

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES GÉNÉRALES

Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	15.05.23	Durée :	08:15 - 10:45	Numéro candidat :	
Discipline :	Biologie	Section(s) :	GSN		

Sujet 1 – Relations alimentaires dans la toundra arctique (11P)

Les régions arctiques de la toundra sibérienne sont caractérisées par un froid glacial et des paysages arides. En conséquence, ces biotopes sont peu peuplés par les animaux. Dans certaines régions, on trouve principalement 3 espèces : les lemmings (petits rongeurs herbivores), les oies polaires (oiseaux herbivores nidifiant au sol) et les renards polaires (prédateurs privilégiant les lemmings, mais aussi les oies polaires).



image 1 – un renard polaire mange un lemming

Il semble y avoir un lien entre la fréquence des lemmings et celle des oies polaires :

- La fréquence des lemmings est soumise à de fortes fluctuations périodiques.
- En cas d'effondrement de la population de lemmings, une légère diminution de la population d'oies polaires s'ensuit.

Il n'y a pas de relation compétitive directe entre les lemmings et les oies polaires.



image. 2 – un renard polaire chassant une oie polaire

a) Représentez le développement attendu selon le modèle de Lotka-Volterra des populations de lemmings et de renards polaires sous forme d'un diagramme annoté ! Justifiez l'allure des courbes ! (5P)

b) Formulez une hypothèse sur la raison pour laquelle, après une diminution de la population de lemmings, la population d'oies polaires diminue également légèrement ! (3P)

c) Le modèle de Lotka-Volterra est souvent critiqué pour sa trop grande simplification, notamment en ce qui concerne les conditions de sa validité. Expliquez deux de ces conditions et pourquoi celles-ci sont plutôt valables dans la toundra arctique que dans les régions tempérées ou tropicales ! (3P)

Sujet 2 – La nouvelle loi 2020 relative aux engrais (6P)

En raison des besoins élevés en azote des plantes, une teneur trop faible en azote assimilable dans le sol signifie souvent une mauvaise récolte pour les agriculteurs. Pour y remédier, il faut souvent recourir à une fertilisation des champs à l'aide d'engrais minéraux azotés et du purin.

Néanmoins, en 2020, l'Allemagne a adopté une loi qui réglemente plus strictement l'utilisation d'engrais sur les terres agricoles en pente près de cours d'eaux. (image 3)

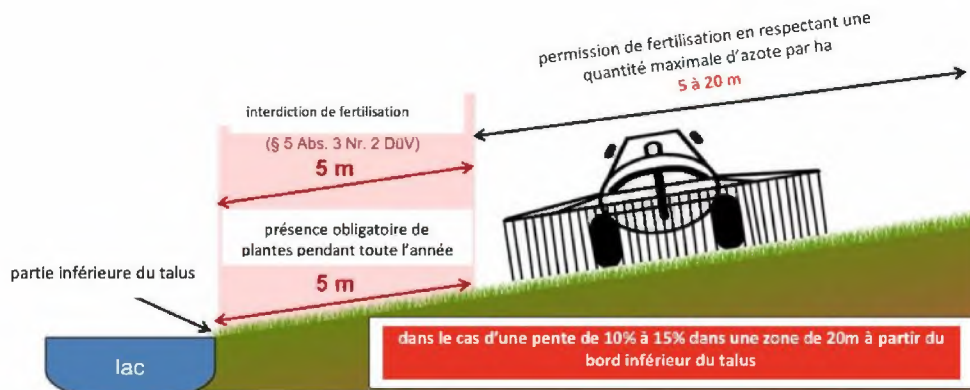


image. 3 – quelques aspects de la loi allemande relative à l'épandage d'engrais.

a) Nommez deux biomolécules dont la structure chimique nécessite de l'azote ! (1P)

b) Décrivez et expliquez en détail les processus qui pourraient se produire dans le lac en cas d'un non-respect permanent des exigences légales (illustrées par la figure 3)! (5P)

Sujet 3 – Engrais, protoxyde d'azote et réchauffement global (9P)

En 2021, la BBC a publié l'article "The world's forgotten greenhouse gas" (en français : le gaz à effet de serre oublié) qui aborde la problématique du protoxyde d'azote (N_2O) dans le contexte du changement climatique.

