

INTERROS des LYCÉES

Collection dirigée par Éric MAURETTE

SVT



Nathalie BOUCHÉS-NORIS
Anne FLORIMOND

 Nathan

Remerciements

Les autrices et l'équipe de Prepamath Éditions tiennent à remercier Damien Imbert et Clément Boulonne pour l'aide précieuse qu'ils ont apportée à cet ouvrage.

Illustrations : Anna Michalak
Coordination éditoriale : François Déliac
Conception couverture : Simon Géliot

Votre avis nous intéresse : contact@prepamath.fr

© PREPAMATH Éditions 2019
© Éditions NATHAN 2019 - ISBN 978209 157463 9

Avant-propos

L'enseignement des Sciences de la vie et de la Terre en classe de seconde a pour but de donner aux élèves des bases scientifiques dans différents domaines.

D'une part, il s'agit d'acquérir les connaissances et méthodes qui seront réinvesties en classe de première dans l'enseignement scientifique commun, et approfondies par les élèves qui choisiront la spécialité SVT.

D'autre part, les SVT participent à la formation de la personne et du citoyen, et sont un support dans le parcours éducatif de santé.

Trois thèmes sont traités :

- *La Terre, la vie et l'organisation du vivant* (chapitres 1 à 6) : ce thème se décline autour de l'organisation fonctionnelle du vivant et des cellules, de la biodiversité et de l'évolution des populations et espèces ;
- *Les enjeux contemporains de la planète* (chapitres 7 à 9) : cette partie traite de la dynamique des paysages et de la gestion des agrosystèmes ;
- *Corps humain et santé* (chapitres 10 à 14) : il est question ici de procréation, de sexualité et de micro-organismes.

Chaque chapitre comporte un rappel de cours. Celui-ci n'a pas vocation à se substituer au cours du professeur mais à récapituler les notions essentielles et les définitions.

Les exercices proposés sont de nature et de difficulté variable : certains servent à vérifier la maîtrise des connaissances de manière rapide. D'autres s'appuient sur des données afin de s'entraîner au raisonnement, remobiliser des connaissances et s'entraîner à la rédaction, ce qui est indispensable pour faire comprendre ses idées.

Précisons que les indications de durée qui accompagnent les énoncés correspondent à un temps de réflexion et de rédaction « au brouillon » lors de la phase d'entraînement : ils ne sont donc pas représentatifs du temps réel qu'accorderait le professeur à ses élèves le jour de l'évaluation.

Avec l'application « Nathan Live », vous pourrez aborder certains points du cours ou certains exercices de façon plus concrète grâce à des vidéos et des ressources numériques, en utilisant les indications du mode d'emploi que vous trouverez dans les pages qui suivent.

N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques ou suggestions pour les rééditions à l'adresse suivante : contact@prepamath.fr.

Les autrices,
Anne FLORIMOND, professeure agrégée de SVT,
enseignante au lycée Richelieu de Rueil Malmaison.
Nathalie BOUCHES-NORIS, agrégée de SVT.

Table des matières

Première partie LA TERRE, LA VIE ET L'ORGANISATION DU VIVANT

Chap 1	L'organisme pluricellulaire, un ensemble de cellules spécialisées	3
	• Cours	3
	• Interros	12
	• Corrigés	18
Chap 2	Le métabolisme des cellules	25
	• Cours	25
	• Interros	30
	• Corrigés	38
Chap 3	Les échelles de la biodiversité	45
	• Cours	45
	• Interros	48
	• Corrigés	54
Chap 4	La biodiversité change au cours du temps	59
	• Cours	59
	• Interros	64
	• Corrigés	71
Chap 5	Forces évolutives et modification de la biodiversité des populations	77
	• Cours	77
	• Interros	84
	• Corrigés	94
Chap 6	Communication intra-spécifique et sélection sexuelle	101
	• Cours	101
	• Interros	106
	• Corrigés	113

Deuxième partie

LES ENJEUX CONTEMPORAINS DE LA PLANÈTE

Chap 7	Géosciences et dynamique des paysages	119
	• Cours	119
	• Interros	125
	• Corrigés	133
Chap 8	Structure et fonctionnement des agrosystèmes	139
	• Cours	139
	• Interros	143
	• Corrigés	152
Chap 9	Sols et gestion durable des agrosystèmes	159
	• Cours	159
	• Interros	164
	• Corrigés	173

Troisième partie

CORPS HUMAIN ET SANTÉ

Chap 10	Corps humain : de la fécondation à la puberté	181
	• Cours	181
	• Interros	185
	• Corrigés	193
Chap 11	Cerveau, plaisir, sexualité	199
	• Cours	199
	• Interros	202
	• Corrigés	215
Chap 12	Hormones et procréation humaine	221
	• Cours	221
	• Interros	228
	• Corrigés	239
Chap 13	Agents pathogènes et maladies vectorielles	245
	• Cours	245
	• Interros	251
	• Corrigés	258

Chap 14	Microbiote humain et santé	263
	• Cours	263
	• Interros	269
	• Corrigés	279
Annexe	• Liste des références Nathan Live	285

Nathan Live

Accédez aux compléments numériques de cet ouvrage (vidéos, audios, liens Internet) sur votre smartphone ou votre tablette avec



- 1 | **Téléchargez** l'application gratuite Nathan Live disponible dans tous les stores sur votre smartphone ou votre tablette (Appstore, GooglePlay, Windows Store).



- 2 | **Scannez** les pages de votre livre où le logo Nathan Live apparaît

- 3 | **Consultez** les ressources !



Logo Nathan Live indiquant que la page contient des ressources



Vous consultez directement la ressource sur votre smartphone ou votre tablette

Méthodes de travail

Tous les conseils qui suivent sont ceux utilisés par un grand nombre de majors (sortis premiers) de Polytechnique ou de l'ÉNA, par des professionnels de l'organisation et sont également recommandés par de nombreux professeurs. Pour en savoir plus sur le sujet, nous vous conseillons le livre « Comment travailler plus efficacement », par F. Déliac, U. Hadrien, E. Matrullo et E. Maurette, aux Éditions Prepamath.

Faire des « feed-back »

Le « feed-back » est le conseil le plus important et le plus utilisé par ceux qui réussissent brillamment leurs études. Il consiste à contrôler systématiquement, sans s'aider de notes, ce que l'on vient d'apprendre (exercices et cours). Ce contrôle peut se faire mentalement, oralement ou par écrit.

- Dans les transports, essayez de vous rappeler mentalement, et sans vous aider de vos notes, le cours et les exercices vus le matin en classe (feed-back mental).
- Après avoir relu votre cours le soir, essayez de retrouver par écrit les principaux paragraphes et démonstrations sans regarder votre leçon (feed-back écrit).
- Après avoir résolu un problème, prenez 5 minutes pour contrôler par écrit que vous vous rappelez clairement l'énoncé ainsi que la démarche de résolution (feed-back écrit).
- Expliquez à des amis la leçon que vous venez d'apprendre ou l'exercice que vous venez de résoudre : c'est un excellent feed-back oral. Choisissez le type de « feed-back » qui vous convient le mieux et faites-en le plus régulièrement possible (après chaque cours et chaque série d'exercices). Pour être efficace, un « feed-back » doit se faire sans l'aide de vos notes. Ainsi, faire des fiches de résumés de cours à partir de vos cahiers ouverts ne constitue nullement un « feed-back ».

Miser sur la qualité

De nombreux témoignages démontrent que pour obtenir de bons résultats, il est préférable de faire un nombre limité d'exercices, mais plus approfondis, que d'en survoler une grande quantité de piètre qualité. Une tendance très répandue consiste à abattre une grande quantité d'exercices, à la chaîne, mais superficiellement, en espérant que le jour du contrôle, l'on aura déjà vu ce type de problème et que l'on saura s'en souvenir. Cette méthode est absolument inefficace car la seule manière de se souvenir d'un exercice, c'est de l'avoir parfaitement compris et assimilé.

Ainsi :

- À la fin d'un problème, prenez 5 à 10 minutes pour essayer de trouver un moyen de le généraliser ou de le compliquer (c'est ce que font souvent les professeurs pour concevoir leurs contrôles écrits) ; trouvez ce que cela pourrait changer dans la solution.
- Prenez également l'habitude, après chaque exercice, de faire un « feed-back » en faisant ressortir la démarche générale et en tissant des liens avec le cours. Bref, il ne faut pas vous contenter de résoudre l'exercice, mais il vous faut lui apporter de la valeur ajoutée et vous interroger sur son contenu.
- Idem pour le cours. Ne vous contentez pas de le parcourir de manière passive. Il vous faut avoir la rigueur d'effacer toutes les zones d'ombre. Pour chaque notion, il faut vous demander quels types d'exercices son utilisation permettra de résoudre.

Travailler par « couches successives »

Cette méthode, très utile pour les étudiants préparant des examens ou des révisions, peut également être utilisée dès le lycée.

On observe que pour apprendre un gros volume de cours, rien n'est plus inefficace que de l'attaquer de front, de manière linéaire. La bonne manière consiste à d'abord survoler l'ensemble, en ne retenant que la structure, c'est-à-dire les grands titres, ainsi que les noms des paragraphes (première couche, étape devant durer 5 minutes). Dans l'étape suivante (deuxième couche, d'une durée de 10 minutes), on reprend son cours du début en retenant cette fois également les explications et notions importantes. Après cette deuxième couche, on a déjà une idée claire de la structure de l'ensemble du cours. On peut alors aborder la dernière étape (troisième couche) : on reprend son cours au début pour, cette fois-ci, l'étudier en profondeur en apprenant le détail des démonstrations.

Il est à noter que cette méthode peut être également appliquée avec succès à des matières littéraires, ainsi qu'aux révisions du bac de français. Par exemple :

- Pour la préparation d'un contrôle, on commencera par passer en revue rapidement l'ensemble du cours et des exercices du chapitre précédemment étudiés, avant de les réviser en détail. Ainsi aura-t-on développé une compréhension synthétique et claire.
- De même, avant d'aborder un problème volumineux (tel qu'un contrôle écrit), il est préférable de survoler l'ensemble du problème avant de l'attaquer.

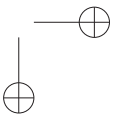
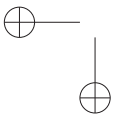
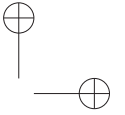
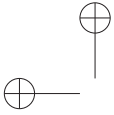
Travailler sa rapidité

Pour acquérir de la rapidité, 3 voies sont possibles :

- Prenez l'habitude, en travaillant chez vous, de vous concentrer sur une seule chose à la fois, c'est-à-dire ne pas attaquer un problème ou une dissertation, en rêvassant à ce que vous pourriez trouver à manger dans le réfrigérateur ou en écoutant de la musique.
- Prenez l'habitude de travailler chez vous dans les mêmes conditions qu'en devoirs surveillés. Le minutage de chacun des exercices de ce livre est fait en ce sens. Cependant, cela ne devrait pas, une fois la résolution faite, vous empêcher d'y réfléchir plus calmement afin de vérifier la bonne assimilation du problème. Si les seuls moments où vous vous pressez sont les contrôles écrits, vous ne deviendrez jamais rapide.
- Essayez de contenir tout votre travail à la maison dans une plage horaire serrée. Engagez-vous, par exemple, à travailler chez vous tous les jours entre 18 h et 20 h et efforcez-vous de ne jamais déborder (quelle que soit votre charge de travail). En effet, si l'on ne se donne pas de limite de temps pour accomplir un travail, l'on a naturellement tendance à le laisser traîner en longueur et à rêvasser. L'étroitesse de la plage horaire vous obligera à ne pas vous endormir et à devenir efficace.

Première partie

LA TERRE, LA VIE ET L'ORGANISATION DU VIVANT



Chapitre

1

L'organisme pluricellulaire, un ensemble de cellules spécialisées

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Différents niveaux d'organisation du vivant
3. Un organisme formé de cellules spécialisées
4. Une information génétique portée par l'ADN

1 Introduction

Chaque être vivant est constitué d'une ou de plusieurs cellules. Selon le nombre de cellules, on distingue les êtres unicellulaires et les êtres pluricellulaires. Ils sont tous capables d'échanger matière et énergie avec leur environnement et de se multiplier. Chez les êtres pluricellulaires comme l'être humain, on observe l'existence d'organes différents comme les yeux, l'estomac etc.

? PROBLÉMATIQUE

Quelles sont les différences de structure et de fonctionnement entre les différentes cellules d'un être pluricellulaire ?

Quelle est l'origine de ces différences, sachant que toutes les cellules proviennent de la cellule-œuf ?

2 Différents niveaux d'organisation du vivant

Chez les organismes unicellulaires, toutes les fonctions sont assurées par une seule cellule. Chez les organismes pluricellulaires, il existe des organes et ces organes sont formés de cellules spécialisées. Les cellules spécialisées forment des tissus.

Voir illustration page suivante.

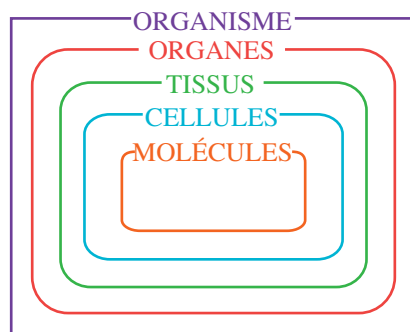


Figure 1.1 – Niveaux d'organisation d'un être vivant pluricellulaire

Organes :
(ordre de grandeur : cm)

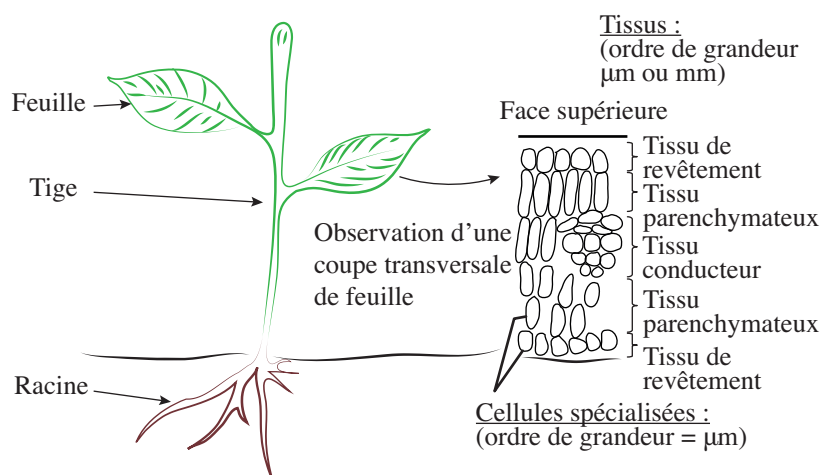


Figure 1.2 – Ordre de grandeur des niveaux d'organisation d'un être pluricellulaire : exemple d'une plante

3 Un organisme formé de cellules spécialisées

3.1 Les méthodes d'étude des cellules

L'observation de cellules peut être réalisée grâce à un microscope optique (ou photonique), qui utilise la lumière naturelle, et grossit au maximum jusqu'à environ 1 000 fois l'objet observé. Cela permet d'apprécier la forme des cellules, leur taille, voire les éléments qu'elles contiennent. Le microscope électronique fonctionne sous vide par envoi d'un faisceau d'électrons sur l'objet à observer. Il offre

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

un grossissement beaucoup plus élevé (plusieurs dizaines de milliers de fois) et donne une grande quantité de détails. Il permet de détailler les éléments contenus dans le cytoplasme.

La spécialisation des cellules se retrouve dans les caractéristiques structurales des cellules.

3.2 Une organisation différente selon les cellules spécialisées

3.2.1 - Des cellules eucaryotes

Les cellules des organismes pluricellulaires sont dites *eucaryotes* : le matériel génétique se trouve dans le noyau des cellules, séparé du cytoplasme par l'enveloppe nucléaire. La cellule contient des organites, c'est-à-dire des structures intracellulaires de forme bien définie, délimitées par une membrane intracellulaire, et remplissant une fonction bien définie. Le noyau est un exemple d'organite. On rencontre également des organites cytoplasmiques : par exemple, les mitochondries sont les organites dans lesquels se déroule la respiration cellulaire. Dans le monde vivant, les Eucaryotes (du Grec *eu*, vrai, et *karyon*, noyau) sont représentés par les animaux, les végétaux et les champignons.

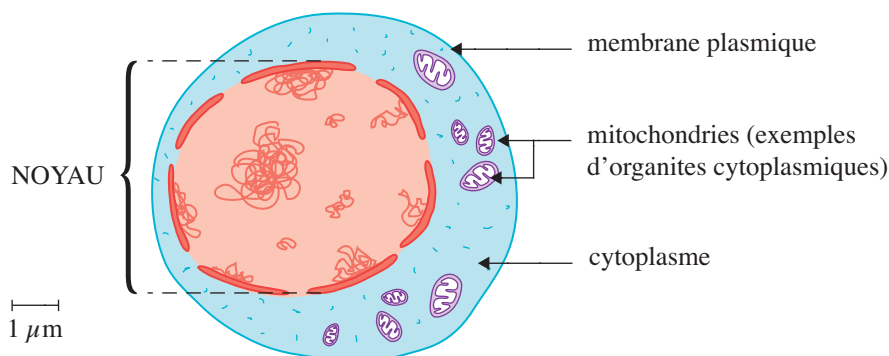


Figure 1.3 – Un lymphocyte (cellule du sang) observé au microscope électronique → rôle de défense de l'organisme

3.2.2 - D'autres particularités observables

La paroi est un contour épais et rigide encadrant les cellules des végétaux et des champignons. Elle est située en position périphérique par rapport à la membrane plasmique. Les chloroplastes sont des organites verts contenus dans le cytoplasme des cellules végétales chlorophylliennes. Chaque chloroplaste renferme de nombreuses molécules de chlorophylle. Les chloroplastes sont le siège de la photosynthèse.

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

La figure 1.4 représente l'organisation type d'une cellule végétale.

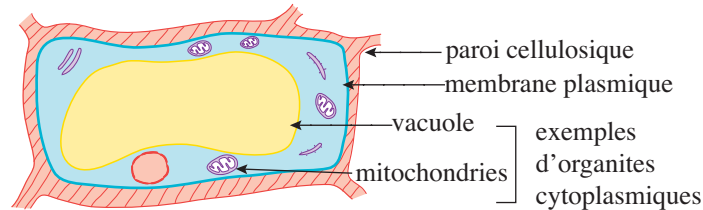


Figure 1.4 – Une cellule d'épiderme d'oignon observée au microscope électronique → rôle de revêtement de l'organisme

3.3 Des cellules organisées en tissus grâce à une matrice extracellulaire

3.3.1 - Qu'est-ce qu'une matrice extracellulaire ?

Les cellules d'un même tissu sont en relation physique les unes avec les autres. On appelle matrice extracellulaire l'assemblage de molécules servant de « ciment » entre les cellules. Ces molécules sont produites par les cellules et excrétées à l'extérieur de celles-ci. Elles sont de nature variée mais on retrouve deux grandes catégories : les protéines et les glucides.

3.3.2 - La matrice extracellulaire végétale : la paroi végétale

La paroi des cellules végétales est essentiellement constituée de glucides, le principal étant la cellulose. Il s'agit d'un polymère de glucose, c'est-à-dire un assemblage en chaînes de molécules de glucose liées les unes aux autres par des liaisons covalentes.

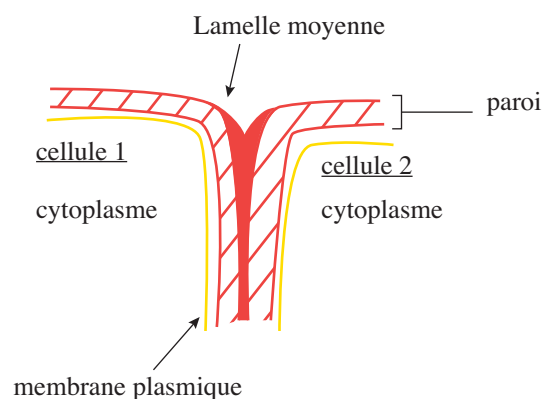


Figure 1.5 – Organisation d'une paroi végétale

La paroi a un rôle mécanique qui évite aux cellules de trop se déformer et d'éclater.

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

Elle permet également aux végétaux d'avoir un port dressé. Imprégnée de lignine, elle devient très rigide et le tissu devient du bois.

3.3.3 - La matrice extracellulaire animale : exemple de celle des fibroblastes

Les fibroblastes sont des cellules du derme qui est une couche de l'épiderme. Ils produisent une matrice abondante. Celle-ci est essentiellement formée de protéines : collagène et élastine. Ces deux protéines sont très résistantes à l'étirement et donnent à la peau sa souplesse et son élasticité.

Remarque : dans certains cas, la matrice extracellulaire est liquide et les cellules ne sont pas jointives. C'est le cas des cellules du sang.



Retrouvez l'organisation microscopique des organes humains avec 

➔ À RETENIR

Les organismes pluricellulaires sont formés de cellules eucaryotes. Ces cellules adhèrent les unes aux autres dans des tissus grâce à la matrice extracellulaire. Elles sont spécialisées, c'est-à-dire qu'elles ont une fonction précise dans l'organisme.

Voir exercices 1, 2, 5 à 8.

4 Une information génétique portée par l'ADN

Les cellules d'un même organisme ont une structure et un rôle différent, ce qui en fait des cellules spécialisées. Elles sont cependant toutes issues d'une même cellule, appelée cellule-œuf. Cette cellule s'est multipliée par divisions successives ou mitoses. La mitose produit des cellules identiques à la cellule de départ.

? PROBLÉMATIQUE

Par quels processus les cellules, au départ identiques, se spécialisent-elles ?

4.1 Nature de l'information génétique

Le matériel génétique est représenté par une ou plusieurs molécules d'ADN dans toutes les cellules.

Les expériences de transgénèse prouvent que la molécule d'ADN est le support de l'information génétique et que ce support est universel. On peut définir un gène comme un fragment d'ADN support d'une information spécifique gouvernant une caractéristique de l'organisme.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4.2 Structure de la molécule d'ADN en relation avec sa fonction

4.2.1 - Une double hélice

L'observation de la structure spatiale de molécules d'ADN de différentes espèces montre que chez tous les êtres vivants, chaque molécule d'ADN est constituée de deux brins (deux chaînes) enroulés en hélice. On parle donc de double hélice pour désigner la molécule d'ADN.

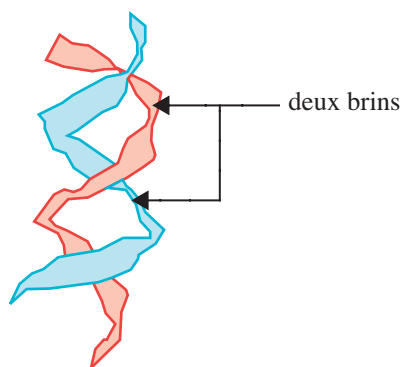


Figure 1.6 – Modèle d'un fragment d'ADN

4.2.2 - Des constituants élémentaires : les nucléotides

Chez toutes les espèces, les nucléotides sont les constituants d'ADN. Il en existe quatre sortes : A (nucléotide à adénine), G (nucléotide à guanine), T (nucléotide à thymine) et C (nucléotide à cytosine). Quelle que soit l'espèce étudiée et quelle que soit la cellule étudiée, son ADN comporte toujours autant de nucléotides à adénine que de nucléotides à thymine et autant de nucléotides à cytosine que de nucléotides à guanine. Ces proportions vont s'expliquer par la manière dont les nucléotides s'agencent au sein de la molécule d'ADN.

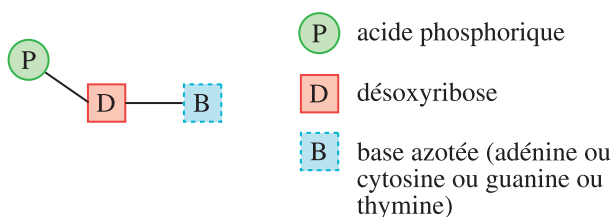


Figure 1.7 – Structure d'un nucléotide

4.2.3 - Un agencement en deux chaînes de nucléotides complémentaires

Dans une molécule d'ADN, chaque brin est fait d'un enchaînement de nucléotides reliés les uns à la suite des autres par des liaisons covalentes. Les nucléotides des

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

deux brins en vis-à-vis sont reliés par des liaisons faibles (liaisons hydrogène) selon des associations « obligatoires » : A est en face de T tandis que C est en face de G. En raison de cet appariement des nucléotides, on dit que les deux brins de l'ADN sont complémentaires.

