comprendre que des bactéries capables de réduire le diazote atmosphérique vivent sur les parties aériennes des arbres *P. contorta*. La question a été globalement bien traitée.

Question 5

La mesure du ^{15}N dans les feuilles permet d'évaluer la quantité de nitrates marqués qui ont été effectivement incorporés dans les feuilles. Le NDFA permet de déterminer le pourcentage d'azote (non marqué) dans la plante, qui est donc (dans les conditions de cette expérience) issu de la fixation de N_2 par les bactéries inoculées.

L'expérience de marquage au ^{15}N a été très mal comprise par de nombreux candidats, qui proposent qu'une forte teneur en ^{15}N dans les feuilles signifie que les bactéries fixent beaucoup de N_2 . La réalité est à l'opposé : plus les bactéries fixent le N_2 , plus la proportion d'azote marqué est faible dans la plante. Le jury incite les candidats à lire attentivement les protocoles et à prendre le temps d'en comprendre l'enjeu, pour éviter de perdre un grand nombre de points dans des contresens.

Le jury regrette que de nombreux candidats considèrent que le ^{15}N est radioactif. Tous les isotopes minoritaires ne sont pas radioactifs.

Question 6

L'étude du document 4 permet d'établir que les feuilles des plantules incorporent de l'azote fixé par des bactéries *P. polymyxa*. En effet, la présence de bactéries vivantes diminue significativement la proportion de ^{15}N fixé dans les feuilles (4A), 10 à 30 % de l'azote des feuilles vient de la fixation du N_2 par les bactéries (4C) et la présence de bactéries ne fait pas varier la quantité totale d'azote dans les feuilles (4B).

Dans de nombreuses copies, les interprétations sont confuses, voire erronées, en raison de la mauvaise compréhension du protocole de marquage au ^{15}N et du calcul du NDFA. En outre, les valeurs d'enrichissement données en pourcentage dans le document 4A ont fréquemment été interprétées comme des valeurs absolues, ce qui a mené à des erreurs d'interprétation. La lecture des unités sur les graphiques est capitale.

Le jury insiste également sur l'importance d'analyser pas à pas les documents. Chaque document (4A, 4B, 4C) apportait une information, qu'il fallait extraire et interpréter, sans chercher à conclure sur l'ensemble des documents dès le départ.

Plus généralement, le jury appelle les candidats à la rigueur dans l'interprétation des barres d'erreur. Le recouvrement des barres d'erreur indique que *la différence entre les moyennes* n'est pas significative et non que « les résultats ne sont pas significatifs » ou que « les données ne sont pas exploitables » comme lu dans de nombreuses copies.

Question 7

Les données du document 5A permettent de confirmer la colonisation des tiges et racines des plants inoculés par *P. polymyxa* et l'absence de contamination des plants témoins.

Le document a été compris, mais la référence aux témoins est malheureusement rare dans les copies. La prise en compte de l'apport des témoins fait partie de la démarche scientifique évaluée dans cette épreuve.

L'analyse du document 5B permet d'arriver à l'idée que l'inoculation par les bactéries *P. polymyxa* permet une croissance plus rapide des plantules, et que cette accélération de la croissance est principalement portée par les tiges. La question a été globalement bien traitée. Dans certaines copies, le jury regrette néanmoins l'absence de données chiffrées pertinentes.

Le document 5C permettait de quantifier la fixation de N_2 par les bactéries endophytes : les plants P2B-2R ont tiré 40 % de leur azote foliaire de la fixation de N_2 par les bactéries (application directe du calcul du NDFA).

Question 8

La question 8 vise à faire la synthèse des conclusions obtenues lors de l'analyse des documents du thème 2. Les idées suivantes étaient attendues :

- Des bactéries diazotrophes sont capables de coloniser les parties aériennes de *Pinus contorta*.
- Au sein des tiges et feuilles de *P. contorta*, les bactéries endophytes sont capables d'avoir une activité nitrogénase effective.
- L'azote issu de la fixation du N_2 par les bactéries est assimilé par *P. contorta* et incorporé dans sa matière organique (en plus de l'azote minéral du sol).
- Ces flux d'azote entre l'arbre et les bactéries endophytes semblent avantageux puisqu'ils favorisent la croissance des jeunes plants de *P. contorta*.