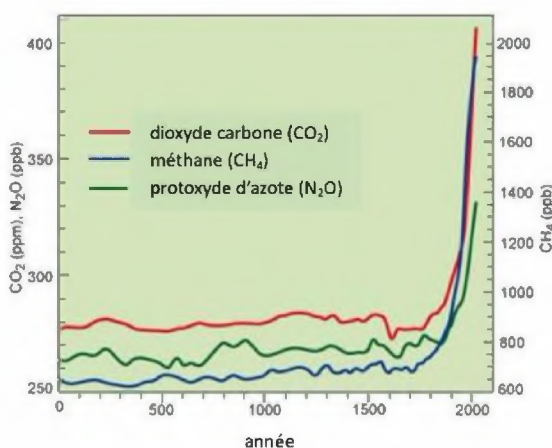


image. 4 – concentration atmosphérique de quelques gaz à effet de serre de l'an 0 à 2018.

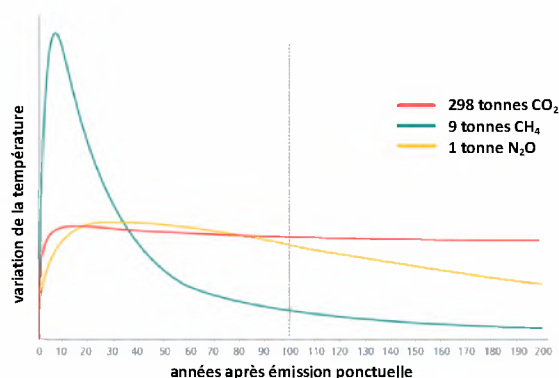


image. 5 – modélisation du changement de la température globale causé par une émission ponctuelle de différentes masses de gaz à effet de serre.

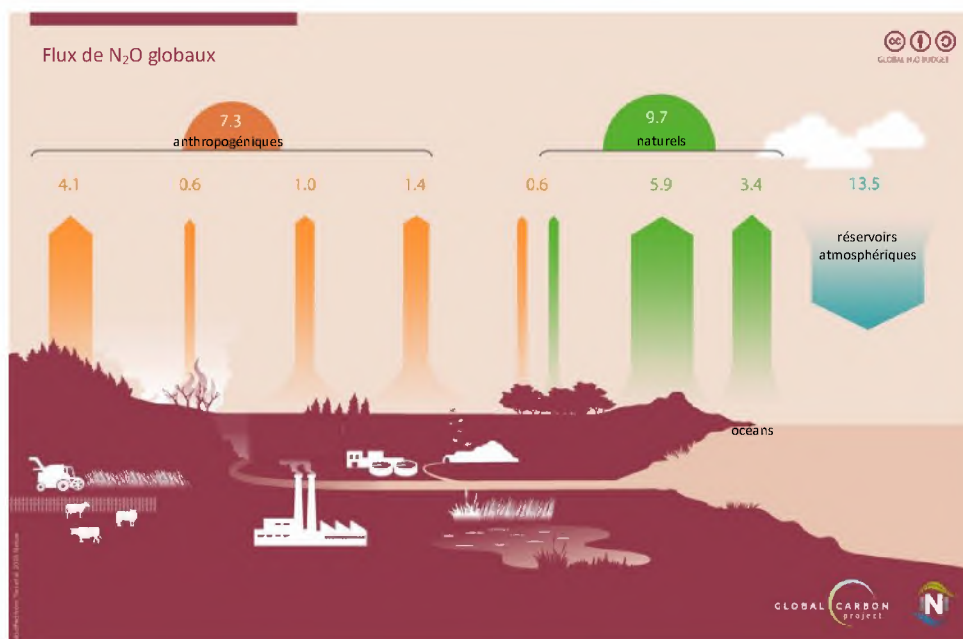


image. 6 – flux moyens de N_2O en fonction des sources de 2007 à 2016 en millions de tonnes de N par an.
Orange: sources anthropogéniques ; vert : sources naturelles; bleu : réservoirs naturels

- Expliquez en quoi consiste l'effet de serre naturel et pourquoi, sans lui, la vie sur Terre ne serait pas possible ! (3P)
- Expliquez ce qu'on entend par effet de serre anthropique ! (1P)
- Prenez position à propos du titre "The world's forgotten greenhouse gas" (Le gaz à effet de serre oublié) de l'article publié par la BBC ! Justifiez votre réponse en incluant des informations pertinentes de vos connaissances antérieures ainsi que des images 4 à 6 ! (5P)

Sujet 4 – Des plantes fixatrices d'azote grâce au génie génétique (14P)

L'air est composé à 78% de diazote (N_2). Cependant, sous cette forme, les plantes ne peuvent pas absorber l'azote. Elles dépendent des molécules azotées ammonium (NH_4^+) et nitrate (NO_3^-).