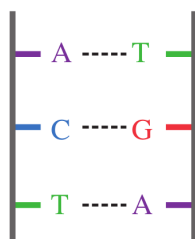


Figure 1.8 – Représentation simplifiée d'une petite portion de molécule d'ADN



Retrouvez l'histoire de la découverte de la structure de l'ADN avec 

4.2.4 - L'information génétique : une séquence d'ADN

Un brin d'ADN étant un enchaînement de nucléotides, l'ordre dans lequel se succèdent les nucléotides, c'est-à-dire la séquence des nucléotides, est porteur d'informations. Une même molécule d'ADN comporte un grand nombre de gènes. Dans chaque gène, l'information réside dans la séquence nucléotidique.

Gène groupe sanguin	ATGCTCCTGGCTGTTTTGTACTGCCTGCTGTGGAGTTTCCAGACCTCCGC
Gène pigmentation peau	--GC-GA--TGT-GCG-ACGCTGGCCGAAAACCAAAATGCCA-G-ACT

Figure 1.9 – Comparaison des séquences nucléotidiques de deux gènes humains différents : le gène du groupe sanguin ABO et le gène de la pigmentation de la peau (la comparaison concerne les 50 premiers nucléotides de d'un des brins d'ADN ; les tirets représentent les nucléotides identiques entre les deux gènes)

Lors des divisions cellulaires successives qui aboutissent à former un organisme pluricellulaire, l'ADN est reproduit à l'identique. Par conséquent, à de rares exceptions près, toutes les cellules d'un organisme donné ont la même séquence de leurs molécules d'ADN.

PROBLÉMATIQUE

Comment expliquer que les cellules spécialisées d'un même organisme aient une structure et un fonctionnement différents en ayant la même séquence d'ADN ?

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4.3 Une expression différente de l'ADN selon les cellules

4.3.1 - De la cellule-œuf aux cellules spécialisées

La cellule-œuf, non spécialisée, est dite « totipotente » : elle peut produire tous les types cellulaires de l'organisme. Dans les tissus vivants, il existe aussi des cellules non spécialisées, les cellules souches. Elles permettent de former les cellules spécialisées du tissu. Les cellules spécialisées ne se multiplient pas.

4.3.2 - Des protéines différentes

La comparaison de l'ADN et de l'expression de l'ADN des cellules spécialisées et non spécialisées d'un organisme montre que tous les gènes ne s'expriment pas dans les cellules et que les gènes exprimés ne sont pas les mêmes suivant les types cellulaires. L'expression d'un gène consiste en la production d'une protéine selon les informations contenues dans le gène. Deux gènes différents conduisent donc à la production de deux protéines différentes.

Le contenu en protéines d'une cellule, appelé le protéome de la cellule, peut être étudié par différentes techniques de biologie moléculaire. L'une d'elles est l'électrophorèse. Les bandes à des niveaux différents obtenues par cette technique montrent que le contenu en protéines de deux cellules spécialisées est différent.

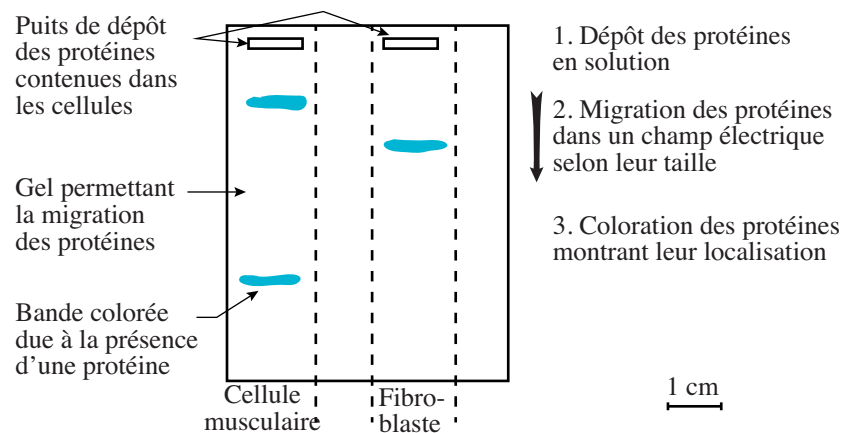


Figure 1.10 – Protéines produites par deux cellules spécialisées différentes (observation du résultat d'une électrophorèse)

Voir fin du cours page suivante.

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

Voir exercices 3, 4, 9 à 12.

➔ À RETENIR

Les cellules spécialisées des organismes pluricellulaires ont toutes la même information génétique, portée par les molécules d'ADN. L'information de l'ADN est sa séquence. Les cellules spécialisées n'expriment pas les mêmes gènes.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 18

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition puis rectifiez les propositions incorrectes.

1 Un tissu biologique :

- ☐ **a** est constitué d'organes ;
- ☐ **b** n'est pas spécialisé ;
- ☐ **c** a un ordre de grandeur de l'ordre du micromètre ou du millimètre.

2 Les organites :

- ☐ **a** sont situés dans le cytoplasme des cellules eucaryotes ;
- ☐ **b** sont des éléments délimités par une ou deux membranes intracellulaires ;
- ☐ **c** ne remplissent pas de fonction précise dans la cellule.

3 L'étude des cellules :

- ☐ **a** peut s'effectuer grâce au microscope ionique ;
- ☐ **b** s'effectue à l'œil nu ;
- ☐ **c** permet d'en déterminer les organites.

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 18

Choisissez pour chaque série de propositions la seule réponse exacte

1 La matrice extracellulaire :

- ☐ **a** est un ensemble de cellules non spécialisées ;
- ☐ **b** est un assemblage de molécules entourant les cellules d'un tissu ;
- ☐ **c** est constituée de lipides.

2 La paroi végétale :

- ☐ **a** entoure chaque cellule végétale ;
- ☐ **b** forme un cadre souple autour des cellules ;
- ☐ **c** est produite seulement par les cellules de l'épiderme végétal.

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

3 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 18

Répondez par vrai ou faux à chaque proposition :

- 1 L'ADN est le support universel de l'information génétique.
- 2 L'ADN est une molécule à deux brins enroulés l'un autour de l'autre.
- 3 Les gènes sont des fragments d'ADN commandant la production de protéines.
- 4 Tous les gènes d'une cellule sont exprimés par cette cellule.
- 5 Les cellules spécialisées expriment une partie seulement de leur ADN.

4 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 19

Répondez brièvement aux questions suivantes :

- 1 Indiquez ce qui, dans la structure de la molécule d'ADN, lui permet de contenir des informations.
- 2 Indiquez les points communs et les différences entre les cellules spécialisées d'un organisme pluricellulaire.

5 Cellule, ordres de grandeur



15 min

Corrigé
p. 19

Nouveau programme

La photographie ci-après représente les cellules d'un tissu « anonyme ».



Figure 1.11 – Image numérisée d'un tissu anonyme observé au microscope optique au grossissement 600

- 1 Réalisez un schéma légendé de la cellule entourée.
- 2 Calculez la taille de cette cellule ainsi que la taille de son noyau.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

6 Ordres de grandeur

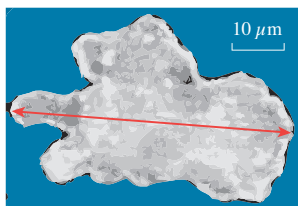


10 min

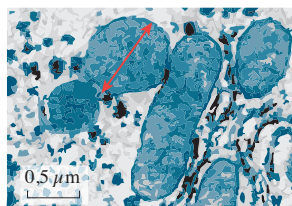
Corrigé
p. 19

Lycée Jeanne d'Albret, Saint Germain en Laye

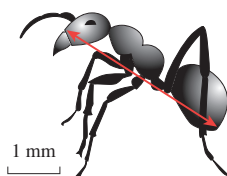
Pour chaque photographie du document ci-dessous, déterminer la taille réelle de l'objet fléché et indiquer à quelle échelle du vivant il appartient.



1. Amibe (MO)

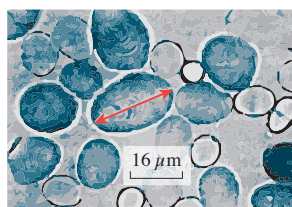


2. Mitochondries (MET)



3. Fourmi

MO : microscope optique



4. Grains d'amidon (MO)

MET : microscope électronique

7 Différentes cellules spécialisées

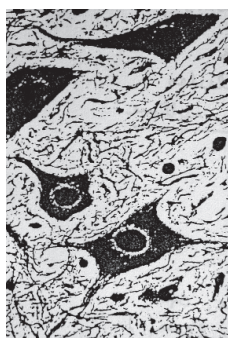


10 min

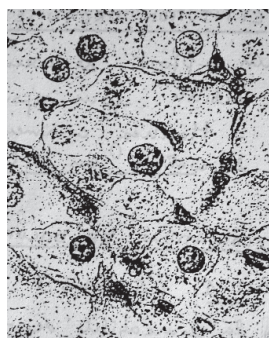
Corrigé
p. 20

Lycée Clémenceau, Nantes

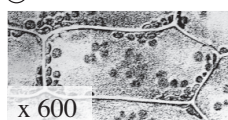
Les photographies suivantes représentent différentes cellules observées au microscope :



①



②



③



④

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

- 1 Caractériser avec le plus de précision possible les différentes cellules présentées.
- 2 Pour les quatre photographies proposées, établissez des comparaisons.

8 Matrice extracellulaire animale



10 min

Corrigé
p. 21

Nouveau programme

Le syndrome d'Ehlers Danlos est une maladie héréditaire caractérisée par une hypersensibilité cutanée, une lenteur de cicatrisation et des articulations très souples. On pense que les contorsionnistes souffrent de cette maladie. L'origine est une anomalie de structure du collagène de type V.

Expliquez ce syndrome à l'aide de vos connaissances.

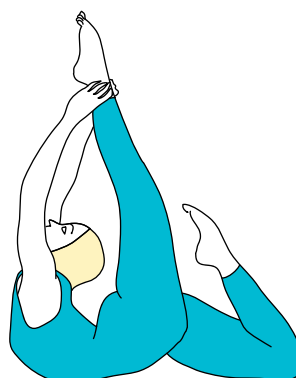


Figure 1.12 – Une contorsionniste

9 Modèle de l'ADN



10 min

Corrigé
p. 21

Lycée Colbert, Paris

Sur une demi-page, représentez par un schéma une portion de la molécule d'ADN dans le sens de la hauteur (sans représenter son enroulement en hélice). Les chaînes auront une longueur de 12 nucléotides. La molécule que vous dessinerez devra contenir deux fois plus d'adénine que de cytosine. Vous utiliserez obligatoirement la légende ci-dessous.

A	nucléotide à adénine	G	nucléotide à guanine
C	nucléotide à cytosine	T	nucléotide à thymine
-----	liaisons hydrogène		

Figure 1.13 – Consignes pour la représentation de l'ADN

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

10 Composition de l'ADN



10 min

Corrigé
p. 22

Lycée Saint Martin, Rennes

Les pourcentages de nucléotides présents dans l'ADN ont été déterminés pour des cellules appartenant à des organes différents d'un même organisme et pour deux espèces différentes (la précision des mesures est de 1%).

Espèces	Cellules	T	C	A	G
HOMME	Thymus	30,9	19,9	29,4	19,8
	Foie	30,3	19,5	30,3	19,9
	Sperme	30,7	19,3	31,2	19,8
TAUREAU	Thymus	28,2	21,5	27,8	22,5
	Rate	27,9	22,5	27,3	22,1
	Sperme	28,7	22,2	27,2	22,0
LEVURE		31,3	18,7	32,9	17,1

Tableau 1.1 – Composition en nucléotides de l'ADN de différentes cellules et espèces

- 1 Commenter les résultats obtenus pour les cellules d'un même organisme et proposer une explication.
- 2 Commenter l'ensemble des résultats et les interpréter à l'aide des connaissances sur la structure de l'ADN.
- 3 Construire un modèle possible d'un fragment d'ADN d'une cellule de foie d'être humain comportant 10 paires de nucléotides. Justifier cette construction.

11 Construction d'une molécule d'ADN



10 min

Corrigé
p. 23

Lycée Charlemagne, Paris

On a déterminé les nombres de nucléotides présents dans l'ADN de différentes espèces et établi les rapports présentés dans le document ci-après :

Espèces	$(A + T)/(C + G)$	$(A + G)/(C + T)$
Bactérie	0,92	1,03
Levure	1,80	1,00
Ail	1,73	1,01
Blé	1,22	0,98
Oursin	1,90	1,00
Drosophile	1,48	1,01
Souris	1,42	1,06
Homme	1,52	0,95

Tableau 1.2 – Valeurs des deux rapports entre les nucléotides chez plusieurs espèces

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

- 1 Expliquez pourquoi le rapport $(A+G)/(T+C)$ est toujours très voisin de 1, quelle que soit l'espèce considérée.
- 2 Expliquez pourquoi les rapports $(A+T)/(G+C)$ diffèrent selon les espèces chez lesquelles l'ADN a été analysé.
- 3 Construisez un modèle possible d'un fragment d'ADN qui comporterait 24 nucléotides et dont le rapport $(A+T)/(C+G)$ serait de 1,4.

12 ADN de différents êtres vivants



15 min

Corrigé
p. 24

Lycée Condorcet, Paris

On a déterminé les proportions en nucléotides chez différentes espèces. Les résultats de ces mesures, exprimées en pourcentages, sont consignés dans le tableau suivant.

Origine de l'ADN	Nucléotide à adénine	Nucléotide à guanine	Nucléotide à thymine	Nucléotide à cytosine
Colibacille (bactérie)	25	25	25	25
Veau (cellules de thymus)	29	21	28	22
Veau (cellules de la peau)	29	21	28	22
Bactériophage (virus parasite de bactérie)	25	24	33	18

Tableau 1.3 – Proportion des différents nucléotides dans les cellules d'espèce différentes (en %, à 1% près)

- 1 Comment peut-on expliquer les résultats obtenus dans les cellules de thymus de veau ?
- 2 Comment peut-on expliquer les résultats dans les différentes cellules de veau ?
- 3 Comment peut-on expliquer les résultats différents entre les cellules de veau et de colibacille ?
- 4 Quelle hypothèse pouvez-vous formuler afin d'expliquer les résultats obtenus pour le bactériophage ?

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 12

- 1 Affirmation vraie : **c** ;

L'affirmation **a** est fausse car c'est l'organe qui est formé de tissus et non le contraire.

L'affirmation **b** est fausse car un tissu est spécialisé : il a une fonction comme par exemple la conduction de sève dans les végétaux ou le soutien.

- 2 Affirmations vraies : **a** et **b** ;

L'affirmation **c** est fausse car les organites ont un rôle précis dans les cellules. Le noyau contient l'information génétique par exemple.

- 3 Affirmation vraie : **c** ;

L'affirmation **a** est fausse car le microscope ionique n'existe pas. Il peut s'agir d'un microscope optique (utilisant la lumière) ou d'un microscope électronique (utilisant un faisceau d'électrons).

L'affirmation **b** est fausse car les cellules ont un ordre de grandeur de l'ordre du micromètre et ne peuvent pas se voir à l'œil nu (sauf quelques exceptions).

2 QCM Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 12

- 1 Réponse exacte : **b** ;

La matrice extracellulaire est formée de molécules et non de cellules. Ses principales molécules constitutives sont des protéines et des glucides.

- 2 Réponse exacte : **a** ;

La paroi forme un cadre rigide et permet que les végétaux aient un port dressé. Elle est produite par toutes les cellules végétales.

3 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 13

- 1 Affirmation vraie.

- 2 Affirmation vraie.

- 3 Affirmation vraie.

- 4 Affirmation fausse. Seuls certains gènes sont exprimés par une cellule et ces gènes ne sont pas les mêmes entre deux cellules de deux tissus différents.

- 5 Affirmation vraie.

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

4 Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 13

- 1 Dans une molécule d'ADN, chaque brin est formé d'un enchaînement de nucléotides (A, T, C, G) dans un ordre bien précis. Chaque fragment d'ADN (gène) est donc caractérisé par sa séquence nucléotidique porteuse d'une information.
- 2 Les cellules spécialisées proviennent à l'origine de la même cellule et elles ont donc le même matériel génétique (même séquence d'ADN). Elles ont les mêmes constituants de base : membrane plasmique, cytoplasme, organites. Elles n'ont cependant pas la même taille, pas les mêmes organites (chloroplastes dans les cellules végétales chlorophylliennes seulement par exemple). Elles remplissent des fonctions différentes. Du point de vue génétique, elles n'expriment pas les mêmes parties de leur ADN (pas es mêmes gènes).

5 Cellule, ordres de grandeur

→ Enoncé
p. 13

Nouveau programme

1

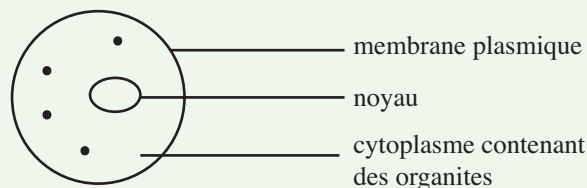


Figure 1.14 – Schéma légendé de la cellule

- 2 Le trait d'échelle indique que 12 mm sur la photographie représentent 15 μm dans la réalité. La cellule choisie mesure 20 mm de large. La taille réelle de la cellule vaut donc : $\frac{20}{12} \times 15$, soit 25 μm .
Le noyau de la cellule choisie mesure 7 mm de large. La taille réelle de ce noyau vaut donc : $\frac{7}{12} \times 15$, soit 9 μm .

6 Ordres de grandeur

→ Enoncé
p. 14

Lycée Jeanne d'Albret, Saint Germain en Laye

L'échelle de la photographie de l'Amibe indique que 1 cm sur la photographie représente 10 μm dans la réalité. La longueur de l'Amibe mesurée sur la photographie vaut environ 5 cm, ce qui veut dire que cette Amibe mesure environ 50 μm en réalité. Au niveau de l'échelle du vivant, l'Amibe représente une cellule.

L'échelle de la photographie représentant des mitochondries indique que 9 mm sur la photographie représentent 0,5 μm en réalité. Le diamètre de la mito-

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

chondrie mesuré sur la photographie vaut 15 mm, ce qui veut dire que cette mitochondrie mesure $\frac{15}{9} \times 0,5$ soit $0,8 \mu\text{m}$ en réalité. Au niveau de l'échelle du vivant, les mitochondries représentent des organites cytoplasmiques.

L'échelle de la photographie représentant une fourmi indique que 1 cm sur la photographie représente 1 mm en réalité. La longueur de la fourmi mesurée sur la photographie vaut 33 mm, ce qui veut dire que cette fourmi mesure en réalité 3,3 mm. Au niveau de l'échelle du vivant, une fourmi représente un organisme.

L'échelle de la photographie représentant les grains d'amidon indique que 1 cm sur la photographie représente $16 \mu\text{m}$ en réalité. La longueur du grain d'amidon mesuré sur la photographie vaut 1,6 cm, ce qui veut dire que ce grain d'amidon mesure $\frac{1,6}{1} \times 16$ soit $25 \mu\text{m}$ en réalité. Au niveau de l'échelle du vivant, on peut hésiter car cette valeur peut être celle d'une cellule. Cependant un grain d'amidon représente un organite cytoplasmique.

7 Différentes cellules spécialisées

Enoncé
p. 14

Lycée Clémenceau, Nantes

- 1** **Cellule 1** : il s'agit d'une cellule eucaryote, puisqu'elle présente un noyau. Sa forme n'est pas régulière et elle comporte un certain nombre de prolongements cytoplasmiques. (Facultatif : c'est un neurone).

Cellule 2 : il s'agit d'une cellule eucaryote pour la même raison que la cellule 1. Les cellules sont accolées les unes aux autres, ce qui leur donne des formes géométriques. La matrice extracellulaire est non visible, mais elle est présente entre les cellules.

Cellule 3 : la cellule présente une paroi visible sous la forme d'un trait épais autour de chaque cellule. On observe une ou plusieurs vacuoles, visibles par l'impression d'espace vide dans la cellule. On observe également un trait épais délimitant les cellules : il s'agit de la paroi. C'est donc une cellule végétale. Les organites présents sur les bords sont des chloroplastes.

Cellule 4 : le grossissement très important (15 000) qui est nécessaire pour observer la cellule montre qu'il s'agit d'une très petite cellule. Il s'agit d'un être vivant unicellulaire. On ne distingue pas l'intérieur de la cellule. (Facultatif : c'est une bactérie, cellule non eucaryote).

- 2** La première différence concerne le caractère unicellulaire ou pluricellulaire de l'organisme, puis la forme de la cellule, et enfin pour les cellules eucaryotes, la nature des organites présents (vacuole et chloroplastes ou non).

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

8 Matrice extracellulaire animale

➔ Enoncé
p. 15

Nouveau programme

On sait que le collagène est une molécule constituant la matrice extracellulaire des cellules animales. Il est produit par exemple par les fibroblastes, cellules du derme. Avec l'élastine, il donne à la peau sa souplesse et son élasticité.

D'après l'énoncé, le syndrome d'Ehlers Danlos est dû à une anomalie de structure du collagène de type V. On comprend que cette anomalie crée une anomalie de structure de la matrice extracellulaire de la peau et des articulations. Cela cause la souplesse exagérée des contorsionnistes et les autres symptômes.

9 Modèle de l'ADN

➔ Enoncé
p. 15

Lycée Colbert, Paris

Il s'agit de représenter deux chaînes de 12 nucléotides chacune. On sait que les deux chaînes de l'ADN sont complémentaires : il y a donc toujours autant de A que de T et de G que de C. Il est indiqué que la molécule doit contenir deux fois plus d'adénine que de cytosine. En notant A, T, C et G les nombres respectifs de nucléotides A, T, C et G, on a comme « équations » :

$$\begin{cases} A + T + C + G = 24 \\ A = 2C \\ A = T \\ C = G \end{cases}$$

On en déduit que $A = T = 8$ et $C = G = 4$.

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

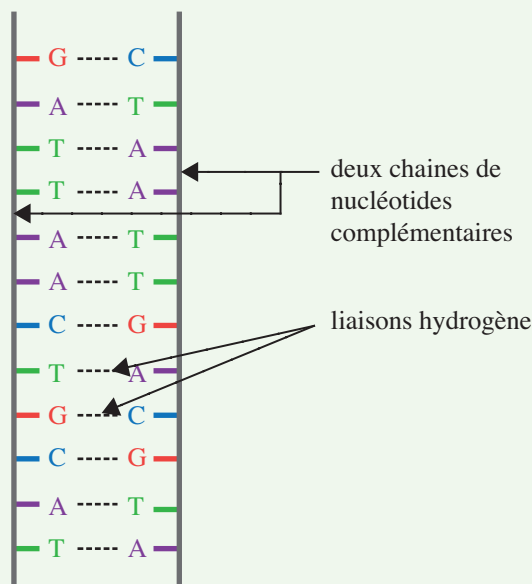


Figure 1.15 – Schéma d'une portion de molécule d'ADN contenant 24 nucléotides et deux fois plus d'adénine que de cytosine

10 Composition de l'ADN

Enoncé
p. 16

Lycée Saint Martin, Rennes

- 1 On constate que les proportions de chaque type de nucléotide sont identiques pour différentes cellules chez un même individu (aux incertitudes de mesure près). Cela s'explique par le fait que toutes les cellules d'un même individu possèdent le même programme génétique, hérité d'une même cellule-œuf.
- 2 On constate quelle que soit l'espèce étudiée et quel que soit le type de cellule étudié que l'ADN comporte autant d'adénine que de thymine et autant de cytosine que de guanine. Cela s'explique par la structure de toute molécule d'ADN : la molécule d'ADN est constituée de deux brins, chaque brin est une chaîne de nucléotides, et il existe des associations obligatoires entre les nucléotides en vis-à-vis dans les deux chaînes : l'adénine d'un brin est toujours associée à la thymine de l'autre brin et la cytosine d'un brin est toujours associée à la guanine de l'autre brin.
- 3 Dans l'ADN d'une cellule de foie d'un être humain, il y a environ 30 % de T, 30 % de A, 20 % de G et 20 % de C. On nous demande de représenter 10 paires de nucléotides : compte-tenu de la complémentarité des 2 brins, il doit y avoir dans chaque brin trois A, trois T, deux C et deux G.

Voir illustration page suivante.