Dans l'ensemble, la question a été correctement traitée. Sur les questions de synthèse comme celle-ci, les candidats ne doivent pas reprendre les observations faites dans les documents, mais seulement les conclusions. De rares candidats ont fait légitimement remarquer que ces conclusions leur paraissaient surprenantes par rapport à leurs connaissances sur le fonctionnement de la nitrogénase en présence de O_2 . Le jury a d'ailleurs valorisé les candidats qui, à tout moment dans leur copie, signalé que les documents n'allaient pas dans le sens des modèles issus de leurs connaissances et expliqué les conclusions qu'ils en tiraient.

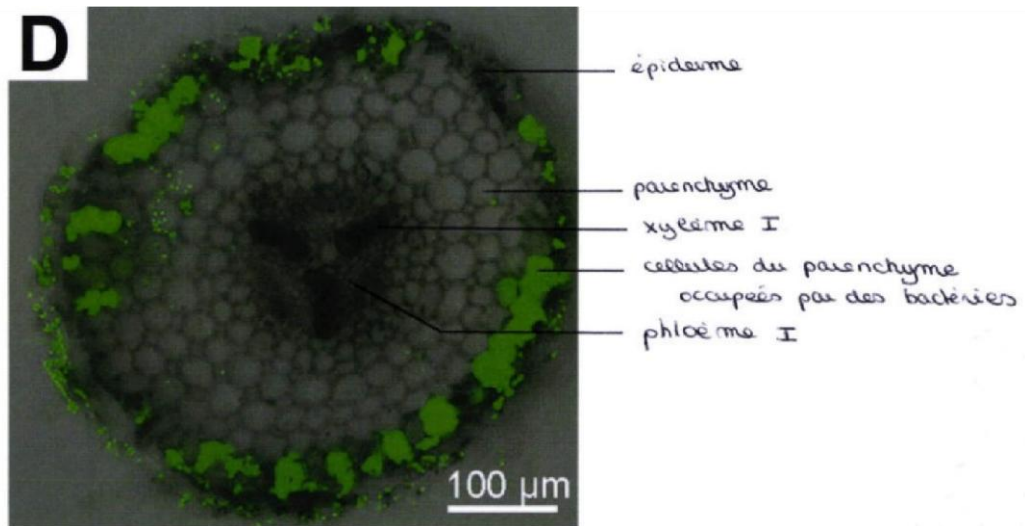
Thème 3. Interactions plantes – micro-organismes et flux d’azote dans la rhizosphère

Question 9

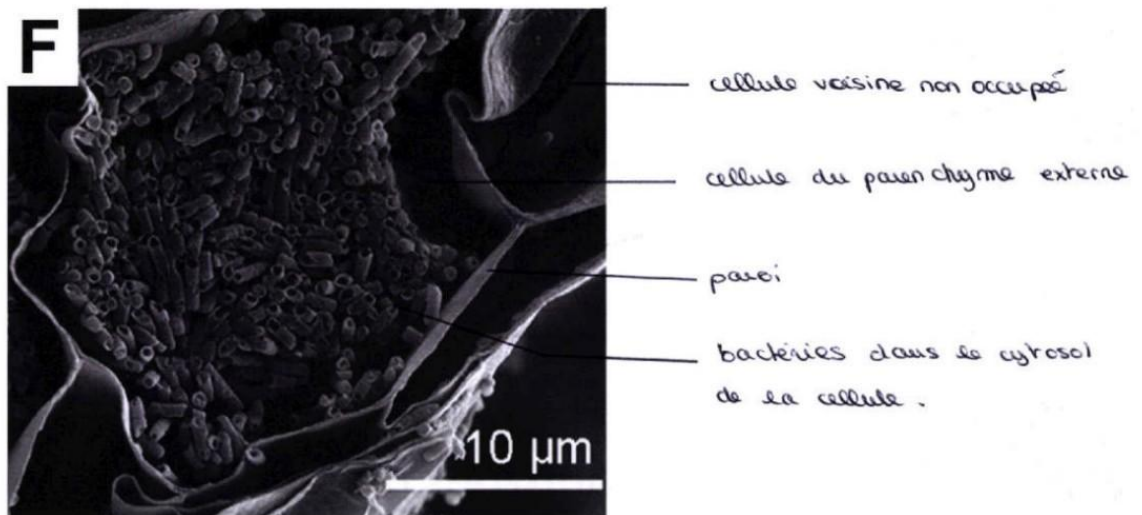
Pour obtenir l’ensemble des points à cette question, les candidats doivent pouvoir légender un petit nombre de structures parmi les suivantes :

— Cliché D : poils absorbants, endoderme, cylindre central (xylème, phloème), parenchyme cortical (ou écorce, ou rhizoderme), *E. coli*.