Les bactéries diazotrophes sont capables d'absorber l'azote atmosphérique, de le décomposer et de le libérer sous forme d'ammonium. Cela se produit à l'aide de l'enzyme nitrogénase.

Pour de nombreuses plantes, ces bactéries sont d'une grande importance car elles entretiennent une relation symbiotique : certaines de ces bactéries forment un biofilm* autour des racines de la plante et fournissent à celle-ci l'azote sous forme d'ions ammonium. En retour, les bactéries reçoivent de la plante des glucides comme source d'énergie servant à la fixation de l'azote et à leur croissance.

(* population de bactéries produisant et vivant dans une matrice adhésive et protectrice)

Le but d'une étude réalisée en laboratoire est de mieux connaître la nitrogénase. Étant donné que les bactéries diazotrophes synthétisent cette enzyme uniquement lorsqu'elles vivent en relation symbiotique active, la nitrogénase à étudier doit être produite en laboratoire par des bactéries *E. coli* génétiquement modifiées.

Dans un premier temps, l'ADN d'une espèce de bactéries diazotrophes a été extrait. Ensuite le gène codant pour la nitrogénase doit être amplifié par une PCR.

a) Décrivez le déroulement d'une PCR ! (5P)

Le fragment d'ADN amplifié (voir figure 7) doit ensuite être intégré dans un plasmide (voir figure 8).

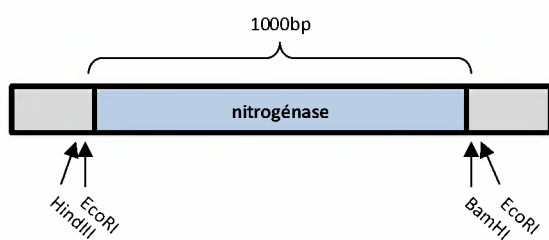


image 7 – fragment d'ADN amplifié. En bleu : séquence codant pour la nitrogénase. Gris : séquence non-codante. Flèches : localisation des sites de restriction de certaines enzymes de restriction.

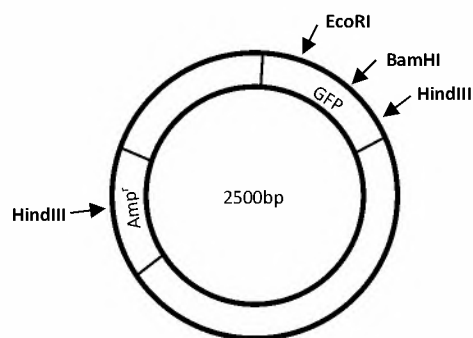


image 8 – plasmide dans lequel la séquence d'ADN amplifiée est censée être intégrée. Amp^r = gène de résistance à l'ampicilline. GFP = gène codant pour la „Green fluorescent Protein“. GFP émet une lumière verte lors d'une exposition à des rayons UV. Flèches: localisation des sites de restriction de certaines enzymes de restriction.

Dans un premier temps, les scientifiques veulent insérer le gène de la nitrogénase dans le plasmide à l'aide de l'enzyme de restriction EcoRI. Cependant, trois plasmides différents (A, B et C) ont été créés lors de cette étape. Les trois plasmides sont isolés, digérés à l'aide d'enzymes de restriction et visualisés par une électrophorèse sur gel. Les résultats de l'électrophorèse sur gel sont présentés dans la figure 9.