L'ORGANISME PLURICELLULAIRE • CHAP. 1

A A T C G G A T T C
T T A G C C T A A G

Figure 1.16 – Un modèle possible d'un fragment d'ADN d'une cellule de foie humain

11 Construction d'une molécule d'ADN

Enoncé
p. 16

Lycée Charlemagne, Paris

- 1 On sait que les deux brins de l'ADN sont liés grâce à des liaisons entre les nucléotides en vis-à-vis : A est complémentaire de T et C est complémentaire de G. Par conséquent, à chaque nucléotide à adénine correspond un nucléotide à thymine dans la molécule. Il y a donc autant de A que de T. De même, il y a autant de C que de G. Cette propriété explique pourquoi le rapport $(A+G)/(T+C)$ est égal en théorie à 1 (les petits écarts sont dus à des incertitudes de mesure).
- 2 On sait que la succession des nucléotides dans les molécules d'ADN est propre à chaque espèce et même à chaque individu. Par conséquent, le nombre de A (identique à celui de T) et le nombre de C (identique à celui de G) est une caractéristique de chaque individu. D'où un rapport $(A+T)/(C+G)$ différent pour chaque espèce.
- 3 Un rapport $(A+T)/(C+G)$ égal à 1.4 signifie qu'il y a 1.4 fois plus de nucléotides A et T que de nucléotides C et G. On note n_A , n_C , n_G , et n_T le nombre de bases A, C, G, et T.

On a $n_A = n_T$ et $n_C = n_G$, donc $2 \times n_A = 1,4 \times (2 \times n_C)$. On a alors $n_A = 1,4 \times n_C$.

Comme il y a 24 nucléotides (d'après l'énoncé), on a : $n_A + n_C + n_G + n_T = 24$.

On résout les équations et on trouve que $n_A = 7$ et $n_C = 5$. On vérifie que le rapport est bien égal à 1,4.

A	A	A	G	C	T	C	A	G	G	A	A
T	T	T	C	G	A	G	T	C	C	T	T

Figure 1.17 – Valeurs des deux rapports entre les nucléotides chez plusieurs espèces

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

12 ADN de différents êtres vivants

Enoncé
p. 17

Lycée Condorcet, Paris

MÉTHODE

Cet exercice a pour objectifs de vérifier que vous avez les connaissances sur la structure de l'ADN et de vérifier que vous savez produire un raisonnement. Il n'est pas une restitution de connaissances, c'est pourquoi il faut partir des données du tableau.

On observe que les cellules de thymus de veau contiennent des nucléotides à adénine et thymine en proportions très voisines : 28 et 29%. L'énoncé nous indique que les données sont à 1% près. On peut donc admettre que la proportion de ces deux nucléotides est égale. De même, les proportions de nucléotides à guanine et cytosine sont égales. Or on sait que l'ADN est une molécule formée de deux brins et que les nucléotides face à face dans les deux brins sont complémentaires : A est complémentaire de T et C est complémentaire de G. Les nucléotides complémentaires sont donc présents en même nombre dans les cellules. Cela explique le résultat mesuré.

- 1 On observe que les résultats sont égaux pour les nucléotides des deux types de cellules de veau. Or on sait que toutes les cellules d'un être vivant ont la même information génétique. Il y a donc le même nombre de nucléotides des quatre types.
- 2 On sait que l'information génétique est propre à chaque individu et que les différences sont encore plus importantes entre espèces. L'information génétique étant la succession des nucléotides de l'ADN, il est normal que la proportion des nucléotides soit différente entre des cellules de deux espèces différentes.
- 3 On observe que l'ADN du bactériophage a des proportions de nucléotides qui ne peuvent pas s'expliquer par la règle habituelle de complémentarité des nucléotides : en effet, aucune valeur n'est égale à une autre, à part A et G (25 et 24 %). Cela remet en cause le modèle de la double hélice d'ADN. On peut supposer que les règles de complémentarité des nucléotides chez ce virus sont moins strictes. On peut également supposer que ce virus ne possède pas un ADN à deux brins mais à un seul brin, ce qui signifie qu'il n'y a pas de nucléotides complémentaires.

Remarque : les virus ne sont pas considérés comme des êtres vivants. Ils ne possèdent pas de cellules et il leur manque la machinerie nécessaire à leur fonctionnement. Ils possèdent cependant une information génétique. Dans le cas de ce bactériophage, l'ADN est formé par un seul brin.

Chapitre

2

Le métabolisme des cellules

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Echanges de matière et d'énergie des organismes
3. Les voies métaboliques

1 Introduction

Les cellules d'un organisme pluricellulaire ont des relations structurales entre elles, ce qui permet de constituer des tissus, des organes (cf. chapitre précédent). Leur spécialisation implique que chaque type cellulaire ne remplit pas les mêmes rôles : il se développe donc des relations fonctionnelles entre cellules.

Ces relations d'échanges se retrouvent également à plus grande échelle : celle des organismes.

PROBLÉMATIQUE

Quelle est la nature des relations entre les différents organismes d'un milieu ? entre ces organismes et leur milieu de vie ?

2 Echanges de matière et d'énergie des organismes

2.1 Avec leur environnement : milieu et autres organismes

Les éléments vivants d'un écosystème interagissent et établissent des relations trophiques (du grec *trophê* : nourriture). Ils consomment de la matière et en produisent. La matière produite est utilisée pour l'être vivant lui-même (production de sa matière, production d'énergie par des réactions de dégradation) ou éliminée sous forme de déchets (excréments, urine).

Voir illustration page suivante.

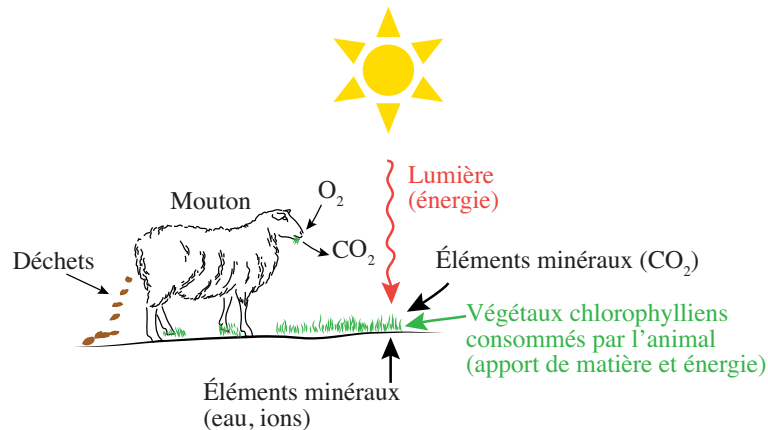


Figure 2.1 – Exemple d'interactions entre milieu et organismes du point de vue de la matière et de l'énergie

2.2 Producteurs primaires et secondaires

Les végétaux chlorophylliens sont des producteurs *primaires*. Ils sont autotrophes. Les producteurs *secondaires* sont des consommateurs et des décomposeurs. Les consommateurs consomment de la matière organique provenant d'un autre organisme vivant. Les décomposeurs consomment la matière organique morte et la convertissent en matière minérale. À la mort de tout être vivant, sous l'action des décomposeurs, cette matière organique est transformée en matière minérale grâce à la respiration cellulaire (détaillée par la suite) : le carbone se retrouve alors dans des molécules de CO₂.

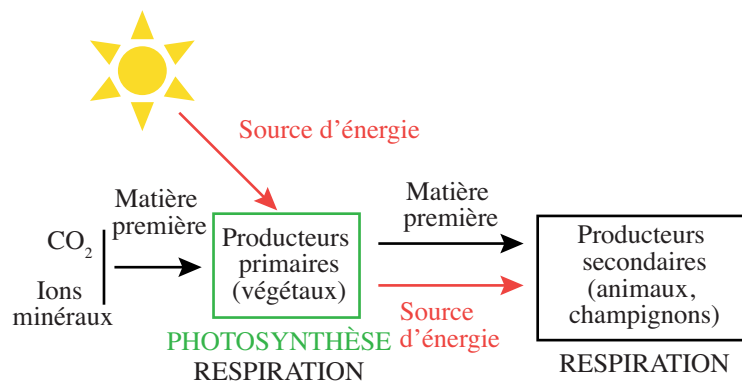


Figure 2.2 – Fonctionnement général d'un réseau trophique du point de vue des échanges de matière et d'énergie

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

2.3 Au sein de l'organisme

Des expériences d'effeuillage de végétaux en croissance montrent que les feuilles sont des organes indispensables à la croissance des autres organes ; Il y a donc une circulation de matière et d'énergie permettant cette croissance.

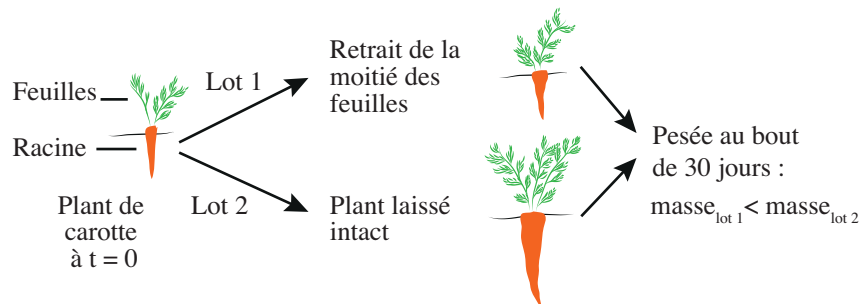


Figure 2.3 – Protocole et résultat d'une expérience de culture de plants de carotte dans deux conditions différentes

Le fonctionnement de chaque cellule nécessite des synthèses c'est-à-dire des fabrications et des dégradations de molécules. On appelle *métabolisme* d'une cellule les transformations biochimiques qui s'y déroulent.

 Retrouvez une définition du métabolisme en vidéo avec 

Voir exercices 1, 4, 5.

PROBLÉMATIQUE

Les échanges qui diffèrent selon la position de l'organisme dans un réseau trophique montrent que le métabolisme de toutes les cellules n'est pas le même.

Quelles sont les principales voies métaboliques des cellules des producteurs primaires et secondaires ?

3 Les voies métaboliques

Une voie métabolique est une succession de réactions biochimiques transformant une molécule en une autre.

3.1 Cas d'une cellule autotrophe : la voie métabolique de la photosynthèse

3.1.1 - Qu'est-ce que la photosynthèse ?

La synthèse de molécules organiques est possible seulement dans les parties chlo-

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

rophylliennes des végétaux, c'est-à-dire les feuilles vertes et certaines tiges. La photosynthèse est l'opération de synthèse des molécules organiques par le végétal dans ses cellules chlorophylliennes, à partir de molécules minérales et grâce à l'énergie solaire.

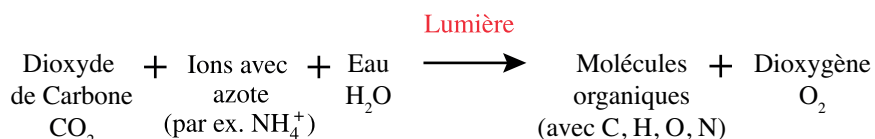


Figure 2.4 – Equation bilan de la photosynthèse

La cellule est dite autotrophe car elle produit sa matière organique à partir de matière minérale exclusivement.

3.1.2 - Conditions d'existence de cette voie métabolique

Le dioxyde de carbone provient de l'air (ou du gaz dissous dans l'eau dans le cas d'une plante aquatique). Par une suite de multiples réactions biochimiques, il y a production de molécules organiques et de dioxygène. Le dioxygène est libéré.

Dans une cellule, la chlorophylle est localisée dans les chloroplastes : il s'agit d'organites du cytoplasme. Seuls les chloroplastes possèdent tout l'équipement nécessaire en macromolécules (molécules de grande taille) qui permettent ces réactions. Parmi les macromolécules nécessaires, on trouve les enzymes : il s'agit de molécules nécessaires au déroulement des réactions mais qui se retrouvent intactes en fin de réaction. Sans elles, les réactions auraient lieu à une vitesse très faible, incompatible avec le fonctionnement des cellules.

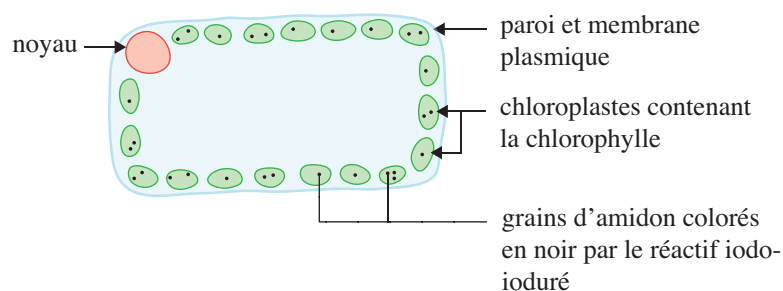


Figure 2.5 – Localisation de la chlorophylle dans une cellule végétale

3.2 Cas d'une cellule hétérotrophe

Une cellule hétérotrophe a besoin de matière organique pour produire la sienne.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

⚠ ATTENTION

Les végétaux comportent également des cellules hétérotrophes qui ont besoin des apports des cellules autotrophes : il s'agit des cellules non chlorophylliennes.

Les cellules hétérotrophes possèdent des enzymes leur permettant d'utiliser la matière organique qui leur parvient.

Quasiment toutes les cellules, qu'elles soient autotrophes ou hétérotrophes, utilisent la voie métabolique de la respiration.

La respiration est une réaction d'oxydation de molécules organiques en molécules minérales, qui produit de l'énergie.

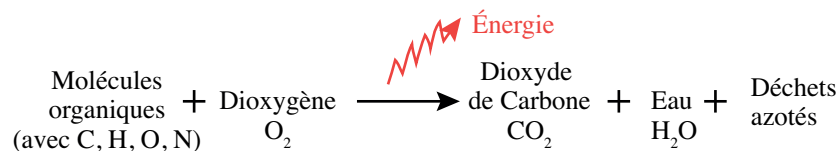


Figure 2.6 – Équation globale de la respiration

3.2.1 - Interconnexion des voies métaboliques



Retrouvez une comparaison des métabolismes animal et végétal avec 

Les réactions biochimiques qui se déroulent dans les cellules utilisent des substrats et forment des produits. Le produit de l'une des réactions est le substrat de la réaction suivante dans une voie métabolique. Il peut également participer à une autre voie métabolique. Ainsi, les molécules organiques produites par photosynthèse peuvent devenir les substrats de la respiration dans une cellule chlorophyllienne.

Voir exercices 2,3, 6 à 10.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 38

Choisissez pour chaque série de propositions la seule réponse exacte.

- 1** Les végétaux :
 - a** n'échangent pas de matière avec le milieu extérieur ;
 - b** sont à la base des réseaux trophiques ;
 - c** ont besoin de matière organique du sol afin de se développer.
- 2** Les producteurs secondaires :
 - a** sont toujours des animaux ;
 - b** utilisent l'énergie du soleil afin de produire leur matière ;
 - c** respirent seulement le jour ;
 - d** ont besoin de la matière organique d'autres êtres vivants.
- 3** L'énergie nécessaire au fonctionnement des êtres vivants :
 - a** provient directement ou indirectement du Soleil dans la plupart des réseaux trophiques ;
 - b** est apportée par les déchets des êtres vivants ;
 - c** est indispensable uniquement aux végétaux.

2 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 38

Répondez par vrai ou faux à chaque proposition :

- 1** Une plante synthétise des molécules organiques comme l'amidon jour et nuit.
- 2** L'amidon présent dans les feuilles placées à la lumière est synthétisé sur place.
- 3** La chlorophylle est un pigment qui se trouve dans les chloroplastes des cellules.
- 4** La photosynthèse est un processus de conversion d'énergie.
- 5** L'absence de dégagement de CO_2 par une plante le jour est dû au fait qu'elle ne respire pas.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

3 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 38

Des rameaux d'une plante aquatique, l'Elodée, sont placés dans un récipient contenant de l'eau enrichie en dioxyde de carbone (CO_2) et exposée à la lumière.

Une éprouvette remplie d'eau, placée au-dessus d'un entonnoir, permet de recueillir les bulles de gaz qui s'échappent régulièrement des rameaux (voir figure ci-après).

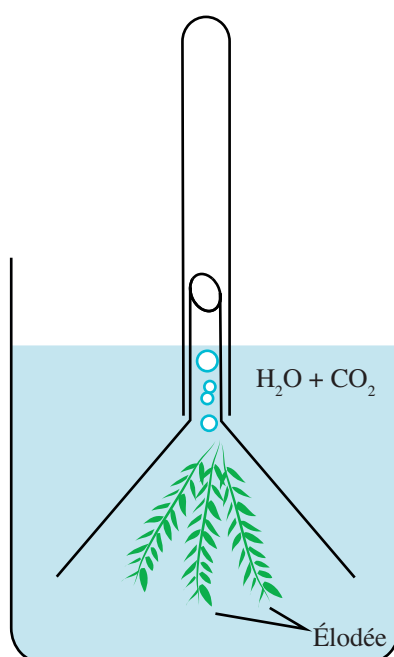


Figure 2.7 – Schéma du montage réalisé

Indiquez si les propositions suivantes sont vraies ou fausses :

- ☐ a Le gaz dégagé est du dioxyde de carbone.
- ☐ b Le gaz dégagé est du dioxygène.
- ☐ c À l'obscurité, le même gaz se dégagerait.
- ☐ d La réaction observée n'est possible que grâce à la chlorophylle.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4 Relations trophiques



15 min

Corrigé
p. 39

Lycée Sophie Germain, Paris

La figure suivante présente les compartiments de la biosphère (vivant, non vivant) et les principaux transferts de matière et d'énergie.

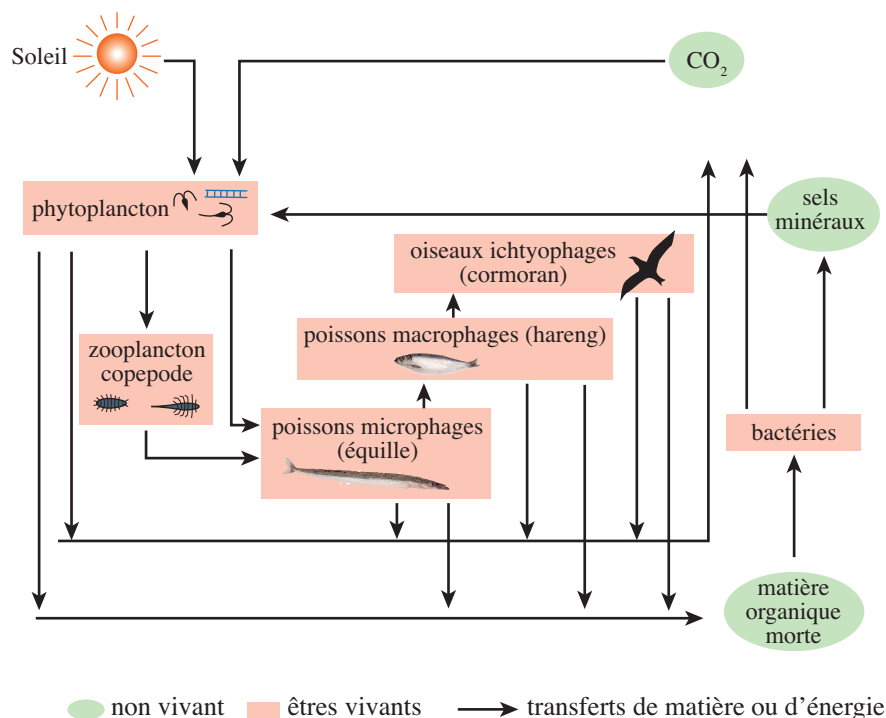


Figure 2.8 – Relations entre les êtres vivants et les transferts d'énergie et de matière

- 1 Repassez en bleu, les flèches qui représentent les transferts d'énergie et en rouge, les flèches qui représentent des transferts d'énergie et de matière.
- 2 Indiquez sur les flèches concernées les termes « photosynthèse » et « minéralisation ».
- 3 Indiquez dans un tableau les différents niveaux trophiques et les êtres vivants de chaque niveau trophique.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

5 Carbone minéral et organique



25 min

Corrigé
p. 40

Lycée Descartes, Rennes

Une forêt est constituée d'arbres et de plantes diverses, d'animaux grands et petits, et d'un sol contenant champignons et bactéries. Les végétaux fabriquent leur matière organique par photosynthèse, en absorbant du dioxyde de carbone (CO_2) et en rejetant du dioxygène (O_2). Comme les animaux, les végétaux respirent ; de plus, animaux, champignons et bactéries se nourrissent de la matière organique des autres êtres vivants, même morts ! Ces activités consomment du dioxygène et dégagent du dioxyde de carbone.

On cherche à quantifier, dans une forêt, au cours d'une année, la production et la consommation de matière organique, les échanges de CO_2 et ceux d' O_2 . Il s'agit d'une forêt de feuillus d'Amérique du Nord, qui n'a jamais été exploitée par l'Homme. Il n'y a ni plantation ni abattage ; les arbres morts restent et pourrissent sur place. Les matériaux de cette forêt ne subissent aucun prélèvement. Les valeurs indiquées sont des moyennes, établies sur dix années consécutives.

Dans le tableau (page suivante), la matière organique est exprimée en milliers de tonnes de matière sèche par kilomètre carré ; les productions de gaz sont exprimées en tonnes par kilomètre carré. La biomasse vivante correspond aux plantes, animaux et champignons ; la biomasse morte correspond aux arbres morts, feuilles mortes, et à la matière des sols.

- 1 Rappelez sous quelle forme (minérale ou organique) se trouve le carbone dans l'atmosphère, la biomasse vivante et la biomasse morte.
- 2 À l'aide des données du tableau, tracez les courbes d'évolution de la production de matière morte et vivante au cours de l'année, de la production ou de la consommation d' O_2 et de CO_2 (production négative).
- 3 Rappelez le nom des processus biologiques associés à la production d' O_2 et de CO_2 .
- 4 Expliquez l'origine de l'augmentation de la biomasse vivante d'avril à août et de sa diminution de septembre à décembre.
- 5 Expliquez ensuite la diminution de la production de matière organique morte de mars à août et son augmentation de septembre à décembre.
- 6 Discutez les productions positives de CO_2 ou d' O_2 observées à certaines périodes.

Voir tableau page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Matière organique «vivante»	30	30	30	30,6	31,6	32,4
Matière organique «morte»	10	10	9,8	9,6	9,4	9
Production d'O ₂	-100	-10	-290	+390	+1 040	+600
Production de CO ₂	+140	+15	+400	-520	-1 430	-840

	juillet	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Matière organique «vivante»	32,8	33	32,8	31,8	30,2	30,1
Matière organique «morte»	8,6	8,1	8	8,8	10,2	10
Production d'O ₂	+50	-320	-580	-340	-280	-160
Production de CO ₂	-70	+430	+755	+500	+390	+230

Tableau 2.1 – Production de matière organique, de dioxygène et de dioxyde de carbone par une forêt de la zone tempérée

6 Rôle de la lumière



5 min

Corrigé
p. 41

Lycée Albert Einstein, Saint Geneviève des Bois

On fait subir à une feuille de Pelargonium le traitement suivant : passage dans l'alcool bouillant pour la décolorer, puis ajout d'eau iodée colorant en marron foncé les zones contenant de l'amidon.

Feuille préalablement éclairée	Oui	Non
Coloration de la feuille après traitement à l'alcool puis à l'eau iodée	Marron foncé	Jaune

Tableau 2.2 – Résultat du test à l'eau iodée dans différentes situations

Interprétez ces résultats pour en déduire le rôle de la lumière dans la synthèse de matière organique par les végétaux chlorophylliens.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

7 Comptage de chlorelles



10 min

Corrigé
p. 41

Lycée Sophie Germain, Paris

Deux lots de chlorelles (algues unicellulaires) sont placés dans un milieu de culture contenant de l'eau, des ions minéraux et du dioxyde de carbone. Le lot A est placé à la lumière, le lot B à l'obscurité. On détermine le nombre de cellules au début de l'expérience puis après 3 et 6 jours de culture. La multiplication des chlorelles peut être mise en relation avec la quantité de matière organique qu'elles produisent.

Temps (jour)	Lot A	Lot B
0	1.0	1.0
3	1.8	0.3
6	2.2	0.3

Tableau 2.3 – Résultat du comptage du nombre de cellules (en millions par mL de milieu de culture)

Exploitez les résultats obtenus.