— Cliché F : cellule de racine, paroi pectocellulosique, *E. coli*.



Coupe transversale de racine de tomate incubée avec ^{GFP}*E. coli* (microscopie confocale à balayage laser)



Racine de plant de tomate incubée avec ^{GFP}*E. coli* coupée transversalement (MEB).

Exemple de clichés correctement légendés

Les légendes attendues portent sur des connaissances d’anatomie végétale, mais aussi sur l’identification et la localisation des bactéries *E. coli*. Quelques candidats se sont focalisés sur leurs connaissances et ont oublié de légender les bactéries. Même dans les questions faisant appel à des éléments de connaissance, il faut s’adapter aux documents et garder en tête que l’objectif de l’épreuve

reste l'analyse de données expérimentales. De fait, ce document permet de découvrir que des bactéries se trouvent à l'intérieur des tissus et des cellules de la racine, ce qui est essentiel pour la suite du sujet.

Question 10

Les clichés A et B montrent des bactéries présentes au niveau des racines, en particulier des poils absorbants. Le cliché D permet de préciser que les bactéries se trouvent à l'intérieur des tissus externes de la racine, alors que le cliché C (témoin) révèle que les billes de silice n'entrent pas dans les tissus, ce qui suggère l'existence d'un mécanisme permettant une entrée spécifique des bactéries. Les clichés E et F présentent des bactéries localisées à l'intérieur même des cellules de la racine.

Dans de nombreuses copies, les descriptions des clichés manquent de précision ce qui mène à des interprétations elles aussi imprécises (les bactéries sont-elles autour de la racine ? À l'intérieur des cellules ?). Décrire avec précision les photographies est une condition nécessaire pour aboutir à des interprétations du niveau attendu.

Très peu de copies mentionnent les billes de silice (cliché C). Lorsqu'elles sont mentionnées, leur rôle est très rarement compris. Le jury incite les candidats à s'interroger systématiquement sur l'intérêt des protocoles, et en particulier sur le rôle des témoins, pour pouvoir tirer le maximum d'information des documents.

Question 11

L'analyse des photographies du document 7 permet de conclure que les levures entrent rapidement dans les cellules de la racine (3 heures), puis y sont dégradées au bout de deux semaines. Dans de nombreuses copies, le devenir des levures n'est décrit que de manière partielle. L'étape d'internalisation est souvent oubliée.

Question 12

Le principe du *SDS-PAGE* et du *Western Blot* sont maîtrisés par la plupart des candidats. La connaissance des techniques de base en biologie moléculaire est nécessaire et permet aux candidats de gagner facilement des points.

Dans la question 12.2, il s'agit d'identifier l'intérêt du protocole mis en place et non de décrire à nouveau les techniques employées. Le protocole permet de quantifier spécifiquement la GFP dans les extraits de racine, la GFP étant un indicateur de l'activité biologique des levures.

L'analyse du document 8 permet d'utiliser la disparition progressive de la GFP pour confirmer l'arrêt du métabolisme des levures. La dégradation de la GFP permet de supposer une forme de digestion des protéines des levures dans les racines.

Certains candidats, probablement par manque de temps à l'approche de la fin d'épreuve, se sont contentés de décrire le Western Blot sans l'interpréter, ou au contraire donnent une conclusion sans décrire les résultats. La totalité des points ne peut être attribuée qu'aux réponses alliant description des résultats et interprétation.

Question 13

Dans le document 9, la comparaison quantitative des témoins 1 et 2 permet de mettre en évidence le fait que la plante prélève du ^{15}N dans la solution d'incubation, même en absence de bactéries. La comparaison entre le test et le témoin 2 permet ensuite de conclure que la présence de bactéries vivantes facilite l'incorporation de ^{15}N par la plante.

Le témoin 2 a été mal interprété, voire non mentionné. Le jury rappelle encore une fois l'importance de s'interroger sur le sens des protocoles et en particulier sur le rôle des témoins.

Plusieurs limites peuvent être citées : cette expérience ne permet pas de démontrer que les bactéries ont bien été digérées dans les cellules des arbres ni de savoir sous quelle forme l'azote fixé par les bactéries est incorporé dans la matière organique de la plante. Cette limite a été très rarement citée par les candidats.