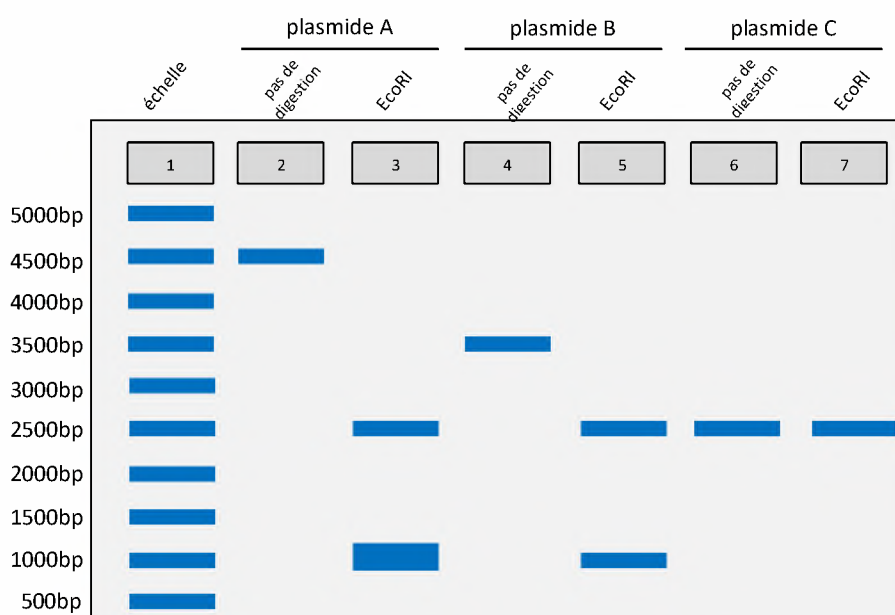


image. 9 – électrophorégramme. Puits : 1 = échelle ; 2= plasmide A non-digéré ; 3 = plasmide A digéré par EcoRI ; 4 = plasmide B non-digéré ; 5 = plasmide B digéré par EcoRI ; 6 = plasmide C non-digéré ; 7 = plasmide C digéré par EcoRI .

b) Décrivez la structure respective des plasmides A, B et C à l'aide des figures 7, 8 et 9 ! Indiquez lequel des plasmides convient ! (3P)

c) Expliquez la meilleure combinaison possible d'enzymes de restriction pour empêcher la formation de sous-produits indésirables ! (2P)

Au lieu de la procédure décrite précédemment, les scientifiques auraient également pu passer immédiatement au transfert de gènes suivi d'une sélection.

d) Décrivez une procédure de sélection appropriée et aussi simple que possible ! Indiquez comment identifier les bactéries qui ne contiennent pas de plasmide, celles avec plasmide recombiné et celle avec plasmide non recombiné. Justifiez votre réponse ! Référez-vous à la figure 8 (4P)

Sujet 5 – L'effet de substances attractives végétales sur la formation de biofilms (8P)

Parallèlement, un autre groupe de scientifiques travaille sur une méthode alternative améliorant l'apport d'azote aux plantes grâce au génie génétique. Leur objectif est le renforcement du biofilm décrit plus haut :

Pour que la symbiose se produise, les plantes sécrètent des « substances attractives » au niveau de leurs racines. En réponse, les bactéries colonisent les racines et forment le biofilm. Ces substances attractives comprennent la naringénine, l'apigénine, la lutéoline et le chrysoeriol (voir figures 10 et 11)

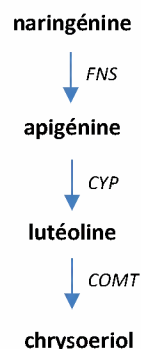


image. 10 – biosynthèse de 3 substances attractives végétales. La naringénine est transformée par l'enzyme FNS en apigénine. L'apigénine est transformée par l'enzyme CYP en lutéoline et celle-ci finalement par l'enzyme COMT en chrysoeriol.

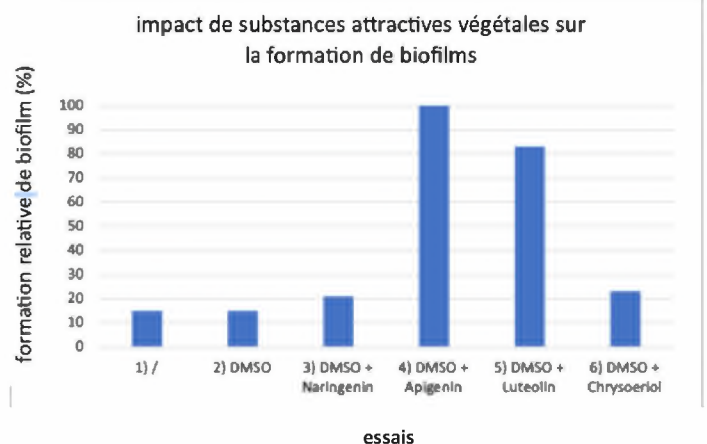


image 11 – formation de biofilm sous l'influence de différentes substances attractives. Sous „essais“, en abscisse, est indiqué avec quoi les plantes ont été traitées (p.ex. DMSO, DMSO+naringénine, ...)