8 Production d'O₂



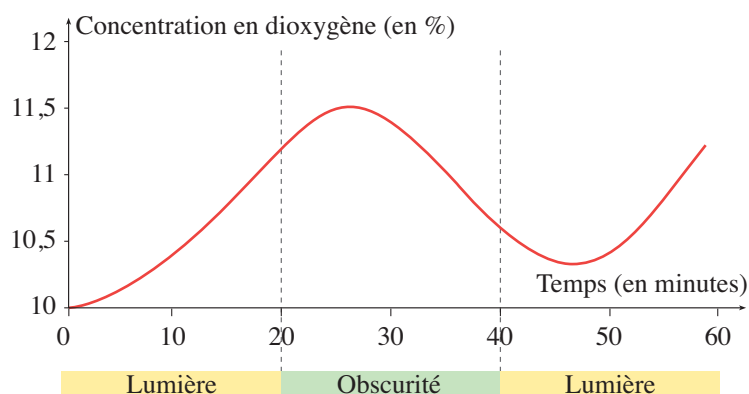
15 min

Corrigé
p. 42

Lycée Saint Thomas d'Aquin, Paris

Les élodées sont des végétaux chlorophylliens qui présentent un métabolisme photosynthétique.

L'expérience est réalisée dans une enceinte hermétique (pas d'échanges gazeux avec le milieu extérieur). On dispose des feuilles d'élodées dans l'enceinte remplie d'eau d'un dispositif d'expérimentation assistée par ordinateur. Une sonde placée dans l'enceinte mesure la teneur de l'eau en dioxygène. Au cours de l'expérience, on place successivement les élodées à la lumière et à l'obscurité. Le graphe suivant présente les résultats obtenus à l'issue de l'expérience.



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

- 1 Rappeler le mécanisme de la photosynthèse et son équation bilan.
- 2 Indiquer le paramètre que l'expérimentateur fait varier au cours de l'expérience.
- 3 Établir un lien entre l'évolution de la quantité de dioxygène mesurée dans l'enceinte et l'activité photosynthétique.
- 4 Formuler une hypothèse expliquant les résultats obtenus à l'obscurité.
- 5 Sachant que la respiration de l'élodée est permanente, proposer une explication aux résultats observés à la lumière.

9 Éléments chimiques et matière organique ★★ 15 min Corrigé p. 43

Lycée La Bruyère, Versailles

Des expériences ont été menées afin de déterminer l'origine des éléments chimiques qui constituent l'amidon contenu dans une feuille. Pour cela, des chercheurs procèdent à l'analyse chimique de la solution du sol qu'absorbe une plante au cours de son développement. Les résultats obtenus sont consignés dans la liste ci-dessous :

Composition chimique de la solution du sol :

Eau (H_2O) – Nitrates (NO_3^-) – Phosphates (H_2PO_4^-) – Sulfates (SO_4^{2-}) – Potassium (K^+) – Sodium (Na^+) – Calcium (Ca^{2+}) – Magnésium (Mg^{2+})

- 1 Quelle hypothèse les chercheurs ont-ils émis pour faire cette expérience ?
- 2 L'amidon est une grosse molécule composée de glucose dont la formule chimique est $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (C = carbone ; H = hydrogène ; O = oxygène). À partir de ces données et de celles de la liste, l'hypothèse semble-t-elle pouvoir être validée complètement, partiellement ou pas du tout ? (justifiez votre réponse).
- 3 En sachant que la présence de CO_2 est indispensable à la photosynthèse, proposez une nouvelle hypothèse à la question des chercheurs.

10 Conditions de la photosynthèse ★★ 15 min Corrigé p. 43

Lycée Ferdinand Daguin, Mérignac

Un scientifique désire vérifier expérimentalement l'hypothèse selon laquelle la lumière est nécessaire à la synthèse de constituants énergétiques tels que l'amidon. Il dispose du matériel : un végétal possédant des feuilles panachées, des bandes de cartons noir, un dispositif permettant de placer les feuilles dans une atmosphère dont on peut faire varier la composition.

Le tableau de la page suivante propose 8 montages différents.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

Montage	Chlorophylle	Lumière	CO ₂
1	+	+	+
2	+	+	-
3	+	-	-
4	-	+	+
5	+	-	+
6	-	-	+
7	-	+	-
8	-	-	-

Tableau 2.4 – Caractéristiques des montages proposés

- 1 Indiquez les deux numéros de montages qui permettent de tester l'hypothèse du scientifique.
- 2 Identifiez les montages sur le schéma en page suivante en écrivant les numéros dans les cercles correspondants.

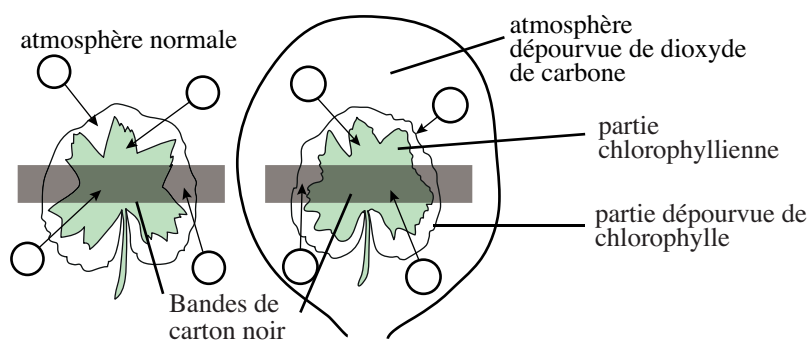


Figure 2.9 – Schéma correspondant aux 8 montages proposés

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 QCM Vérification des connaissances

Enoncé
p. 30

- 1 Réponse **b**. Les végétaux, comme tous les êtres vivants, échangent de la matière avec leur milieu. Ils n'ont besoin que de matière minérale.
- 2 Réponse **d**. Les champignons sont également des producteurs secondaires. Leur énergie vient des molécules organiques dégradées par la respiration par exemple.
- 3 Réponse **a**. L'énergie est indispensable à tous les êtres vivants. Dans la plupart des réseaux trophiques, les végétaux sont à la base, et ceux-ci ont besoin de lumière comme source d'énergie.

2 V/F Vérification des connaissances

Enoncé
p. 30

- 1 Faux : la synthèse des molécules organiques nécessite de la lumière et ne peut donc avoir lieu que le jour.
- 2 Vrai : les feuilles sont le lieu de la synthèse des molécules organiques, comme par exemple l'amidon.
- 3 Vrai.
- 4 Vrai : il y a conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique contenue dans les molécules organiques.
- 5 Faux : une plante respire le jour et la nuit mais le jour, elle consomme également du CO_2 en effectuant la photosynthèse ; le bilan global peut donc être une consommation de CO_2 le jour.

3 V/F Vérification des connaissances

Enoncé
p. 31

- a** Le gaz dégagé est du dioxyde de carbone : FAUX. On sait qu'à la lumière un végétal chlorophyllien réalise la photosynthèse et que ce processus produit du dioxygène et consomme du dioxyde de carbone. Le gaz dégagé est donc du dioxygène.
- b** Le gaz dégagé est du dioxygène : VRAI.
- c** À l'obscurité, le même gaz se dégagerait : FAUX. À l'obscurité, la photosynthèse n'a pas lieu et seule la respiration se produit. Il y a alors un dégagement de dioxyde de carbone.
- d** La réaction observée n'est possible que grâce à la chlorophylle : VRAI. La chlorophylle est le pigment de la feuille captant la lumière.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

4 Relations trophiques

Enoncé
p. 32

Lycée Sophie Germain, Paris

- 1 Voir la figure 2.10.
- 2 Voir la figure 2.10.

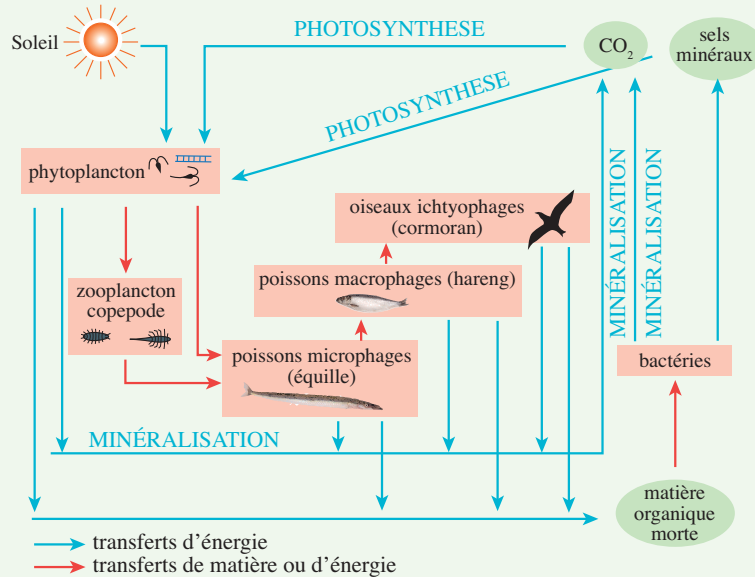


Figure 2.10 – Schéma indiquant les transferts d'énergie et les processus de photosynthèse et de minéralisation

3 MÉTHODE

Avant de faire le tableau demandé, il faut identifier les niveaux trophiques en fonction du type de nourriture consommé par les êtres vivants (organique ou non organique) puis concevoir les entrées du tableau de manière à ce que toutes les cases soient complétées. Enfin, il ne faut pas oublier de donner un titre au tableau.

Voir tableau page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Producteurs primaires	Producteurs secondaires
Phytoplancton	Bactéries
	Zooplancton copépode
	Poissons microphages
	Poissons macrophages
	Oiseaux ichthyophages

Tableau 2.5 – Tableau présentant les êtres vivants en fonction de leur niveau dans le réseau trophique

5 Carbone minéral et organique

Enoncé
p. 33

Lycée Descartes, Rennes

1 On trouve le carbone sous forme :

- minérale (CO_2) dans l'atmosphère ;
- organique (molécules organiques carbonées) dans la biomasse vivante et la biomasse morte.

2

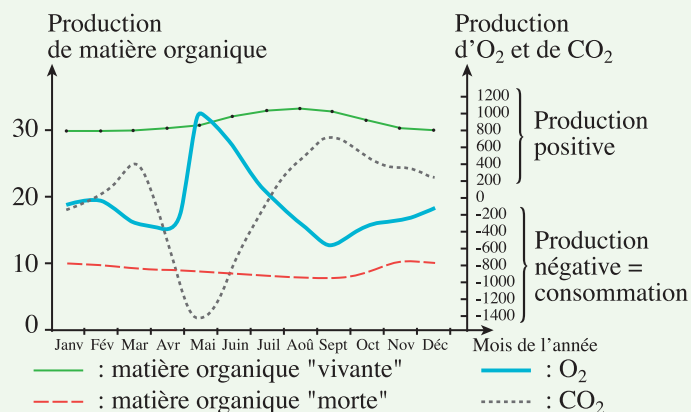


Figure 2.11 – Courbes représentant l'évolution de la production de matière organique d' O_2 et de la production ou consommation d' O_2 et de CO_2 au cours d'une année

3 Le processus biologique associé à la production d' O_2 est la photosynthèse. Le processus biologique associé à la production de CO_2 est la respiration.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

- 4** D'avril à août, en climat tempéré, l'activité photosynthétique est importante car à cette période les arbres sont feuillus. Cela explique l'augmentation de la biomasse vivante pendant cette période. Inversement, de septembre à décembre, les arbres perdent leurs feuilles et l'activité photosynthétique est faible, ce qui explique la diminution de la biomasse vivante durant cette période.
- 5** La production de matière organique morte est en relation, avec un certain décalage dans le temps, avec l'évolution de la biomasse vivante. En effet, lorsque les arbres perdent leurs feuilles, cela fait augmenter la quantité de matière organique morte : on explique ainsi l'augmentation de la production de matière organique morte de septembre à décembre. Inversement, d'avril à août, les feuilles restant en place sur les arbres, la quantité de matière organique morte tombée au sol est moins importante : on explique ainsi la diminution de la production de matière organique morte de mars à août.
- 6** La production positive de CO_2 , observée d'août à mars, s'explique par le fait qu'à cette période la photosynthèse est moins importante : il en résulte que la quantité de CO_2 produit par la respiration des êtres vivants est plus importante que la quantité de CO_2 consommé par les organismes photosynthétiques.

La production positive d' O_2 , observée de mars à juillet, s'explique par le fait qu'à cette période la photosynthèse est importante : il en résulte que la quantité d' O_2 produit lors de la photosynthèse est plus importante que la quantité d' O_2 consommé lors de la respiration des êtres vivants.

6 Rôle de la lumière

➔ Enoncé
p. 34

Lycée Albert Einstein, Saint Geneviève des Bois

On apprend que la feuille qui a été éclairée est de couleur marron foncé après le traitement à l'alcool et à l'eau iodée. Cela signifie que la feuille contient de l'amidon. La feuille non éclairée est de couleur jaune, ce qui signifie qu'elle ne contient pas d'amidon. La comparaison des deux résultats permet de conclure que la lumière est un élément nécessaire à la synthèse d'amidon par la feuille.

7 Comptage de chlorelles

➔ Enoncé
p. 35

Lycée Sophie Germain, Paris

On observe que dans le lot A, éclairé, le nombre de cellules augmente au cours du temps : il passe de 1 à 2.2 millions par mL de milieu de culture. Les cellules se sont donc multipliées. D'après l'énoncé, cela signifie qu'elles produisent de la matière organique.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Dans le lot B, le nombre de cellules diminue et stagne à 0.3 million de cellules par mL. Cela montre que les cellules ne se multiplient pas et meurent. Elles ne peuvent donc pas produire de matière organique.

On en conclut que la production de matière organique par les chlorelles nécessite la présence de lumière.

8 Production d'O₂

Enoncé
p. 35

Lycée Saint Thomas d'Aquin, Paris

- 1 La photosynthèse consiste en la production de molécules organiques par un végétal chlorophyllien à partir de molécules minérales uniquement et grâce à l'énergie apportée par la lumière. L'équation de la photosynthèse est la suivante :

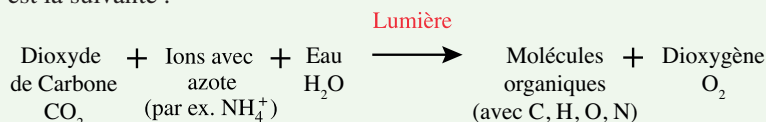


Figure 2.12 – Equation générale de la photosynthèse

- 2 Au cours de l'expérience, l'expérimentateur fait varier l'éclairage appliqué à l'élodée : une période d'obscurité intercalée entre deux périodes de lumière.
- 3 On sait d'après nos connaissances que la photosynthèse nécessite la présence de lumière. L'activité photosynthétique va donc exister durant les deux périodes de lumière. On observe que durant ces périodes, la concentration d'O₂ dans l'enceinte augmente contrairement à la période d'obscurité (qui sert de témoins dans ce cas) : de 10 à 11,5%. On peut en conclure qu'il y a un lien entre l'activité photosynthétique et l'augmentation de la concentration d'O₂.
- 4 À l'obscurité, la concentration d'O₂ diminue et passe de 11,5 à 10,3%. Cela signifie que l'élodée consomme de l'O₂. On sait que la respiration d'un être vivant consomme de l'O₂. L'hypothèse à formuler est la suivante : l'élodée respire à l'obscurité.
- 5 La respiration de l'élodée étant permanente, il y a également une consommation d'O₂ par ce processus à la lumière. Or, on a observé une augmentation de la concentration de ce gaz, ce qui montre une production par le végétal. On peut expliquer l'augmentation par le fait que respiration et photosynthèse se produisent en même temps à la lumière mais que la photosynthèse produit davantage d'O₂ que la respiration n'en consomme. Le bilan global est donc une production.

LE MÉTABOLISME DES CELLULES • CHAP. 2

9 Éléments chimiques et matière organique

Enoncé
p. 36

Lycée La Bruyère, Versailles

- 1 Les chercheurs veulent savoir d'où proviennent les éléments chimiques C, H et O qui constituent l'amidon des feuilles. Étant donné qu'ils analysent la composition chimique de la solution du sol, on peut penser qu'ils ont posé l'hypothèse suivante : les éléments permettant la synthèse de l'amidon des feuilles proviennent de la solution du sol.
- 2 On observe que l'eau et les ions minéraux contenus dans la solution du sol contiennent les éléments chimiques H et O présents dans l'amidon mais ne contiennent pas de carbone. Cela signifie que la solution du sol ne peut pas apporter tous les éléments nécessaires à la synthèse foliaire de l'amidon. Elle peut au mieux fournir les éléments chimiques H et O. L'hypothèse précédemment formulée est donc fausse et ne peut être que partiellement validée (éventuellement).
- 3 Étant donné que le CO_2 est un gaz indispensable à la photosynthèse, on peut supposer que le carbone nécessaire à la synthèse de l'amidon provient du CO_2 .

10 Conditions de la photosynthèse

Enoncé
p. 36

Lycée Ferdinand Daguin, Mérignac

1 MÉTHODE

Le facteur testé dans le cadre de l'hypothèse du scientifique est la lumière. Ce doit donc être le seul facteur qui varie entre les deux montages utilisés. Les autres facteurs doivent être des standards : chlorophylle présente et CO_2 également.

Le montage correspondant à une partie de végétal chlorophyllienne avec présence de CO_2 peut être le numéro 1 ou le numéro 5. Entre ces deux montages, seule la présence ou l'absence de lumière diffère. Ce sont donc les deux montages à exploiter.

- 2 Voir l'illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

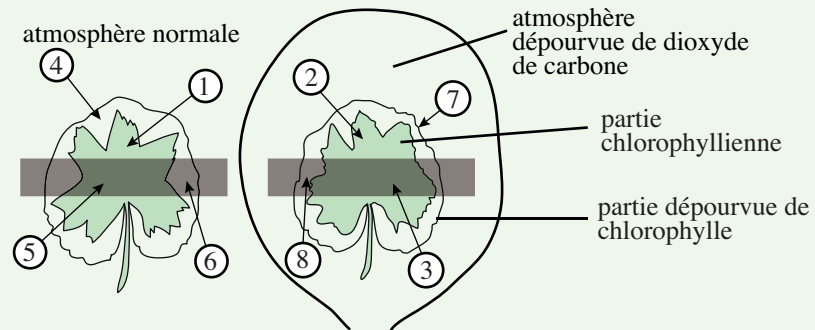


Figure 2.13 – Correspondance entre les 8 montages et le dispositif expérimental

Chapitre

3

Les échelles de la biodiversité

Plan du chapitre

1. Introduction
2. La biodiversité envisageable à différents niveaux
3. Le concept particulier d'espèce et la biodiversité génétique qu'elle renferme

1 Introduction

On parle généralement de biodiversité pour désigner la variété de toutes les formes du vivant. Depuis son apparition en 1988, le mot « biodiversité » a connu une très forte popularité jusqu'à se retrouver dans le langage courant.

❓ PROBLÉMATIQUE

Quelles échelles distingue-t-on dans la description de la diversité du vivant ?
Qu'entend-on par *espèce* ?

2 La biodiversité envisageable à différents niveaux

Sur Terre, tous les milieux - y compris les plus hostiles - abritent la vie. On parle d'*écosystème* pour désigner un ensemble constitué par un milieu et tous les êtres vivants qui l'habitent. La diversité des écosystèmes présents sur Terre est une des facettes de la biodiversité. Dans un écosystème donné, la biodiversité s'apprécie par la variété des espèces présentes.

Actuellement, à l'échelle de la Terre, il existe entre 8 et 12 millions d'espèces vivantes. Des estimations amènent la biodiversité réelle jusqu'à 100 millions d'espèces, car il existe une biodiversité dite « négligée » (bactéries par exemple), qui représente une grande part des espèces vivantes à découvrir. La diversité des espèces est la deuxième facette de la biodiversité.

Dans une espèce donnée, de nombreux gènes sont présents sous la forme de plusieurs allèles. La diversité des allèles est l'un des aspects de la biodiversité : les différents individus se distinguent les uns des autres par la possession de tel ou tel autre allèle d'un gène. Il s'agit d'une biodiversité intra-spécifique, également ap-

pelée diversité génétique. Cette variabilité des gènes au sein d'une même espèce est la troisième facette de la biodiversité.

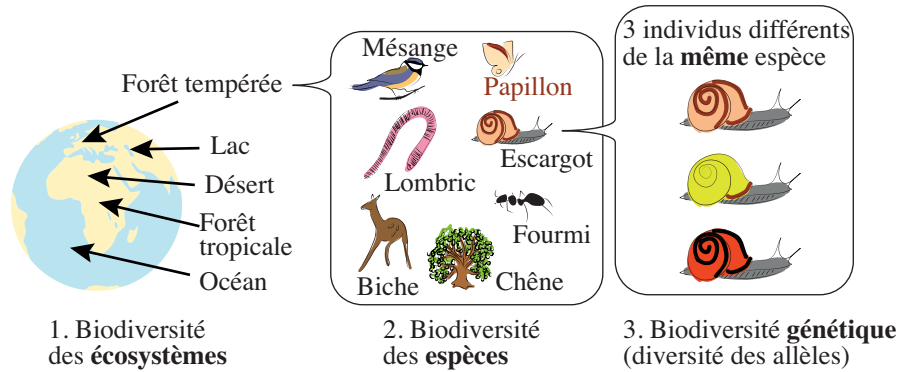


Figure 3.1 – Les trois niveaux de la biodiversité

3 Le concept particulier d'espèce et la biodiversité génétique qu'elle renferme

3.1 L'espèce : un concept utile mais délicat

La notion d'espèce joue un grand rôle dans la description de la biodiversité observée. On parle d'espèce pour désigner un ensemble d'individus se ressemblant plus entre eux qu'à d'autres ensembles équivalents, capables de se reproduire entre eux et dont les descendants sont également féconds. Mais cette définition connaît des limites, dans la mesure où :

- il peut y avoir des variations phénotypiques notables au sein d'une même espèce ;
- il peut y avoir des ressemblances sans parenté ;
- des membres d'une espèce, potentiellement interféconds, peuvent être séparés par des barrières d'isolement reproductif.

3.2 L'origine de la diversité génétique à l'intérieur des espèces

Au sein de chaque espèce, la diversité des individus repose sur la variabilité de l'ADN. Différents allèles d'un même gène coexistent dans une même population, ils sont issus de mutations qui se sont produites au cours des générations et sont responsables de la diversité génétique.

Voir tableau page suivante.

LES ÉCHELLES DE LA BIODIVERSITÉ • CHAP. 3

Gène	Allèles	Phénotype de la coquille
Gène C (déterminisme de la couleur de la coquille)	C ^b	coquille marron
	C ^p	coquille rose
	C ^y	coquille jaune
Gène B (déterminisme des bandes)	B	présence de bandes
	B ⁰	pas de bandes

Tableau 3.1 – Un exemple de diversité génétique chez l'escargot des haies : allèles des gènes C et B respectivement impliqués dans la coloration et l'ornementation de la coquille

 Retrouvez en vidéo les définitions de la notion d'espèce avec 

➔ À RETENIR

Le terme de *biodiversité* est utilisé pour désigner la diversité du vivant et sa dynamique aux différentes échelles, depuis les variations entre membres d'une même espèce (diversité génétique) jusqu'aux variations entre les différentes espèces et les écosystèmes composant la biosphère.

Le concept d'espèce dont on ne peut aujourd'hui se passer pour décrire le monde vivant, est d'une nature très délicate. C'est un concept créé par l'Homme.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 54

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition.

1 La biodiversité :

- ☐ **a** est, au sein d'une espèce, la diversité des gènes dans l'écosystème ;
- ☐ **b** se recense à trois échelles différentes : celle des planètes, des écosystèmes et des espèces ;
- ☐ **c** est, à l'intérieur de l'écosystème, la diversité des espèces qui y sont présentes.

2 La diversité génétique :

- ☐ **a** est une composante de la biodiversité ;
- ☐ **b** correspond à l'existence de différents allèles pour un même gène ;
- ☐ **c** est constante au cours du temps.

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 54

Choisir, pour chaque question, celle des deux propositions qui est exacte :

1 La notion d'espèce :

- ☐ **a** est inutile pour décrire le monde vivant ;
- ☐ **b** est un concept créé par l'homme.

2 Pour que des individus soient rangés dans la même espèce, il est indispensable :

- ☐ **a** qu'ils aient des ressemblances strictes ;
- ☐ **b** qu'ils puissent se reproduire et engendrer une descendance fertile.

3 La biodiversité actuelle :

- ☐ **a** est parfaitement quantifiée ;
- ☐ **b** est seulement estimée.