Certains candidats ont critiqué le choix de n'incuber le test que pendant une heure alors que le témoin 2 était incubé deux heures. Ce choix expérimental est effectivement discutable et constitue une limite pour la quantification des résultats. Cependant, il n'empêche pas de conclure de manière qualitative : avec un temps d'incubation comparable, la différence de fixation du ^{15}N entre le test et le témoin 2 serait probablement renforcée.

Le jury tient à rappeler ici le périmètre de la compétence C « *exercer son esprit critique, identifier un problème, remettre en cause un modèle* ». De fait, lorsqu'il est demandé aux candidats d'identifier les « limites » d'un protocole expérimental, certains d'entre eux utilisent beaucoup d'énergie à « démonter » le document, à le remettre en cause avec des formules du type « ce document est ininterprétable », « les données ne sont pas correctes », « le rinçage des racines n'a pas été réalisé correctement », « le document n'est pas significatif donc on ne peut pas conclure » ou encore (par exemple pour les documents 3C et 5A) « il n'y a pas de barres d'erreur donc le document n'est pas analysable ». C'est une stratégie que le jury déconseille, pour deux raisons. La première est stratégique : dans une épreuve d'analyse de documents, il est très rapidement contre-productif de passer du temps et de l'énergie à dire que tous les documents ne sont pas interprétables. Au contraire, le jury tient à rappeler aux candidats le contrat didactique d'une épreuve documentaire lors d'un concours national : les documents *sont* interprétables. À aucun moment le sujet n'a pour objectif de piéger les candidats, mais d'évaluer leurs capacités à construire des interprétations correctes à partir de données scientifiques. Comme il a été rappelé plusieurs fois dans ce rapport, le fait d'écrire le cas échéant « il n'y a pas de différences significatives entre ces deux paramètres » peut être une interprétation correcte du document. La seconde raison est épistémologique et posturale : il n'est absolument pas attendu de candidats à un concours niveau Bac +2 qu'ils remettent en cause des *résultats* obtenus par des chercheurs dont c'est le métier, publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture. Ainsi, il ne faut pas confondre ce qui est attendu d'un chercheur (obtenir des résultats publiables, révisés par les pairs) et ce qui est attendu d'un étudiant de BCPST : interpréter les résultats, et en comprendre les *limites*. Et par « limite », on entend le « périmètre exact » des interprétations qui sont faites de ces documents : qu'est-ce que le document permet de démontrer, et ce qu'il ne permet pas de démontrer. En ce sens, le document 9 illustre cette idée : sans une approche cellulaire (comme les levures des documents 7 et 8), le document ne permet pas de démontrer si les bactéries sont bien entrées dans les racines, y ont été digérées, etc. On ne peut donc pas aller plus loin dans l'interprétation que « la présence de bactéries vivantes facilite l'incorporation de l'azote dans la matière organique de la plante ».

Question 14

Cette question a pour objectif de confronter les résultats obtenus dans cette étude aux connaissances des candidats sur la diversité des modes trophiques au programme (partie II-F). Plusieurs réponses ont été acceptées, à condition qu'elles soient justifiées et cohérentes avec les informations disponibles. Le plus évident était de proposer un mode *hétérotrophe phagotrophe*, ou éventuellement un mode *saprotrophe* si on considérait que les micro-organismes meurent sans que la plante en soit la cause.

De nombreuses réponses ont manqué d'argumentation. Certains candidats ont confondu types trophiques et relations interspécifiques et ont proposé les termes de symbiose ou de parasitisme (alors même que la question précisait explicitement qu'il s'agissait d'une relation trophique). Sur ce type de question, le jury recherche avant tout la cohérence du raisonnement.

La seconde partie de la question vise à évaluer la capacité des candidats à faire preuve d'esprit critique vis-à-vis de leurs connaissances classiques des types trophiques (partie I-C-3 du programme). Encore une fois, le jury n'attendait pas de réponse préconçue et s'intéressait à la cohérence des réponses. La question a été peu traitée du fait d'un manque de temps en fin d'épreuve. Le jury a valorisé tout candidat qui a réussi à mettre en exergue une ou plusieurs idées parmi les suivantes :

- la classification habituelle des types trophiques résume une situation majoritairement observée,
- les plantes étudiées ici sont donc bien photolithotrophes, mais peuvent, de manière accessoire, plus ou moins ponctuelle être chimio-organotrophes,
- la consommation de micro-organismes ne semble pas une modalité obligatoire, ni une modalité unique,
- on peut donc supposer que beaucoup d'organismes, habituellement décrits comme photolithotrophes, soient en réalité plus probablement mixotrophes.