a) Le DMSO est un solvant couramment utilisé dans les expériences sur des êtres vivants. Ce solvant a été utilisé pour diluer les substances attractives. Expliquez pourquoi les essais 1 et 2 ont été effectués ! (2P)

Les scientifiques souhaitent manipuler génétiquement les plantes de telle façon à ce que celles-ci ne puissent plus produire l'enzyme CYP. A cette fin, le gène codant pour le CYP doit être « désactivé » à l'aide de la technologie CRISPR-Cas9. On parle de knock-out.

b) Explique pour quelle raison les scientifiques souhaitent procéder à la manipulation génétique décrite ! (3P)

c) Un complexe de nucléoprotéines constitué de Cas9 et d'un gARN est utilisé pour le knock-out du gène CYP. Expliquez la fonction respective de Cas9 et du gARN ainsi que la structure de ce dernier ! (3P)

Sujet 6 – Acne inversa (12P)

Acne inversa est une affection cutanée chronique qui touche principalement les zones de la peau velues telles que les aisselles, l'aîne et la région pubienne. Les personnes atteintes présentent un rétrécissement allant jusqu'au blocage complet de la partie supérieure de leurs follicules pileux. Par conséquent, le sébum produit dans le follicule ne peut pas s'échapper vers l'extérieur : le follicule s'épaissit, éclate et s'enflamme douloureusement.

La cause de la maladie est actuellement controversée. En plus des troubles hormonaux et de la consommation de nicotine, certaines études suggèrent qu'une cause génétique est également envisageable. Une statistique estime que dans une population nord-américaine, environ 0,01% des personnes sont porteuses de l'allèle défectueux.

L'image 12 montre l'arbre généalogique fictif d'une famille où l'*Acne inversa* se produit.

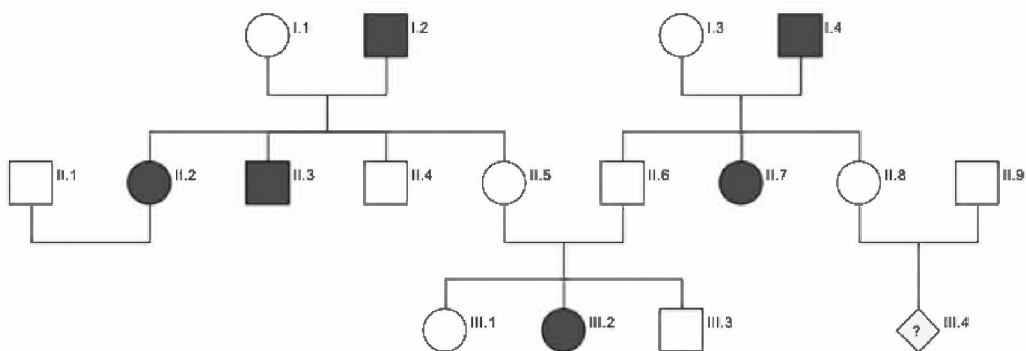


image 12 – arbre généalogique fictif d'une famille présentant des cas de *Acne inversa*

a) Sur la base de l'arbre généalogique (image 12), déterminez le mode de transmission d'*Acne inversa* ! Justifiez votre réponse en excluant, à l'aide d'exemples concrets et en citant les génotypes, tous les modes de transmission alternatifs ! (4P)

b) Le couple II.8 et II.9 attend un enfant (III.4). Calculez la probabilité que l'enfant contracte l'*Acne inversa* ! Détaillez votre réflexion ! (4P)

c) Le couple II.1 et II.2 souhaite depuis un certain temps avoir un enfant. Cependant, comme il n'y a pas eu de grossesse naturelle pendant une longue période, le couple reçoit des conseils et apprend que l'*Acne inversa* affecte également la fertilité. Le médecin conseille une fécondation in vitro (FIV). Décrivez les étapes d'une FIV ! (4P)