4 La biodiversité intra-spécifique :

- ☐ **a** est synonyme de biodiversité génétique ;
- ☐ **b** est synonyme de biodiversité écosystémique.

LES ÉCHELLES DE LA BIODIVERSITÉ • CHAP. 3

3 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 54

Trouver la (les) proposition(s) exacte(s) et corriger celles qui sont fausses

Une espèce est :

- ☐ a un ensemble d'individus incapables de se reproduire entre eux ;
- ☐ b un ensemble d'individus interféconds et dont la descendance est stérile ;
- ☐ c un ensemble d'individus interféconds et dont la descendance est fertile ;
- ☐ d un ensemble d'individus montrant de fortes variations phénotypiques ;
- ☐ e un ensemble d'individus montrant d'importantes ressemblances ;
- ☐ f un ensemble d'individus ne montrant aucune ressemblance.

4 Biodiversité des espèces

★★

15 min

Corrigé
p. 54

Lycée Lucie Aubrac, Courbevoie

Il y a 400 ans, lors de la découverte de l'île de la Réunion, on dénombrait 38 espèces d'oiseaux, 5 espèces de chauve-souris et 9 espèces de « reptiles ». Le document ci-après présente un inventaire de la biodiversité actuelle sur cette île.

Espèces	Indi- gènes	Endé- miques	Introduites	Disparues	Mena- cées
Plantes à fleurs	835	280	826 (60 invasives)	12	125
Poissons d'eau douce	21	1			
Oiseaux	17	6	20	22 (18 endémiques)	6
Reptiles terrestres	5			4 (2 endémiques)	
Mammifères	2			3	

Indigènes : déjà présentes avant l'arrivée de l'Homme.

Endémiques : présentes uniquement dans la zone géographique étudiée.

Tableau 3.2 – Nombre d'espèces animales et végétales sur l'île de la Réunion

- 1 Trouvez des arguments en faveur d'une richesse de la biodiversité sur l'île de la Réunion.
- 2 Calculez, pour chaque groupe où cela est possible, le pourcentage d'espèces menacées par rapport au nombre total d'espèces.
- 3 Trouvez des arguments en faveur d'une fragilité de la biodiversité sur l'île de la Réunion.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

5 Biodiversité intraspécifique



15 min

Corrigé
p. 55

Lycée Lakanal, Sceaux

Dans l'espèce humaine, les groupes sanguins du système ABO sont déterminés par trois allèles : A, B et O. Le document ci-après présente, sous la forme d'un diagramme triangulaire, l'abondance relative de ces allèles dans les différentes populations humaines. Dans cette représentation, plus une population est proche d'un sommet du triangle équilatéral, plus l'allèle correspondant est fréquent dans cette population.

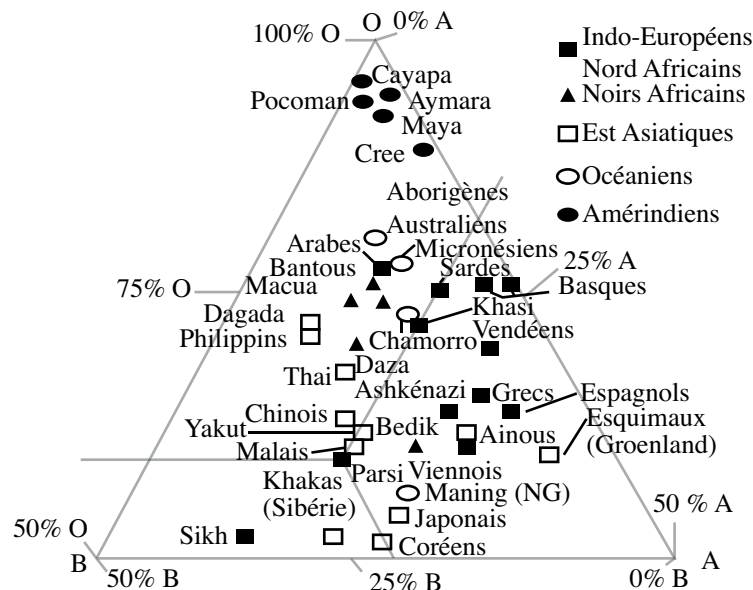


Figure 3.2 – Diagramme montrant l'abondance relative des 3 allèles du système ABO dans différentes populations humaines (d'après Alicia Sanchez-Mazas)

- 1 Décrivez la diversité allélique dans la population Parsi.
- 2 Comparez la diversité allélique dans les différentes populations de l'espèce humaine.
- 3 Indiquez ce que suggèrent les différences constatées.

6 Echelles de la biodiversité



5 min

Corrigé
p. 56

Lycée Paul Langevin, Suresnes

Le document ci-après présente un aspect de la biodiversité sur l'île de la Réunion.

En faisant appel à vos connaissances, retrouvez l'échelle de biodiversité révélée par le document.

LES ÉCHELLES DE LA BIODIVERSITÉ • CHAP. 3

Espèces	Description	Variétés présentes sur l'île de la Réunion
Vanilla Planifolia	Il s'agit de la principale espèce d'orchidée utilisée pour produire la vanille.	Trois variétés : « Aiguille », « Stérile » et « Grosse vanille » différant entre autres par la forme de leurs feuilles et de leurs fruits.
Zosterops borbonicus	Il s'agit du Passereau réunionnais.	Deux variétés différentes, aux plumages bruns et gris bien différenciés et coexistant de manière stable depuis au moins un demi siècle.

Tableau 3.3 – Données concernant des formes de vie sur l'île de la Réunion

7 Concept d'espèce

D'après BAC S Asie 2016



15 min

Corrigé
p. 56

Après avoir rappelé les critères opérationnels de définition des espèces, discutez de l'appartenance ou non à la même espèce des deux tritons décrits ci-dessous en utilisant les deux documents proposés.

Document 1 : Deux tritons présents en Europe : Triturus cristatus et Triturus marmoratus



Figure 3.3 – Triturus cristatus
(Triton à crête)



Figure 3.4 – Triturus marmoratus
(Triton marbré)

Voir document 2 page suivante.

COURS

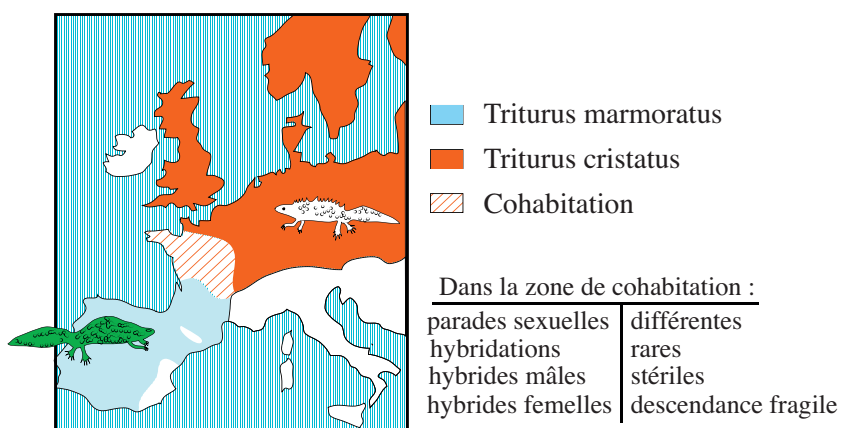
INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Document 2 : Répartition géographique des deux populations de tritons *Triturus cristatus* et *Triturus marmoratus*

Le document suivant montre la répartition géographique et la descendance éventuelle des deux espèces de tritons en Europe (modifié d'après un article de J. Générmont dans Pour la Science, janvier 1997).



8 Biodiversité génétique



10 min

Corrigé
p. 57

Lycée des Nerviens, Bavay

Exploitez le corpus documentaire ci-après pour présenter un exemple de biodiversité génétique, en mettant en valeur l'origine de cette biodiversité.

Documents

Chez des levures de l'espèce *Schizosaccharomyces pombe*, différentes souches sont connues. Ces souches diffèrent les unes des autres par les caractéristiques de leur division cellulaire. La division cellulaire (mitose) est un événement contrôlé par un certain nombre de gènes dont le gène *cdc2* qui permet l'entrée des cellules en mitose.

La taille des levures est en relation avec la division cellulaire : pour la souche sauvage la taille varie entre 7 et 14 micromètres selon que les levures vont se diviser ou viennent de se diviser. Les cellules de levure de souche sauvage sont allongées et cylindriques.

Voir illustration page suivante.

LES ÉCHELLES DE LA BIODIVERSITÉ • CHAP. 3

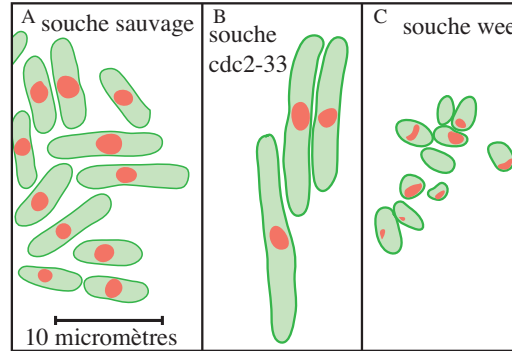


Figure 3.5 – Images des phénotypes des différentes souches (a : souche sauvage ; b : souche « cdc-33 » ; c : souche « wee »)

La souche « cdc2-33 » ne se divise pas à 35° et a par conséquent une taille beaucoup plus grande que la normale. La souche « wee » se divise prématurément et a par conséquent une taille beaucoup plus petite que la normale.

Pour expliquer ces différences phénotypiques, les scientifiques ont comparé les versions du gène cdc2 possédées par les différentes souches.

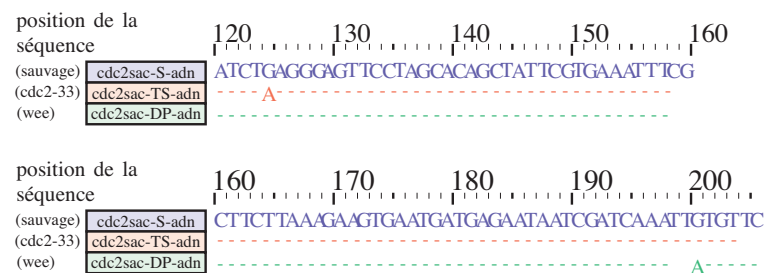


Figure 3.6 – Séquences nucléotidiques des allèles du gène cdc2 possédés chacune des souches (les nucléotides identiques à la même position sont représentés par des tirets)

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 48

- | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|---|----------------------------|-------|
| 1 | ☐ a | Faux. | 2 | ☐ a | Vrai. |
| | ☐ b | Faux. | | ☐ b | Vrai. |
| | ☐ c | Vrai. | | ☐ c | Faux. |

2 QCM Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 48

- 1 Affirmation vraie : ☐ b.
- 2 Affirmation vraie : ☐ b.
- 3 Affirmation vraie : ☐ b.
- 4 Affirmation vraie : ☐ a.

3 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 49

Propositions exactes : ☐ c et ☐ e

Propositions corrigées :

- Proposition ☐ a : un ensemble d'individus *capables* de se reproduire entre eux *et dont la descendance est fertile*.
- Proposition ☐ b : un ensemble d'individus interféconds et dont la descendance est *fertile*.
- Proposition ☐ d : un ensemble d'individus montrant de *faibles* variations phénotypiques.
- Proposition ☐ f : un ensemble d'individus montrant d'*importantes ressemblances*.

4 Biodiversité des espèces

→ Enoncé
p. 49

Lycée Lucie Aubrac, Courbevoie

- 1 Les données du tableau montrent un nombre important d'espèces sur l'île de la Réunion appartenant à des groupes variés. Pour chaque groupe, on peut estimer le nombre total d'espèces en additionnant le nombre d'espèces indigènes et le nombre d'espèces introduites. Par exemple, on dénombre 1661 espèces de plantes à fleurs, 439 espèces de papillons, 55 espèces de Mollusques terrestres, 21 espèces de Poissons d'eau douce, 37 espèces d'Oiseaux. On peut donc effectivement parler de biodiversité à l'échelle des espèces recensées. De plus, il existe un nombre important d'espèces endémiques (280 espèces en particulier chez les plantes à

LES ÉCHELLES DE LA BIODIVERSITÉ • CHAP. 3

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

fleurs et 135 espèces chez les papillons) ce qui montre une biodiversité propre à cette île.

2 Le calcul du pourcentage d'espèces menacées est possible pour les groupes pour lesquels on nous donne le décompte des espèces menacées, c'est-à-dire pour les plantes à fleurs, les papillons, les Mollusques terrestres et les Oiseaux :

- parmi les 1661 espèces de plantes à fleurs il y a 125 espèces menacées ce qui fait un pourcentage d'espèces menacées égal à $\frac{125}{1661} \times 100$ soit 7,5 %.
- parmi les 439 espèces de papillons il y a 2 espèces menacées ce qui fait un pourcentage d'espèces menacées égal à $\frac{2}{439} \times 100$ soit 0,4 %.
- parmi les 55 espèces de Mollusques terrestres il y a 14 espèces menacées ce qui fait un pourcentage d'espèces menacées égal à $\frac{14}{55} \times 100$ soit 25 %.
- parmi les 37 espèces d'Oiseaux il y a 6 espèces menacées ce qui fait un pourcentage d'espèces menacées égal à $\frac{6}{37} \times 100$ soit 16,2 %.

3 On a calculé dans la question précédente un pourcentage non négligeable d'espèces menacées parmi certains groupes (les Oiseaux, les Mollusque terrestre et les plantes à fleurs) ce qui est un premier argument en faveur de l'idée que la biodiversité est fragile sur l'île de la Réunion. De plus, le tableau fait état d'un certain nombre d'espèces disparues depuis la découverte de l'île il ya 400 ans. Par exemple, 3 des 5 espèces de Mammifères (représentés par les chauves-souris), 22 des 38 espèces d'Oiseaux et 4 des 9 espèces de Reptiles qui existaient sur l'île il y a 400 ans ont déjà disparu. Ceci est un deuxième argument montrant la menace qui pèse sur la biodiversité de cette île.

5 Biodiversité intraspécifique

Enoncé
p. 50

Lycée Lakanal, Sceaux

1 Dans la population Parsi les trois allèles A, B et O sont représentés : il y a donc bien une diversité allélique dans cette population. On lit sur le diagramme triangulaire que dans cette population :

- la fréquence de l'allèle O est égale à 60 % ;
- la fréquence de l'allèle A est égale à 17 % ;
- la fréquence de l'allèle B est égale à 23 %.

2 D'après le diagramme triangulaire, on voit que les diverses population de l'espèce humaine possèdent généralement les allèles A, B et O mais à des fréquences différentes les unes des autres. Par exemple, dans la population Cayapa (Amérindiens), on relève que la fréquence de l'allèle O est égale à 98 %, celle de l'allèle B est égale à 2 % tandis que l'allèle

A n'est pas du tout représenté. La diversité allélique est donc plus ou moins marquée au sein des populations d'une même espèce.

- 3 Les différences constatées suggèrent l'existence de mécanismes qui influencent les fréquences alléliques postérieurement aux mutations qui ont donné naissance aux allèles. La biodiversité génétique évolue donc au cours du temps.

6 Echelles de la biodiversité

→ Enoncé
p. 50

Lycée Paul Langevin, Suresnes

Le document indique, pour deux des espèces présentes sur l'île de la Réunion, l'existence de variétés différentes au sein de chacune de ces deux espèces. Ainsi, on connaît trois variétés différentes chez la vanille (espèce *Vanilla Planifolia*) et deux variétés différentes chez le Passereau réunionnais (*Zosterops borbonicus*).

Il s'agit ici de la description de la biodiversité intraspécifique. En effet, dans une espèce donnée, de nombreux gènes sont présents sous la forme de plusieurs allèles. La diversité des allèles est l'un des aspects de la biodiversité : les différents individus se distinguent les uns des autres par la possession de tel ou tel autre allèle d'un gène. Cela peut se traduire, à l'échelle de l'espèce, par l'existence de variétés différentes se distinguant très bien les unes des autres : forme des feuilles et des fruits dans le cas de la Vanille, couleurs du plumage dans le cas du Passereau.

7 Concept d'espèce

→ Enoncé
p. 51

D'après BAC S Asie 2016

Il s'agit de déterminer si le Triton à crête et le Triton marbré appartiennent ou non à la même espèce.

On sait que les critères opérationnels de définition des espèces sont les suivants :

- le critère phénotypique : les individus supposés appartenir à la même espèce se ressemblent plus entre eux qu'à d'autres ensembles équivalents ;
- le critère d'interfécondité : les individus supposés appartenir à la même espèce doivent être capables de se reproduire entre eux et leurs descendants doivent également être féconds.

Dans un premier temps, à l'aide des photographies des deux tritons présentées dans le document 1, on envisage le critère phénotypique. On observe un certain nombre de ressemblances entre les tritons *Triturus cristatus* (Triton à crête) et *Triturus marmoratus* (Triton marbré) ce qui va dans le sens d'une appartenance possible à la même espèce. Les différences perceptibles (motifs

LES ÉCHELLES DE LA BIODIVERSITÉ • CHAP. 3

sur la peau, forme de la nageoire) pourraient dans ce cas correspondre à une biodiversité intraspécifique.

Dans un deuxième temps, on se penche sur le critère d'interfécondité. Le deuxième document donne la répartition géographique et la descendance éventuelle des deux populations étudiées. On voit que, malgré une zone de cohabitation commune dans une partie de la France, les deux formes de tritons ont des difficultés à se reproduire entre eux (parades sexuelles différentes) et à avoir une descendance viable et fertile (la descendance mâle est stérile et la descendance femelle est fragile). Ces données vont plutôt dans le sens de l'appartenance à deux espèces différentes.

La discussion illustre bien le fait que le concept d'espèce, créé par l'homme et dont on ne peut aujourd'hui se passer pour décrire le monde vivant, est d'une nature très délicate.

8 Biodiversité génétique

➔ Enoncé
p. 52

Lycée des Nerviens, Bavay

Les trois souches comparées de l'espèce *Schizosaccharomyces pombe* diffèrent, sur le plan phénotypique, par la taille de leurs cellules.

La taille de référence est celle de la souche sauvage : entre 7 et 14 μm selon que les levures vont se diviser ou viennent de se diviser. La souche « cdc2-33 » est de taille beaucoup plus grande car elle se divise pas à 35°. La souche « wee » au contraire se divise prématurément et a par conséquent une taille beaucoup plus petite : environ 2-3 μm

Pour expliquer la biodiversité à l'intérieur de cette espèce, on compare les versions du gène *cdc2* possédées par les différentes souches. Cette comparaison est motivée par le fait que la division cellulaire est un événement contrôlé par un certain nombre de gènes dont le gène *cdc2* qui permet l'entrée des cellules en mitose.

On observe que la séquence nucléotidique de l'allèle *cdc2sac-TS*, possédée par la souche *cdc2-33*, diffère de celle de l'allèle possédé par la souche sauvage par un nucléotide, situé en position 124. On observe que la séquence nucléotidique de l'allèle *cdc2sac-DP*, possédée par la souche « wee », diffère de celle de l'allèle possédé par la souche sauvage par un seul nucléotide, situé en position 200.

Dans cet exemple, les allèles *cdc2sac-TS* et *cdc2sac-DP* représentent des allèles mutés du gène *cdc2*. On observe donc une variabilité génétique du gène *cdc2*, qui consiste en des changements dans la séquence nucléotidique de ce gène. Les souches *cdc2-33* et *wee* possédant ces allèles mutés sont des souches mutantes.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

CORRIGÉS

L'exercice proposé aura donc permis de retrouver le fait que la biodiversité génétique a pour origine des mutations qui créent les divers allèles d'un même gène, différant les uns des autres par de minimes changements dans la séquence nucléotidique.

Chapitre

4

La biodiversité change au cours du temps

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Les changements de la biodiversité visibles sur des temps courts
3. L'évolution de la biodiversité passée relatée sur des temps longs par l'étude des fossiles
4. L'action de l'Homme sur la biodiversité

1 Introduction

On estime de nos jours que la biodiversité compte entre 8 à 12 millions d'espèces, tandis que 18 000 nouvelles espèces sont décrites par an.

? PROBLÉMATIQUE

Au sein d'une biodiversité apparente, quels changements décèle-t-on aux différentes échelles de temps ?

2 Les changements de la biodiversité visibles sur des temps courts

2.1 Une évolution rapide des populations

Les lézards de Pod Mrcaru sont la preuve vivante de l'évolution rapide d'une espèce. Trente-trois ans après l'introduction de 5 couples de l'espèce *Podarcis sicula* sur cette île à partir d'une île voisine, les scientifiques ont pu constater des modifications assez spectaculaires de leurs caractéristiques physiques. Les lézards (désormais au nombre de 1000 !) sont plus gros, leurs mâchoires sont plus volumineuses, leurs pattes sont plus petites et leur estomac comporte une valve inexistante chez les couples d'origine. L'évolution a permis, en seulement trente générations, l'apparition d'individus très différents et mieux adaptés à leur nouvel environnement.

2.2 L'apparition rapide de nouvelles espèces

Trois ans seulement après l'éruption du volcan sous-marin Tagoro, dans les îles Canaries, une nouvelle bactérie filamenteuse, surnommée « cheveux de Venus » (*Thiolava veneris*) tapissait le cratère !

Le tableau ci-dessous résume le nombre moyen d'espèces nouvelles décrites annuellement, sur dix ans, pour la période 1978-1987 :

Groupe	Nombre d'espèces décrites par an entre 1978 et 1987
Mammifères	26
Oiseaux	5
Insectes	7222
Arachnides	1350
Mollusques	366
Champignons	1700

Tableau 4.1 – Exemples de groupes montrant des variations plus ou moins rapides de la biodiversité

À RETENIR

La biodiversité évolue en permanence. Cette évolution est observable sur de courtes échelles de temps. Elle se manifeste par la variation de la diversité génétique et de la diversité spécifique.

3 L'évolution de la biodiversité passée relatée sur des temps longs par l'étude des fossiles

3.1 L'apparition et la disparition d'espèces : taux de routine versus crises

L'inventaire des espèces actuelles ne représente qu'un « instantané » de la biodiversité. En effet, la durée de vie moyenne d'une espèce est d'environ un million

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

d'années et 99 % des espèces qui ont vécu sur Terre sont aujourd'hui éteintes. Les extinctions se sont faites selon un taux de routine, et, parfois plus massivement, à l'occasion de crises biologiques. La paléontologie (étude des fossiles) est utile pour avoir une représentation des espèces présentes à telle ou telle époque.

3.2 De grandes crises biologiques : l'exemple de la crise Crétacé-Paléocène

Certaines crises biologiques entraînent la disparition brutale et simultanée de nombreuses espèces dans de nombreux groupes ou parfois de groupes entiers. Il s'agit de crises biologiques majeures. Les scientifiques ont identifié 5 crises majeures à l'aide des archives paléontologiques, pour les 500 derniers millions d'années,

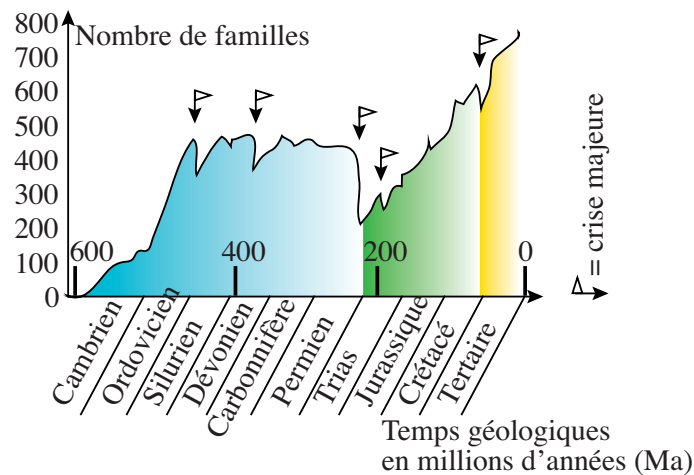


Figure 4.1 – Les cinq grandes crises, dont la crise Crétacé-Paléocène

La crise marquant le passage du Crétacé au Paléocène il y a 65 millions d'années est associée à la disparition totale des dinosaures et la raréfaction de micro-organismes marins : les Foraminifères. Cette crise a été suivie de la diversification des Mammifères. Ses origines les plus probables sont les impacts météoritiques et une éruption volcanique de grande ampleur.

Voir tableau page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Foraminifères		Crétacé supérieur						Paléocène		
Groupes	Genres	Cénomanien	Turonien	Coniacien	Santonien	Campanien	Maastrichtien	Danien	Montien	Thanétien
Hétérohélicidés	Heterohelix									
	Pseudotextularia									
	Racemiguembelina									
Globotruncanidés	Hedbergella									
	Globotruncana									
	Abathomphalus									
Globigérinidés	Globigerina									
Globorotalidés	Globorotalia									

Tableau 4.2 – Renouveau des Foraminifères marins au passage de la crise Crétacé-Paléocène.

 Retrouvez les cinq grandes crises biologiques en vidéo avec 

À RETENIR

L'évolution de la biodiversité s'observe aussi sur des temps longs. L'étude des fossiles renseigne sur la biodiversité du passé et montre que les espèces actuelles représentent une infime partie du total des espèces ayant existé depuis les débuts de la vie.

Certaines époques sont marquées par des crises biologiques (extinctions massives suivies de diversification) responsables de modifications importantes de la biodiversité.

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

4 L'action de l'Homme sur la biodiversité

4.1 Quelques exemples illustrant l'effet de l'activité humaine sur la biodiversité

L'aménagement du territoire par l'Homme (pour l'habitat, les moyens de production et les réseaux de transport) conduit inéluctablement à la dégradation d'écosystèmes qui abritent une biodiversité.

La surexploitation de certaines espèces à des fins alimentaires les menace de disparition : en 2006, environ 30 % des espèces pêchées étaient déjà sur le point de disparaître, ce qui a nécessité le recours aux piscicultures dont certaines dégradent l'environnement.

Le réchauffement climatique actuel, d'origine humaine, modifie perceptiblement la biodiversité, en particulier celle des écosystèmes polaires et des milieux tropicaux.

La monoculture intensive peut conduire à un appauvrissement de la diversité des espèces et de la diversité génétique intraspécifique.

4.2 La crise actuelle de la biodiversité : une 6ème crise biologique ?

Chaque année, entre 17 000 et 100 000 espèces disparaissent de la Terre. La plupart des experts pensent qu'une extinction massive est déjà en cours et évoquent à ce propos une sixième grande crise biologique.

À RETENIR

De nombreux facteurs, dont l'activité humaine, causent des modifications de la biodiversité. L'Homme est tenu responsable de la crise actuelle de la biodiversité, souvent appelée par les auteurs scientifiques « 6^e crise biologique ».

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 71

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition.

- 1** La biodiversité :
- ☐ a se modifie au cours du temps uniquement sous l'influence de l'Homme ;
 - ☐ b se modifie naturellement au cours du temps ;
 - ☐ c ne connaît jamais de crises.
- 2** Lors d'une crise biologique :
- ☐ a toutes les espèces disparaissent ;
 - ☐ b aucune espèce n'apparaît ;
 - ☐ c de nombreuses espèces disparaissent.

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 71

Choisir, pour chaque question, celle des deux propositions qui est exacte :

- 1** Des espèces disparaissent :
- ☐ a en permanence ;
 - ☐ b uniquement lors des crises biologiques.
- 2** Après une crise biologique, on observe :
- ☐ a un appauvrissement de la biodiversité ;
 - ☐ b un enrichissement de la biodiversité.
- 3** L'Homme est probablement responsable :
- ☐ a de toutes les crises biologiques ;
 - ☐ b d'une sixième grande crise biologique.
- 4** La modification de la biodiversité :
- ☐ a prend forcément des millions d'années ;
 - ☐ b peut être rapide.

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

3 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 71

Répondez brièvement aux questions suivantes :

- 1 Les scientifiques parlent aujourd'hui d'« érosion de la biodiversité ». Justifiez cette expression à l'aide de quelques exemples
- 2 Expliquez comment les scientifiques reconstituent la biodiversité passée.

4 La biodiversité des oiseaux



15 min

Corrigé
p. 72

Lycée Clémenceau, Nantes

Des études menées en Angleterre font apparaître une modification de la biodiversité au sein des populations d'oiseaux sauvages. On mesure cela par le calcul de l'indice de diversité, un coefficient exprimant l'importance relative du nombre des espèces abondantes dans un milieu donné. Plus la proportion des espèces rares est forte et plus celle des espèces abondantes est réduite, plus l'indice de diversité est grand. L'indice est minimum quand tous les individus appartiennent à la même espèce ; il est maximum quand chaque individu représente une espèce distincte.

À l'aide des deux documents proposés, décrivez la modification de la biodiversité des oiseaux et proposez-en une explication.

Document 1

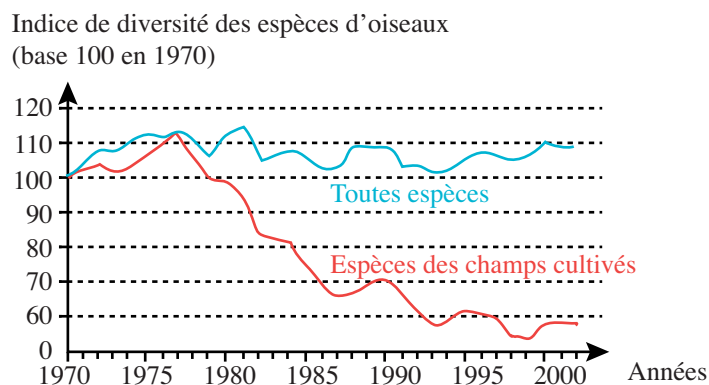


Figure 4.2 – Variations de l'indice de diversité des espèces d'oiseaux depuis 30 ans

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Document 2

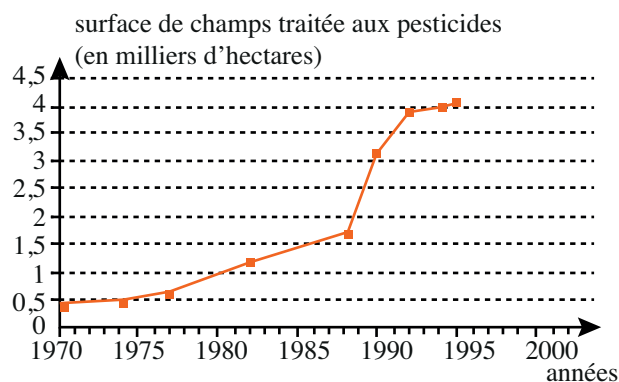


Figure 4.3 – Modifications des pratiques culturales depuis 30 ans

5 Fossiles et biodiversité passée



15 min

Corrigé
p. 72

Lycée JP Vernant, Sèvres

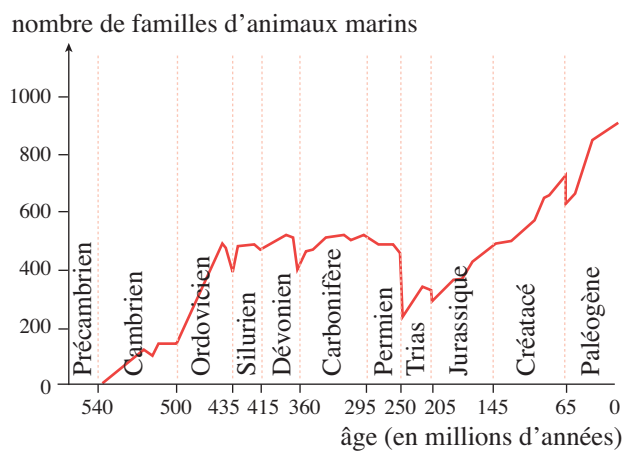


Figure 4.4 – Evolution du nombre de familles d'organismes marins connues depuis 540 millions d'années

Rechercher des fossiles est une activité difficile. La grande majorité des organismes sont décomposés après leur mort et disparaissent avant d'être fossilisés, et certaines espèces ne se fossilisent pas ou très mal (bactéries et champignons par exemple). En outre, plus les roches sont anciennes, plus elles sont rares à la surface de la Terre (elles disparaissent par érosion). Enfin, de nombreuses roches riches en fossiles sont enfouies sous des kilomètres d'autres roches.

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

- 1 Décrivez les variations de la biodiversité marine au cours du temps et placez sur le graphique la crise majeure.
- 2 D'après le texte accompagnant le graphique, quelle est notre connaissance de la biodiversité passée ?
- 3 La biodiversité actuelle est-elle plus importante qu'il y a 100 millions d'années ? Justifiez.

6 Une crise majeure



10 min

Corrigé
p. 73

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

Le document proposé indique l'évolution au cours du temps du nombre de familles dans quatre grands groupes entre -300 millions d'années (Ma) et -200 millions d'années (Ma).

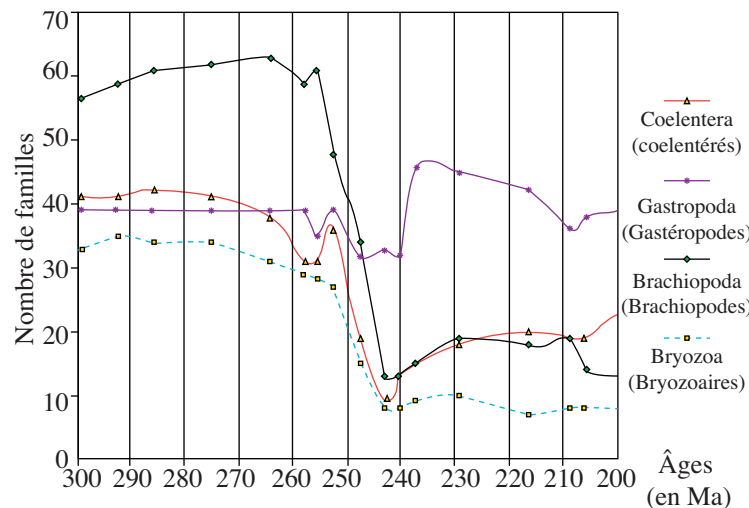


Figure 4.5 – Evolution du nombre de familles d'organismes marins connues depuis 540 millions d'années

- 1 Comparer pour le groupe des Bryozoaires, sa biodiversité il y a 300 Ma et celle d'il y a 200 Ma. Même question pour le groupe de Coelentérés.
- 2 Montrer, en justifiant la réponse, qu'une crise biologique est survenue pendant la période étudiée. Indiquer la date de cette crise sur le document.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

7 La biodiversité actuelle en crise



10 min

Corrigé
p. 74

Nouveau programme

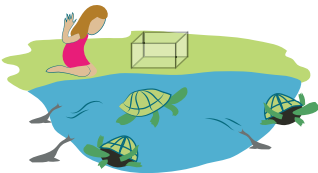
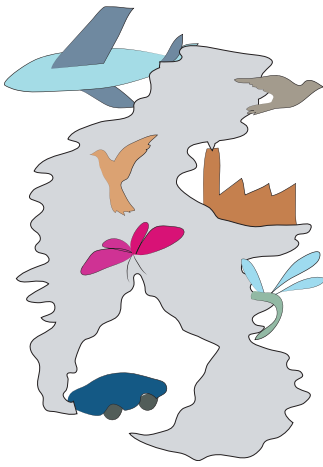
D'après le site de la Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'Homme,
« Les espèces comme les individus naissent, se développent et s'éteignent. Aujourd'hui, le rythme d'extinction s'est accéléré de 1000 à 10000 fois, entraînant un appauvrissement du vivant. Depuis toujours, l'Homme modifie l'environnement à son profit en le considérant comme une ressource inépuisable. Aujourd'hui, l'impact des activités humaines est tel qu'il préfigure une nouvelle vague d'extinction des espèces. »

Il existe quatre principales causes de perte de biodiversité (voir tableau ci-dessous et page suivante).

Pour chacune des quatre causes présentées, précisez brièvement en quoi elle appauvrit la biodiversité.

Cause	Illustration
Destruction des habitats et modification des milieux En France, la surface couverte par les aménagements routiers est supérieure à celle des espaces protégés.	
Prélèvement excessif et surexploitation des ressources Trafic d'animaux et de plantes menacés, poissons surexploités par une pêche non sélective, etc).	

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

Cause	Illustration
Introduction d'espèces exotiques invasives Tortue de Floride, jacinthe d'eau, grenouille taureau, ragondin, etc. qui se développent aux dépens des espèces locales.	
Réchauffement climatique global et modification des aires de répartition des espèces Certains envahissent de nouvelles régions, d'autres disparaissent.	

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

8 Coraux

Lycée Colbert, Paris



10 min

→ Corrigé
p. 74

Les récifs de coraux font partie des hot spots de la biodiversité. Le document ci-après présente des informations sur le métabolisme des coraux. À partir du tableau de mesures et d'une représentation graphique appropriée, décrivez l'évolution de l'activité photosynthétique en fonction de la température du milieu de vie du corail puis déterminez la (les) température(s) la (les) plus favorable à la croissance du corail.

Document

Informations sur les coraux :

Les récifs de coraux abritent plus d'un tiers des espèces de poissons. Ils sont aujourd'hui gravement menacés de destruction par la pêche, la pollution et les espèces invasives. Les coraux sont des animaux fixés. Ils s'alimentent grâce à une algue microscopique qui vit en étroite association avec eux. En présence de lumière et de matières minérales, cette algue produit des sucres : c'est la photosynthèse. Elle transmet une partie de ces sucres au corail. La

INTERROS

température du milieu de vie naturel des coraux est 32°C.

Température en °C	34	30	33	28	32
Activité de la photosynthèse en % du maximum	20	95	70	75	100

Tableau 4.3 – Mesures expérimentales de l'activité de photosynthèse des algues associées aux coraux à différentes températures

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

1 V/F Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 64

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | ☐ a Faux. | 2 | ☐ a Faux. |
| | ☐ b Vrai. | | ☐ b Faux. |
| | ☐ c Faux. | | ☐ c Vrai. |

2 QCM Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 64

- 1 Affirmation vraie : ☐ a.
- 2 Affirmation vraie : ☐ b.
- 3 Affirmation vraie : ☐ b.
- 4 Affirmation vraie : ☐ b.

3 Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 65

- 1 Les scientifiques parlent d'« érosion de la biodiversité » pour désigner l'extinction importante d'espèces observée au cours des dernières décennies. On peut argumenter ce concept d'érosion à l'aide de quelques exemples :
 - Chaque année, entre 17000 et 100000 espèces disparaissent de la Terre. C'est bien supérieur au « taux de routine » d'extinction des espèces, ce qui fait que la plupart des experts pensent qu'une extinction massive est déjà en cours et parlent à ce propos d'une sixième grande crise biologique.
 - À titre d'exemple, la surexploitation de certaines espèces à des fins alimentaires les menace de disparition : en 2006, environ 30 % des espèces pêchées étaient déjà sur le point de disparaître, ce qui a nécessité le recours aux piscicultures. On peut citer actuellement la menace bien connue pesant sur le thon rouge.
 - Le réchauffement climatique actuel, d'origine humaine, modifie perceptiblement la biodiversité, en particulier celle des écosystèmes polaires et des milieux tropicaux.
 - La monoculture intensive peut conduire à un appauvrissement de la diversité des espèces et de la diversité génétique intra-spécifique.
- 2 Pour reconstituer la biodiversité passée, les scientifiques s'intéressent aux fossiles, c'est-à-dire aux restes d'animaux (coquille, carapace, os, dent ...) ou de végétaux (feuilles, pollens, graines...), ou bien leur empreinte (moulage), conservés dans les matériaux géologiques. Connaissant l'âge du matériau renfermant le fossile, on a une représentation de la période de vie de l'espèce correspondante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4 La biodiversité des oiseaux

Enoncé
p. 65

Lycée Clémenceau, Nantes

Pour décrire la modification de la biodiversité des oiseaux, on utilise le document 1 qui présente l'évolution du nombre total d'espèces d'oiseaux ainsi que celui du nombre d'espèces des champs cultivés en Grande-Bretagne entre 1970 et 2000. On peut faire les observations suivantes :

- le nombre total d'espèces d'oiseaux a oscillé autour d'une valeur stable (indice de diversité égal à 110) entre les années 1970 et 2000 ;
- par contre, le nombre d'espèces d'oiseaux des champs cultivés montre une évolution différente : à partir de 1975, le nombre d'espèces a régulièrement diminué dans la mesure où l'indice de diversité est passé de 110 à moins de 60 durant cette période.

Pour trouver une explication à la diminution de la biodiversité des oiseaux des champs cultivés, on utilise le document 2. Le graphe proposé indique l'évolution de la surface de champs traités aux pesticides entre 1970 et 1995. On peut voir qu'avant 1975 une très petite surface de champs était traitée aux pesticides : moins de 0,5 milliers d'hectares. A partir de 1975 et jusqu'en 1995, la surface des champs traités aux insecticides devient de plus en plus importante. En 1995, il a y 4 milliers d'hectares de champs traités aux pesticides.

Les deux graphes montrent donc des variations corrélées : la diminution du nombre d'espèces d'oiseaux des champs cultivés se fait parallèlement à l'utilisation croissante de pesticides pour les cultures. On peut facilement établir que les pesticides répandus sur les cultures ont eu un effet négatif sur les oiseaux vivant dans les écosystèmes « champs » et ont occasionné la disparition d'un certain nombre d'espèces de ces oiseaux.

5 Fossiles et biodiversité passée

Enoncé
p. 66

Lycée JP Vernant, Sèvres

- 1 Selon le graphique proposé, entre -550 Ma (millions d'années) et 0 Ma la biodiversité marine a globalement augmenté. Alors qu'il n'existait pratiquement pas de familles d'organismes marins avant le Cambrien, leur nombre a augmenté (jusqu'à 500 familles) entre -540 Ma et -435 Ma. Une grande crise biologique est survenue il y a 250 Ma, à la limite entre le Permien et le Trias, faisant disparaître environ 200 familles d'organismes marins. Ensuite, entre -250 Ma et 0 Ma, le nombre de familles a de nouveau augmenté, jusqu'à 850 familles actuellement.
- 2 Le texte d'accompagnement de la figure nous précise que la plupart des organismes, après leur mort, échappent à la fossilisation, et que certains fossiles sont enfouies en profondeur (donc inaccessibles) en même temps que les roches qui les hébergent. De plus, des roches (dont celles

LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

contenant des fossiles) disparaissent lors de l'érosion. Par conséquent, les fossiles sont plutôt rares et notre connaissance de la biodiversité passée est de ce fait incomplète.

- 3** Selon le graphique, il y a 100 millions d'années il y avait sur Terre environ 550 familles d'organismes marins tandis qu'il y a 850 familles aujourd'hui. On peut donc dire que la biodiversité actuelle est plus importante qu'il y a 100 millions d'années.

6 Une crise majeure

→ Enoncé
p. 67

Lycée Richelieu, RUEIL-MALMAISON

- 1** Il y a 300 millions d'années (Ma), il y avait sur Terre environ 33 familles de Bryozoaires alors qu'il en reste moins de 8 il y a 200 Ma. Pour ce qui est des Cœlentérés, il y en avait environ 42 familles il y a 300 Ma et environ 20 familles il y a 200 Ma.
- 2** On voit qu'il y a environ 245 Ma, pour de nombreux groupes, le nombre de familles a varié de manière synchrone et brutale. Cette modification profonde du monde vivant correspond à une crise biologique. On la repère ici par une diminution importante du nombre de familles de Brachiopodes, de Bryozoaires et de Cœlentérés, suivie d'une augmentation sensible du nombre de famille des Gastéropodes.

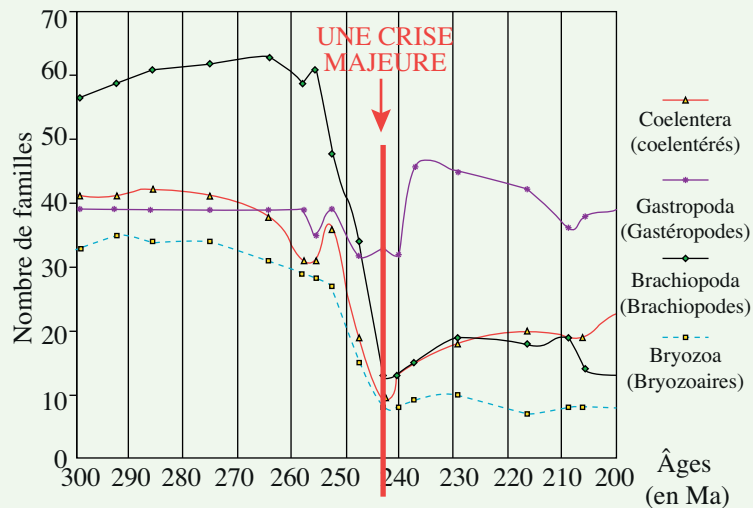


Figure 4.6 – Repérage d'une grande crise biologique

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

7 La biodiversité actuelle en crise

Enoncé
p. 68

Nouveau programme

Pour chacune des 4 causes présentées, voici sous la forme d'un tableau son lien avec l'appauvrissement de la biodiversité :

CAUSE	CONSEQUENCE SUR LA BIODIVERSITE
Destruction des habitats et modification des milieux	Cette activité humaine appauvrit la biodiversité car l'urbanisation, en détruisant les écosystèmes naturels, supprime des milieux de vie pour les espèces.
Prélèvement excessif et surexploitation des ressources	Cette activité humaine appauvrit la biodiversité car le prélèvement important d'individus d'une espèce (pêche) peut conduire à la disparition de cette espèce.
Introduction d'espèces exotiques invasives	Cette activité humaine appauvrit la biodiversité car les espèces introduites peuvent entrer en compétition avec les espèces locales et les faire disparaître.
Réchauffement climatique global	Cette conséquence de l'activité humaine appauvrit la biodiversité car des espèces qui ne sont pas adaptées aux nouvelles conditions climatiques peuvent disparaître.

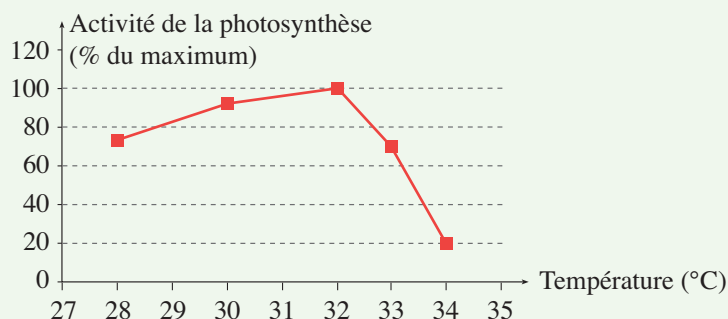
Figure 4.7 – Action humaine et appauvrissement de la biodiversité

8 Coraux

Enoncé
p. 69

Lycée Colbert, Paris

À partir du tableau de mesures, on construit le graphique donnant l'activité photosynthétique en fonction de la température du milieu de vie :



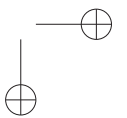
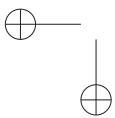
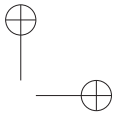
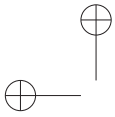
LA BIODIVERSITÉ CHANGE AU COURS DU TEMPS • CHAP. 4

La construction réalisée fait apparaître que l'activité photosynthétique des algues hébergées dans les coraux est dépendante de la température. Entre 28 et 32°C, l'activité photosynthétique est d'autant plus importante que la température est importante. Au delà de 32°C, l'activité photosynthétique décroît lorsque la température augmente. Comme les algues fournissent au corail une partie des sucres qu'elles fabriquent lors de la photosynthèse, la température la plus favorable à la croissance du corail est celle correspondant à l'activité photosynthétique maximale. Il s'agit donc de la température de 32°C.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Chapitre

5

Forces évolutives et modification de la biodiversité des populations

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Dérive génétique et modification aléatoire de la diversité d'une population
3. Sélection naturelle et modification orientée de la diversité d'une population
4. Une variante de la sélection naturelle : la sélection sexuelle
5. La naissance de nouvelles espèces
6. Vue d'ensemble de l'influence des forces évolutives sur la biodiversité

1 Introduction

Lorsqu'il s'agit de diversité allélique, on évoque non seulement l'existence de plusieurs allèles pour un même gène, mais aussi la prise en compte quantitative de la répartition plus ou moins importante de ces allèles dans une population. Par exemple, la répartition des allèles A, B et O du gène impliqué dans le déterminisme des groupes sanguins n'est pas la même dans les différentes populations du monde :

Population	Fréquence de l'allèle A	Fréquence de l'allèle B	Fréquence de l'allèle O
Argentins	0,007	0	0,993
Australiens	0,306	0	0,694
Français	0,276	0,008	0,632
Chinois	0,220	0,201	0,580

Tableau 5.1 – Abondance relative des trois allèles du système ABO dans différentes populations humaines
(l'abondance est ici évaluée par la fréquence allélique)

La diversité allélique quantifiée ici par la fréquence de chaque allèle, c'est-à-dire

le nombre d'exemplaires de l'allèle dans la population rapporté au nombre total d'allèles dans la population semble plus ou moins prononcée d'une population à l'autre ce qui amène à envisager l'existence de mécanismes influençant les proportions des allèles postérieurement aux mutations qui leur ont donné naissance.

2 PROBLÉMATIQUE

Quelles sont les forces évolutives responsables des modifications des populations, et en particulier de la modification de leur biodiversité génétique ?

2 Dérive génétique et modification aléatoire de la diversité d'une population

Au sein d'une population, tous les individus ne transmettent pas systématiquement leurs allèles à leur descendance. À fécondité identique, certains individus ne participent pas à la reproduction tandis que certains individus font un peu plus de descendants que d'autres. On peut faire le pari que cela va influencer les fréquences alléliques.

Des outils mathématiques existent qui permettent de simuler l'évolution de la fréquence des allèles d'un gène au cours des générations successives. Dans la simulation illustrée ci-après, on choisit une population initiale de 1000 individus dans laquelle la fréquence initiale de l'allèle A1 est 0,5. On suit l'évolution de la fréquence de l'allèle A1 au cours de 100 générations.

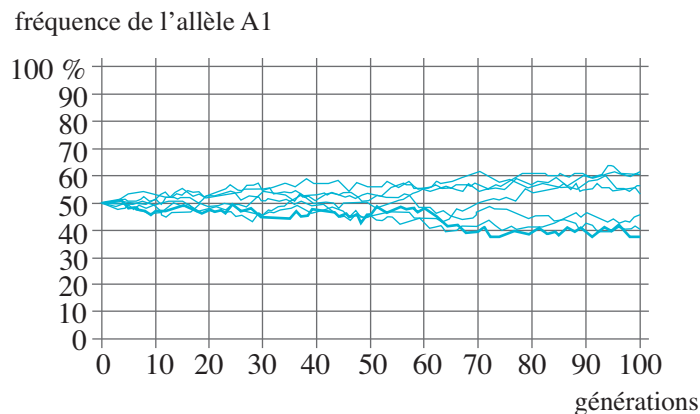


Figure 5.1 – Simulation du devenir d'un allèle au sein d'une population d'effectif important (différents essais) avec le logiciel « Evolution allélique »

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

On observe -pour chaque essai - une modification de la fréquence allélique, donc une modification de la diversité allélique au cours du temps.

Des essais différents -sans aucune modification des paramètres de la simulation- donnant des résultats différents, il est possible d'affirmer que la modification de la diversité allélique est aléatoire. On parle de dérive génétique.

En jouant sur l'effectif de la population, on observe que les variations de fréquence alléliques sont plus importantes dans le cas de simulations où l'on a paramétré un petit nombre d'individus (dans la simulation présentée ci-après, 50 individus formaient la population initiale) :

fréquence de l'allèle A1



Figure 5.2 – Simulation du devenir d'un allèle au sein d'une population d'effectif faible avec le logiciel « Evolution allélique »

➔ À RETENIR

La *dérive génétique* est une modification aléatoire de la fréquence des allèles au sein d'une population au cours des générations successives. Elle se produit de façon plus rapide lorsque l'effectif de la population est faible.

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

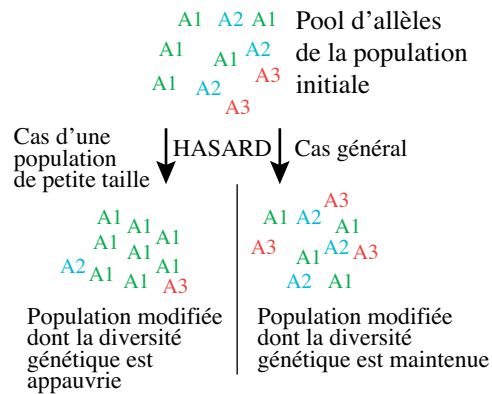


Figure 5.3 – Une représentation de la dérive génétique

3 Sélection naturelle et modification orientée de la diversité d'une population

On peut s'appuyer sur l'exemple de l'escargot des haies, espèce chez laquelle les couleurs et le nombre des bandes de la coquille sont très variés.



Figure 5.4 – Des phénotypes différents chez l'escargot des haies

Dans un même lieu, vit un mélange d'individus différents. Toutefois, la répartition des différents phénotypes n'est pas la même d'un milieu à l'autre :

Voir tableau page suivante.

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

Milieus	Coquilles jaunes	Coquilles rayées
haies	environ 70 %	environ 70 %
hêtraies	environ 20 %	environ 20 %
chênaies	environ 20 %	environ 40 %

Tableau 5.2 – Distribution des phénotypes dans différents milieux chez l'escargot des haies

Une telle variation dans la répartition des phénotypes révèle une variation de la diversité allélique d'un milieu à l'autre. On doit faire intervenir la prédation et un mécanisme de sélection naturelle pour expliquer cela.

Les grives sont des prédateurs des escargots, qu'elles capturent puis cassent sur des pierres ou des souches afin de les consommer. D'une manière générale, dans les habitats où les grives sont présentes, les coquilles très voyantes -donc facilement repérables- sont moins abondantes que les coquilles plus discrètes. Par exemple, en forêt, les grives repèrent plus facilement les escargots à coquille claire, et elles voient mieux les escargots sans bande, parce que les bandes masquent la forme générale de la coquille. Autrement dit, posséder l'allèle CB responsable de la couleur marron de la coquille et/ou l'allèle B responsable de la présence de bandes est avantageux dans les écosystèmes forestiers. Les individus porteurs de ces allèles sont moins facilement repérables par leur prédateur, ils ont donc une plus grande probabilité de survie et participent davantage à la reproduction que les autres individus. Les allèles en question se répandent donc davantage. On parle de sélection naturelle pour désigner le fait que des facteurs environnementaux favorisent certains phénotypes et exercent ainsi une influence sur la fréquence des allèles en conférant un avantage aux individus qui sont porteurs d'un allèle particulier.

À RETENIR

La sélection naturelle résulte de la pression du milieu et des interactions entre les organismes. Elle conduit au fait que certains individus auront une descendance plus nombreuse que d'autres dans certaines conditions.

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

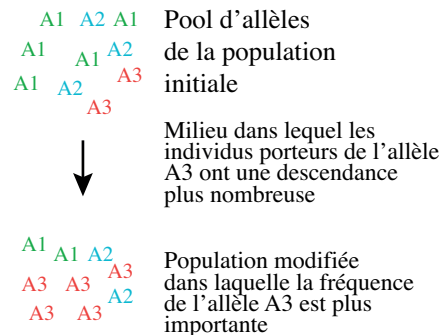


Figure 5.5 – Une représentation de la sélection naturelle

4 Une variante de la sélection naturelle : la sélection sexuelle

La nature actuelle renferme un certain nombre d'espèces chez lesquelles persistent des caractères étonnants. Par exemple, les rhinolophes de Mehely poussent des cris extrêmement aigus alors que ce trait de caractères défavorise la chasse des papillons de nuit dont cette espèce de chauve-souris s'alimente. La persistance d'un cri très aigu de génération en génération chez les rhinolophes de Mehely tient au fait que les femelles sont davantage attirées par les mâles poussant des cris très aigus. On est en présence d'une sélection naturelle particulière qui maintient les individus de l'espèce en favorisant leur reproduction mais pas leur survie.

À RETENIR

On peut définir la sélection sexuelle comme une sous-catégorie de sélection naturelle. Malgré le désavantage qu'ils confèrent du point de vue de la survie, certains caractères sont sélectionnés par les partenaires sexuels et transmis aux descendants parce que le succès reproducteur qu'ils procurent l'emporte sur le désavantage qu'ils confèrent en termes de survie.

5 La naissance de nouvelles espèces

Au cours du temps, les populations se séparent en sous-populations qui, sous l'influence de la sélection naturelle et de la dérive génétique, évoluent indépendamment l'une de l'autre. Des différences s'accumulent qui, au fur et à mesure du temps, empêchent la reproduction. Les causes de la séparation de deux sous-populations peuvent être géographiques (par exemple, migration d'une sous-population dans un environnement différent) ou non (par exemple, incompatibilité des reproductions).

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

 Retrouvez les naissances de nouvelles espèces en vidéo avec 

À RETENIR

La séparation des sous-populations d'une même espèce est à l'origine d'événements de spéciation, c'est-à-dire de la formation de nouvelles espèces.

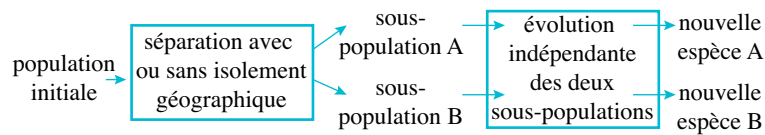


Figure 5.6 – Une représentation des modalités de la spéciation

6 Vue d'ensemble de l'influence des forces évolutives sur la biodiversité

Le synopsis ci-après reprend l'ensemble des mécanismes s'exerçant sur la biodiversité d'une population.

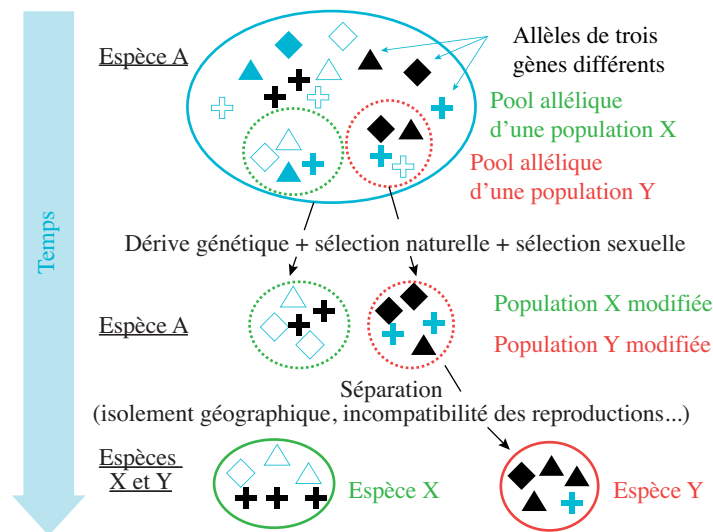


Figure 5.7 – Des forces évolutives à la spéciation

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 94

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition.

- 1** Les forces évolutives qui modifient la biodiversité d'une population sont :
 - a** la dérive génétique et la sélection naturelle ;
 - b** la dérive génétique et la spéciation ;
 - c** la sélection naturelle et la spéciation.
- 2** La spéciation à partir de deux sous-populations :
 - a** nécessite toujours un isolement géographique ;
 - b** nécessite toujours un isolement reproducteur ;
 - c** aboutit à de nouvelles espèces.

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 94

Repérez les affirmations inexactes.

- 1** La sélection sexuelle :
 - a** est une variante de la dérive génétique ;
 - b** est une variante de la sélection naturelle ;
 - c** est une variante de la spéciation.
- 2** Dans une population soumise à la sélection sexuelle :
 - a** seuls les caractères avantageux en terme de survie se répandent dans la population ;
 - b** seuls les caractères avantageux en terme de reproduction (attraction du partenaire sexuel) se répandent dans la population ;
 - c** certains caractères sont sélectionnés par les partenaires sexuels et transmis aux descendants parce que le succès reproducteur qu'ils procurent l'emporte sur le désavantage qu'ils confèrent en terme de survie.
- 3** La dérive génétique :
 - a** est due à la pression environnementale ;
 - b** est due au hasard ;
 - c** joue davantage sur les populations constituées de nombreux individus ;
 - d** joue davantage sur les populations constituées de peu d'individus.

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

3 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 94

Qui suis-je ?

- a** Le processus par lequel de nouvelles espèces apparaissent.
- b** La modification aléatoire de la diversité génétique d'une population au cours du temps.
- c** Le mécanisme par lequel la pression du milieu influence la diversité génétique d'une population.

4 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 94

Répondez brièvement aux questions suivantes :

- 1** Présentez les deux mécanismes responsables de la modification de la biodiversité d'une population au cours du temps.
- 2** Présentez comment naissent les nouvelles espèces.

5 Dérive génétique et sélection naturelle



10 min

Corrigé
p. 95

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

Des élèves de seconde souhaitent expérimenter à propos des mécanismes de l'évolution. Pour cela, des populations de drosophiles sont élevées au laboratoire dans des « cages à populations ». Ces animaux ont un cycle de reproduction très court, propice à leur élevage.

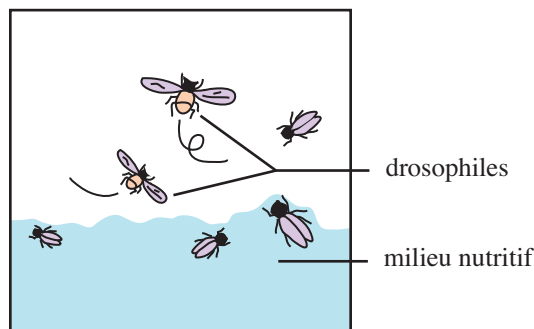


Figure 5.8 – Schéma d'une cage à population

Pour chaque expérience détaillée dans le document (voir page suivante), trouvez, en justifiant la réponse, le protocole pertinent.

Voir document page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Document

Expérience 1 : On veut mettre en évidence le phénomène de dérivation génétique en suivant le devenir d'un gène représenté par deux allèles.

Choix de protocoles :

- 1.1- Compter régulièrement pour chaque cage la fréquence de chacun des deux allèles.
- 1.2- Elever dans une cage des drosophiles possédant un allèle et dans une autre cage les drosophiles possédant l'autre allèle de manière à éviter leur croisement.
- 1.3- Faire varier la quantité de nourriture dans les différentes cages et comparer les effectifs obtenus.

Expérience 2 : On s'intéresse au phénomène de sélection naturelle. On veut savoir si un facteur de l'environnement comme la luminosité peut faire fluctuer la fréquence des allèles.

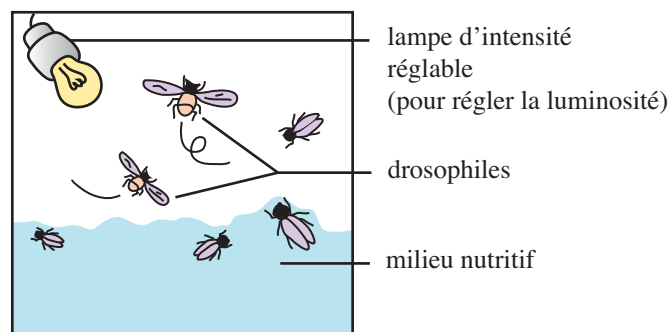


Figure 5.9 – Cage à population permettant de tester l'influence de la luminosité

Choix de protocoles :

- 2.1- Elever des drosophiles dans des différentes cages en choisissant pour chaque cage une alimentation différente. Compter au bout du même temps pour chaque cage la fréquence de chacun des deux allèles.
- 2.2- Elever des drosophiles dans des différentes cages en choisissant pour chaque cage une luminosité différente. Compter au bout du même temps pour chaque cage la fréquence de chacun des deux allèles.
- 2.3- Elever des drosophiles dans des différentes cages en choisissant pour chaque cage une luminosité différente et une fréquence initiale différente pour les allèles. Compter au bout du même temps pour chaque cage la fréquence de chacun des deux allèles.

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

6 La biodiversité insulaire



10 min

Corrigé
p. 95

Lycée Hoche, Versailles

Les îles renferment une biodiversité originale avec de nombreuses espèces endémiques. Lors de sa création une île est vierge de toute vie mais très vite, des individus viennent la coloniser. Les populations qui s'installent sont de petite taille et évoluent rapidement.

Le graphe ci-après correspond à une comparaison de la diversité génétique des populations insulaires, comparée à celle des populations continentales : plus l'indice est élevé, plus il y a d'allèles différents dans la population.

Après avoir comparé la diversité génétique entre îles et continents, expliquez la diversité génétique observée.

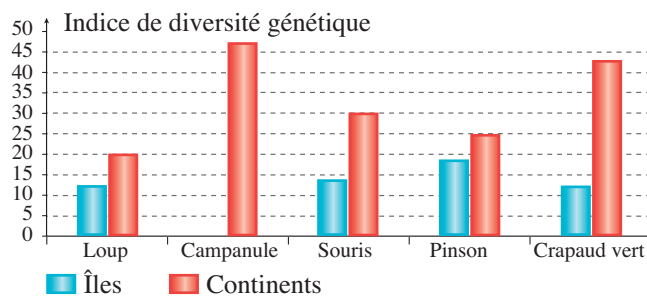


Figure 5.10 – Indice de diversité génétique dans les îles et sur les continents

7 Une nouvelle espèce de moustique



10 min

Corrigé
p. 96

Lycée Hoche, Versailles

« On a découvert dans le métro de Londres une population de moustique particulière. Si la population en question est bien de l'espèce *Culex pipiens* (la même espèce qui vit dans Londres), la forme trouvée dans le métro est appelée *Culex pipiens molestus* car elle présente un certain nombre de différences avec ses congénères vivant à l'air libre. Ainsi, la forme à l'air libre se nourrit essentiellement du sang d'oiseaux, alors que la forme *molestus* se nourrit du sang de mammifères (rats, souris, passagers du métro !). La forme à l'air libre ne se reproduit qu'en milieu ouvert et la ponte nécessite un repas de sang, tandis que, chez *molestus*, la copulation se fait en milieu confiné et la ponte ne nécessite pas de repas préalable.

Des analyses faites au laboratoire montrent une séparation nette entre les deux populations, mais, plus étonnant encore, au sein de la forme *molestus*, on observe des différences entre les groupes selon les lignes de métro !

Cette différenciation génétique s'est produite en moins d'un siècle, ceci pourrait être lié à deux phénomènes propres aux conditions de vie dans le métro : les températures y sont douces même en hiver, ce qui permettrait d'observer

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

plusieurs cycles reproductifs par an ; de plus les milieux confinés entraînent une dérive génétique qui favorise la spéciation. »

À partir de ce texte :

- 1 Montrez que les moustiques du métro de Londres forment une espèce à part entière.
- 2 Indiquez les étapes ayant pu conduire à l'apparition de nouvelles espèces.

8 Activités humaines et sélection naturelle ★★ ★ 15 min ➔ Corrigé p. 96

Nouveau programme

De nos jours, les scientifiques sont préoccupés par l'influence des activités humaines sur la biodiversité et mènent de nombreuses études à ce sujet. L'une de ces études porte sur une population d'hirondelles nichant aux abords d'une autoroute du Nebraska. Les scientifiques, qui soupçonnent une influence de l'urbanisation sur la morphologie des hirondelles, ont mesuré pendant une vingtaine d'années la longueur des ailes des hirondelles dans la cohorte d'hirondelles tuées par des voitures sur l'autoroute et dans la population générale des hirondelles. On précise que les ailes moins longues et plus recourbées rendent plus aisée, pour les hirondelles, la manœuvre d'évitement des voitures.

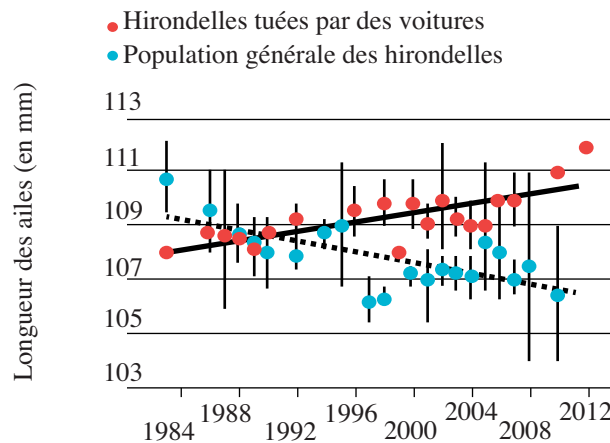


Figure 5.11 – Graphique à deux ordonnées des résultats de l'étude menée pendant deux décennies (Source : Sciences et Vie janvier 2019)

Voir questions page suivante.

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

- 1 Décrivez l'évolution de la biodiversité des hirondelles entre 1984 et 2012 au Nebraska.
- 2 Montrez que cette évolution est corrélée à l'activité humaine
- 3 Expliquez, à l'aide des connaissances sur les forces évolutives, la modification de la morphologie de la population d'hirondelles.

9 Papillon et sélection naturelle



10 min

Corrigé
p. 97

Lycée Vernant, Sèvres

Le géomètre du bouleau est un papillon nocturne. Le jour, il se repose sur des troncs d'arbre. Il est alors exposé aux prédateurs (oiseaux). La couleur du corps du géomètre est un caractère héréditaire. En 1848, on remarqua pour la première fois, dans la région de Manchester (Angleterre), l'existence d'une forme de ce papillon au corps sombre. Sa fréquence augmenta progressivement, jusqu'à constituer 98 % des individus aux alentours de 1900. De 1960 à 1975, la fréquence de la forme claire augmenta, alors que celle de la forme sombre diminua, passant de 95 % à 82 %. On précise que forme sombre et forme claire peuvent se reproduire entre elles.

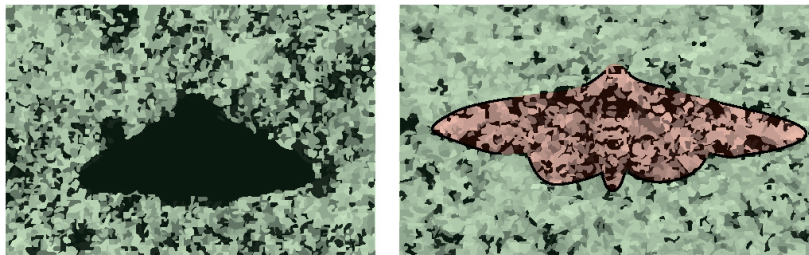


Figure 5.12 – Une forme sombre (à gauche) et une forme claire (à droite) du géomètre du bouleau, posées sur un tronc non pollué

L'Angleterre fut le premier pays au monde à connaître l'industrialisation, dès la fin du XVIII^e siècle. On utilisait alors massivement le charbon comme source d'énergie. Au milieu du XIX^e siècle, la pollution de l'air était déjà importante, et se traduisait notamment par le dépôt de particules sombres sur les troncs des arbres. À partir de 1960, des mesures ont été prises pour réduire cette pollution.

Après avoir décrit l'évolution de la fréquence de chacune des formes (claire et sombre) au cours de la période 1848-1975, vous expliquerez l'origine des changements de couleur des populations de papillons depuis 1848.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

10 Biodiversité et sélection naturelle



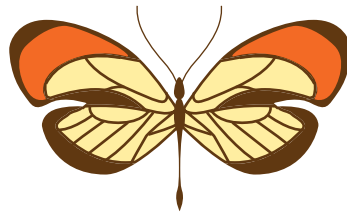
10 min

Corrigé
p. 97

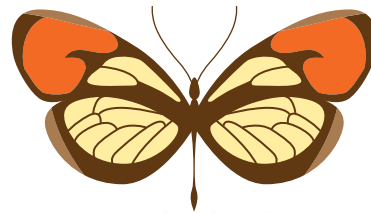
Lycée Vernant, Sèvres

La forêt amazonienne abrite deux espèces de papillons distinctes : *Napeogenes sylphis* et *Dismorphia theucharita* présentées sur la figure 5.13.

Une expérience a été menée dans une serre d'élevage contenant des *Napeogenes sylphis* et d'autres papillons comestibles nettement différents. Des oiseaux sont lâchés dans la serre.



Napeogenes sylphis
(Ithomiinae)



Dismorphia theucharita
(Pieridae)

Figure 5.13 – Les deux espèces de papillons présentes dans la forêt amazonienne

- On constate que les oiseaux consomment de moins en moins de *Napeogenes sylphis* qui les font vomir. Après deux ou trois « mauvaises expériences », les oiseaux ne les chassent plus.
- Lorsqu'on remplace *Napeogenes sylphis* par *Dismorphia theucharita*, les oiseaux ne les chassent plus.

À l'aide des documents, présentez le mimétisme et montrez son avantage pour ces espèces dans la forêt amazonienne.

11 Une sélection sexuelle



5 min

Corrigé
p. 98

Nouveau programme

Les paons mâles (voir illustration page suivante) sont dotés d'une queue énorme et colorée, qui leur permet de faire une roue très appréciée des paons femelles ! Lorsqu'un paon mâle « fait la roue », il étale en éventail les longues plumes de sa queue et tourne sur lui-même en les agitant pour faire admirer sa parure. Néanmoins, cette immense queue est responsable d'un surpoids et d'un encombrement qui ralentissent l'oiseau dans sa course et dans son vol. Il est donc plus vulnérable que ses congénères, aux prédateurs par exemple.

Expliquez la persistance de l'énorme queue du paon dans les populations, malgré le désavantage qu'elle confère.



Figure 5.14 – Un paon mâle

12 Chez l'escargot des dunes



30 min

Corrigé
p. 98

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

Theba pisana est une espèce d'escargot vivant en différents endroits des dunes littorales. On observe chez cette espèce des variations phénotypiques au niveau de la coquille.

Vous avez à votre disposition différents documents afin d'expliquer l'origine des variations de la fréquence des phénotypes d'escargots observés sur la dune au cours du temps. On rappelle que le phénotype est l'ensemble des caractéristiques exprimées par un organisme.

- 1 À partir des données du document 1, présentez la diversité allélique chez *Theba pisana*.
- 2 À partir des données du document 2, comparez la répartition des différents phénotypes entre 1960 et en 2007. Proposez une explication aux différences constatées.
- 3 Précisez votre explication à l'aide d'informations tirées du document 3.
- 4 Nommez le mécanisme révélé par cette étude et définissez-le.

Document 1

Document 1.a. : Différents phénotypes observés chez *Theba pisana*

Sur les différents végétaux de la dune, on peut observer des gastéropodes de la famille des Hélicidés (*Theba pisana*). Ils possèdent une coquille blanche-jaune, sur laquelle on peut observer différents motifs de bandes en spirales. La couleur des bandes détermine les motifs présents sur la coquille.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

		
Coquille unie-claire	Coquille à bandes sombres peu marquées	Coquille à bandes sombres très marquées

Figure 5.15 – Description des phénotypes

Document 1.b. : Variabilité du gène responsable de la couleur de la coquille chez *Theba pisana*

On admet qu'il existe un gène responsable de la couleur des bandes et que ce gène existe sous deux formes alléliques différentes : l'allèle B qui donne naissance à des bandes claires, et l'allèle N qui donne naissance à des bandes sombres. Les deux allèles B et N sont codominants ce qui signifie qu'ils s'expriment tous les deux dans le phénotype.

Document 2 : Répartition quantitative des différents phénotypes de *Theba pisana* sur une dune à deux époques différentes

Document 2.a. : Données pour l'année 1960

En 1960 la dune n'est pas exploitée, ni piétinée. Elle est peuplée uniquement par des oyats. On a recensé en 1960 les différents types de phénotypes d'escargots sur la dune dans la zone où poussent des oyats.

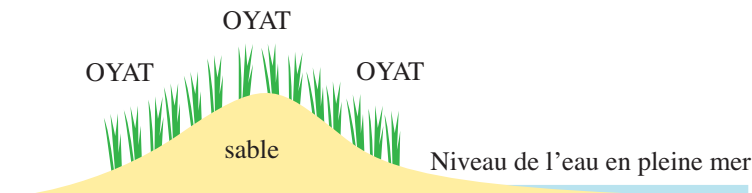


Figure 5.16 – Lieu de dénombrement des coquilles en 1960

Phénotype de <i>Theba pisana</i>	Zone à OYAT	
	Nombre	Pourcentage
Coquille unie-claire	50	18
Coquille à bandes peu marquées	80	30
Coquille à bandes foncées	140	52

Tableau 5.3 – Nombre et pourcentage de chaque phénotype de *Theba pisana* recensés dans la zone à oyats de la dune en 1960

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

Document 2.b. : Données pour l'année 2007

Après 1960, une partie de la dune a été aménagée en plage pour répondre à une demande touristique. La dune est désormais subdivisée en deux zones. On a recensé en 2007 les escargots sur la dune dans la zone 1 (zone où poussent des oyats) et dans la zone 2 (plage).

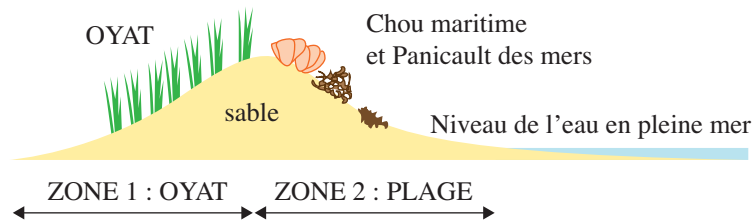


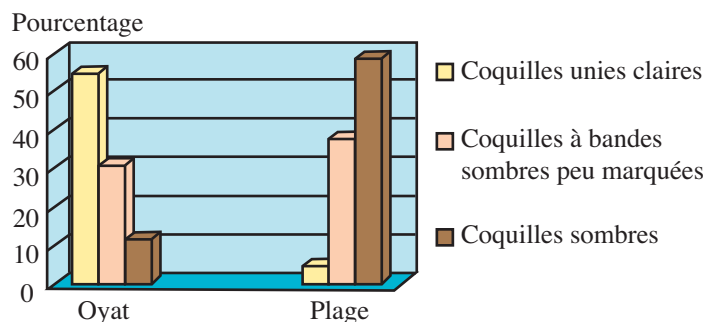
Figure 5.17 – Lieu de dénombrement des coquilles en 2007

Phénotypes de <i>Theba pisana</i>	Zone 1 : OYAT		Zone 2 : PLAGE	
	Nombre	%	Nombre	%
Coquille unie-claire	23	18	90	69
Coquille à bandes peu marquées	40	30	30	23
Coquille à bandes foncées	70	52	10	8

Tableau 5.4 – Nombre et pourcentage de chaque phénotype de *Theba pisana* recensés dans les zones 1 et 2 de la dune en 2007

Document 3 : Les prédateurs de *Theba pisana*

Certains oiseaux comme les grives du bord de mer se nourrissent de *Theba pisana*. Des études ont été réalisées pour déterminer les phénotypes des individus consommés par ces prédateurs dans les différentes zones de la dune.



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 84

- | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|---|----------------------------|-------|
| 1 | ☐ a | Vrai. | 2 | ☐ d | Faux. |
| | ☐ b | Faux. | | ☐ e | Vrai. |
| | ☐ c | Faux. | | ☐ f | Vrai. |

2 QCM Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 84

Affirmations inexactes :

- | | | | | |
|---|----------------------------|----|----------------------------|---|
| 1 | ☐ a | et | ☐ c | . |
| 2 | ☐ a | et | ☐ b | . |
| 3 | ☐ a | et | ☐ c | . |

3 Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 85

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| ☐ a | La spéciation. |
| ☐ b | La dérive génétique. |
| ☐ c | La sélection naturelle. |

4 Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 85

- 1 On connaît deux mécanismes responsables de la modification des fréquences des allèles d'un gène au cours du temps :
- L'un des mécanismes est la dérive génétique. Au sein d'une population, tous les individus ne transmettent pas systématiquement leurs allèles à leur descendance. À fécondité identique, certains individus ne participent pas à la reproduction tandis que certains individus font un peu plus de descendants que d'autres. Cela influence les fréquences alléliques. On parle de dérive génétique pour désigner cette modification aléatoire de la fréquence des allèles. Il est établi que la dérive génétique se produit de façon plus marquée lorsque l'effectif de la population est faible.
 - L'autre mécanisme est la sélection naturelle. Dans un certain environnement, il arrive que des individus, du fait de la possession de certains allèles, aient une plus grande probabilité de survie que d'autres. Ils participent donc davantage à la reproduction que les autres individus. Les allèles qu'ils possèdent se répandent davantage dans la population. L'expression « sélection naturelle » désigne le fait que des facteurs environnementaux favorisent certains phénotypes et exercent ainsi une

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

influence sur la fréquence des allèles en conférant un avantage aux individus qui sont porteurs d'un allèle particulier.

- 2** De nouvelles espèces peuvent naître car au cours du temps, les populations se séparent en sous-populations qui, sous l'influence de la sélection naturelle et de la dérive génétique, évoluent indépendamment l'une de l'autre. Des différences s'accumulent qui, à la longue, empêchent la reproduction. Les causes de la séparation de deux sous-populations peuvent être géographiques (par exemple, migration d'une sous-population dans un environnement différent) ou non (par exemple, l'incompatibilité des reproductions).

5 Dérive génétique et sélection naturelle

→ **Énoncé**
p. 85

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

On se penche sur la première expérience. Pour mettre en évidence le phénomène de dérive génétique en suivant le devenir d'un gène représenté par deux allèles, le protocole 1.1 est adapté tandis que les protocoles 1.2 et 1.3 ne sont pas adaptés. Avec le protocole 1.2, on ne part pas d'une diversité allélique initiale dans chaque cage, il ne pourra donc pas y avoir de dérive génétique. Avec le protocole 1.3, on introduit un facteur de variation (quantité de nourriture mise dans chaque cage) qui va influencer les effectifs des différentes drosophiles indépendamment de la dérive génétique.

On se penche ensuite sur la deuxième expérience. Pour mettre en évidence le phénomène de sélection naturelle en testant l'influence de la luminosité sur la fréquence des allèles, le protocole 2.2 est adapté tandis que les protocoles 2.1 et 2.3 ne sont pas adaptés. Avec le protocole 2.1, on ne teste pas l'influence de la luminosité mais celle de l'alimentation. Avec le protocole 2.3, on introduit un facteur de variation (modification des fréquences alléliques initiales) qui va influencer les effectifs des différentes drosophiles indépendamment de la luminosité.

6 La biodiversité insulaire

→ **Énoncé**
p. 87

Lycée Hoche, Versailles

D'après le graphe proposé on peut constater que pour les cinq espèces citées (loup, campanule, souris, pinson, crapaud vert) la diversité génétique des populations vivant sur les continents est plus importante que la diversité génétique des populations insulaires. Par exemple, chez le campanule, l'indice de diversité, qui mesure la diversité génétique, vaut 47 sur les continents alors qu'il n'est que de 26 sur les îles. Chez le loup, l'indice de diversité vaut 20 sur les continents alors qu'il n'est que de 7 sur les îles.

On sait que les populations qui s'installent sur les îles sont de petites tailles.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Cette situation (petits effectifs) est propice à une dérive génétique qui va entraîner au cours du temps une diminution de la fréquence voire une disparition de certains allèles. Pour cette raison, il y a davantage d'allèles différents dans les populations de continents que dans celle des îles.

7 Une nouvelle espèce de moustique

Enoncé
p. 87

Lycée Hoche, Versailles

Il est indiqué que la forme *molestus* se reproduit en milieu confiné alors que *Culex pipiens* ne se reproduit qu'en milieu ouvert. On est donc en présence de deux formes incapables de se reproduire entre elles, ce qui permet d'affirmer qu'il ne peut pas s'agir de la même espèce.

Les analyses faites au laboratoire indiquent des différences marquées entre la forme *molestus* et celle vivant à l'air libre, ainsi qu'entre les différents groupes *molestus* des différentes lignes du métro. Il est indiqué que les milieux confinés entraînent une dérive génétique qui favorise la spéciation. On sait que la dérive génétique est un mécanisme modifiant au hasard la diversité des allèles. Si une population est isolée (cas des moustiques du métro), sa diversité allélique va être modifiée différemment de celle d'une autre population (celle vivant à l'air libre) avec laquelle elle n'échange plus de gènes. D'autre part, les conditions climatiques sont différentes dans le métro et en dehors. Les températures plus douces dans le métro permettent plusieurs cycles de reproduction par an, décalés par rapport à la reproduction à l'air libre, empêchant le flux de gènes entre les deux formes et favorisant donc la spéciation. Enfin, les conditions de vie étant différentes dans le métro et à l'air libre, il n'est pas exclu que la sélection naturelle ait joué un rôle de filtre en privilégiant, selon les populations, des allèles plus ou moins avantageux selon les conditions du milieu, accentuant ainsi les différences génétiques.

8 Activités humaines et sélection naturelle

Enoncé
p. 88

Nouveau programme

- 1 On observe que dans la population générale d'hirondelles nichant aux abords d'une autoroute du Nebraska, la longueur des ailes a eu tendance à diminuer entre 1984 et 2012 dans la population. Par exemple, en 1984 les ailes mesuraient 111 mm tandis qu'en 2012 elles mesurent moins de 107 mm. Par contre, dans la population d'hirondelles tuées par des voitures, la longueur mesurée des ailes a eu tendance à augmenter de 108 mm à plus de 111 mm entre 1984 et 2012.
- 2 Ces données montrent bien une influence de l'activité humaine sur l'évolution de la population, puisque la construction d'une autoroute a eu pour effet de modifier la biodiversité génétique des hirondelles pour le caractère « longueur des ailes ».

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

- 3 Il est indiqué que les ailes moins longues et plus recourbées rendent plus aisée, pour les hirondelles, la manœuvre d'évitement des voitures. De ce fait, près des autoroutes, le phénotype « ailes moins longues et plus recourbées » est un phénotype avantageux par rapport au phénotypes « ailes longues » en terme de survie. Il s'agit d'un phénomène de sélection naturelle. Les hirondelles dont les ailes sont longues se font plus facilement tuer par les voitures et participent moins à la reproduction, ce qui explique que les ailes soient de plus en plus courtes dans la population générale d'hirondelles.

9 Papillon et sélection naturelle

➔ Enoncé
p. 89

Lycée Vernant, Sèvres

Dans les populations de géomètre du bouleau, la période 1848-1975 peut être décomposée en deux parties. Entre 1848 et 1960, on assiste à une augmentation de la fréquence des papillons au corps sombre (jusqu'à 98 % en 1900) et une diminution de la fréquence des papillons au corps clair. Entre 1960 et 1975, la tendance s'inverse : la fréquence de la forme claire augmente, alors que celle de la forme sombre diminue, passant de 95 % à 82 %.

L'évolution des fréquences des deux formes de papillons peut être mise en relation avec les caractéristiques de l'environnement :

- À la fin du XVIII^e siècle, l'Angleterre connaît l'industrialisation et utilise massivement le charbon comme source d'énergie. Au milieu du XIX^e siècle, la pollution de l'air est déjà importante et se traduit notamment par le dépôt de particules sombres sur les troncs des arbres. Par conséquent, les formes sombres sont moins facilement repérables par leurs prédateurs sur les troncs noirs, elles ont donc une plus grande probabilité de survie et vont participer davantage à la reproduction que les autres individus. Au contraire, les formes claires qui sont plus facilement repérables par leurs prédateurs sur les troncs noirs, ont une plus faible probabilité de survie et vont moins participer à la reproduction que les autres individus. On est en présence d'un exemple de sélection naturelle puisque des facteurs environnementaux favorisent certains phénotypes et exercent ainsi une influence sur la fréquence des allèles responsables de ces phénotypes en conférant un avantage aux individus qui sont porteurs d'un allèle particulier.
- À partir des années 1960, des mesures ont été prises pour réduire la pollution. On peut penser que ces mesures ont atténué le noircissement du tronc des bouleaux. Dans ce nouveau contexte environnemental, les formes claires se trouvent avantagées ce qui explique, toujours par le mécanisme de sélection naturelle, l'augmentation de la fréquence des formes claires et la diminution de celle des formes sombres.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

10 Biodiversité et sélection naturelle

→ Enoncé
p. 90

Lycée Vernant, Sèvres

Les deux espèces de papillons, *Napeogenes sylphis* et *Dismorphia theucharita*, montrent des caractéristiques semblables : même forme, même taille, même répartition des différentes couleurs et motifs couleurs sur les ailes. On parle pour cette raison de mimétisme : l'une des espèces de papillons peut se faire passer pour l'autre espèce. L'expérience menée dans la serre indique que l'espèce *Napeogenes sylphis* fait vomir les oiseaux qui la consomment. Ils cessent alors de la chasser. Si *Napeogenes sylphis* est remplacée par *Dismorphia theucharita*, les oiseaux ne la chassent pas.

Par conséquent, pour l'espèce *Dismorphia theucharita*, le fait de mimer l'espèce « modèle » *Napeogenes sylphis* permet de berner les oiseaux. Ils confondent en effet *Dismorphia theucharita*, qui est comestible, avec *Napeogenes sylphis*, qui provoque chez eux des vomissements. De cette manière, *Dismorphia theucharita* peut survivre dans la forêt amazonienne en échappant à la prédation par les oiseaux.

11 Une sélection sexuelle

→ Enoncé
p. 90

Nouveau programme

Les informations fournies permettent de comprendre deux aspects :

- la queue du paon mâle, très encombrante, lui confère un désavantage en terme de survie : à cause d'elle, le paon a des difficultés à se déplacer et donc à échapper aux prédateurs ;
- la parade sexuelle (roue) réalisée avec la queue confère au paon mâle un avantage en termes de reproduction, puisqu'elle est très appréciée des femelles.

On reste en présence d'un exemple de sélection sexuelle. Il s'agit d'une sous-catégorie de sélection naturelle. Malgré le désavantage qu'elle confère du point de vue de la survie, le caractère « queue encombrante » est sélectionné par le partenaire sexuel et transmis aux descendants. Le succès reproducteur procuré par ce caractère l'emporte sur le désavantage qu'il confère en termes de survie. Pour cette raison, l'énorme queue du paon persiste dans les populations.

12 Chez l'escargot des dunes

→ Enoncé
p. 91

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

- 1 Selon le document 1, il existe bien une diversité allélique chez *Theba pisana* puisque la couleur de la coquille chez cet escargot est gouvernée par un gène représenté par deux allèles : l'un responsable de la présence de bandes claires (B) et l'autre responsable de bandes sombres (N).

FORCES ÉVOLUTIVES • CHAP. 5

- 2** Les données du document 2.a. indiquent qu'en 1960, la fréquence des escargots à coquille claire-unie était plus faible (18 %) que celle des escargots à coquille intermédiaire (30 %), elle-même moins importante que celle des escargots à coquilles à bandes foncées (52 %).

Les données du document 2.b. indiquent qu'en 2007, dans la zone à oyats, la fréquence des différents phénotypes n'a pas changé par rapport à 1960. Par contre, dans la zone de plage, la fréquence des phénotypes s'est inversée : peu d'escargots à coquille à bandes sombres (8 %), un peu plus d'escargots à coquille intermédiaire (23 %) et beaucoup d'escargots à coquille unie (69 %).

Il est indiqué qu'après 1960, une partie de la dune a été aménagée en plage pour répondre à une demande touristique. Il y a eu réduction de la zone à oyats et remplacement par une zone de plage.

Comme le seul paramètre qui a changé entre les deux dates (1960 et 2007) est l'environnement, on peut penser que c'est la modification du milieu qui est responsable du changement de fréquence des différents phénotypes d'escargot.

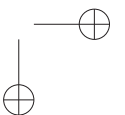
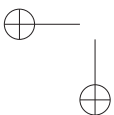
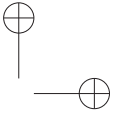
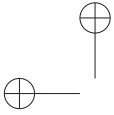
- 3** Le document 3 présente, sous la forme d'histogrammes, des données relatives à la prédation de *Theba pisana* par les grives dans les différents environnements. On observe que dans une zone plantée d'oyats les grives consomment peu d'escargots sombres (13 %), davantage d'escargots à phénotype intermédiaire (32 %) et beaucoup d'escargots clairs (55 %). Dans une zone de plage c'est l'inverse : les escargots foncés sont davantage consommés (58 %) et les escargots clairs sont peu consommés (4 %). On voit donc que, si les grives consomment des escargots, le phénotype des escargots choisis de façon préférentielle est différent selon le milieu. On peut supposer que dans la zone à oyats les grives repèrent mieux les phénotypes clairs et les consomment préférentiellement. En zone de plage elles repèrent mieux les phénotypes sombres. Avoir une coquille claire est donc avantageux en zone de plage et désavantageux en zone d'oyats ; c'est l'inverse pour les escargots à coquille sombre.

- 4** Le mécanisme révélé par cette étude est la sélection naturelle. On parle de sélection naturelle pour désigner le fait que des facteurs environnementaux favorisent certains phénotypes et exercent ainsi une influence sur la fréquence des allèles en conférant un avantage aux individus qui sont porteurs d'un allèle particulier.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Chapitre

6

Communication intra-spécifique et sélection sexuelle

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Le principe d'une communication étudié par un exemple de communication animale intra-spécifique
3. Finalités et modalités de la communication interindividuelle
4. Impact des communications intra-spécifiques sur les événements de spéciation

1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons évoqué la sélection sexuelle. Dans le monde animal, lors du choix du partenaire pour la reproduction, la communication entre les individus joue un rôle important.

? PROBLÉMATIQUE

Comment s'effectue une communication entre deux individus ? Quelles sont les différentes modalités de communication ? Quelles fonctions remplit la communication interindividuelle ?

2 Le principe d'une communication étudié par un exemple de communication animale intra-spécifique

Le rhinolophe de Mehely est une espèce de chauve-souris chez laquelle les mâles émettent des cris extrêmement aigus, qui attirent les femelles. Pour prouver les préférences des femelles, des chercheurs ont placé des femelles tour à tour face à deux compartiments contenant chacun une enceinte qui diffuse des cris des rhinolophes de Mehely mâles. Ils notent ensuite vers quel compartiment la femelle testée se dirige lorsqu'elle entend les cris. Chaque femelle participe plusieurs fois au test.



chauve-souris
testée

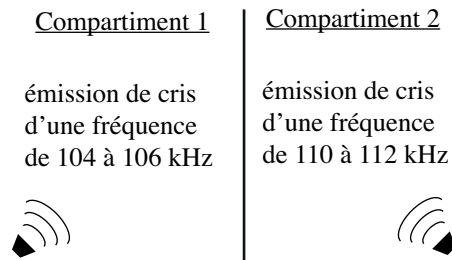


Figure 6.1 – Dispositif expérimental

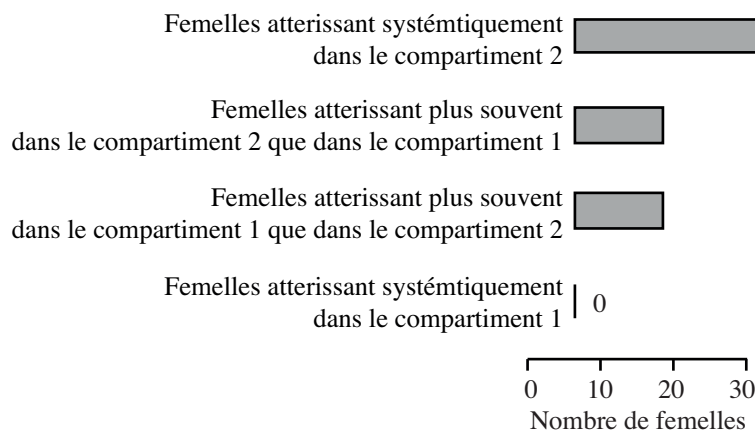


Figure 6.2 – Résultats

Les résultats expérimentaux indiquent que les femelles testées atterrissent davantage dans le compartiment 1, ce qui prouve que les rhinolophes de Mehely femelles sont attirés par les rhinolophes de Mehely mâles émettant les cris les plus aigus.

Les scientifiques spécialistes des comportements animaux définissent la communication animale comme un « processus par lequel un individu émetteur influence le comportement d'un autre individu, le récepteur, en lui adressant des signaux, des messages, des informations ». On peut représenter ce principe de la manière suivante :

Voir schéma page suivante

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

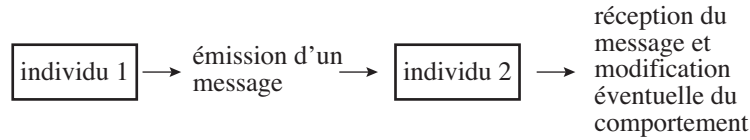


Figure 6.3 – Schéma fonctionnel d'une communication

À RETENIR

La communication dans le monde vivant consiste en la transmission d'un message entre d'une part un organisme émetteur, et d'autre part un organisme récepteur capable de modifier son comportement en réponse à ce message.

3 Finalités et modalités de la communication interindividuelle

3.1 La communication intra-spécifique au service de la sélection sexuelle

Chez les rhinolophes de Mehely, la haute fréquence des cris diminue l'efficacité de son écholocalisation ce qui réduit l'efficacité de la chasse des insectes dont il se nourrit. Par contre, il est établi que les mâles avec un cri à haute fréquence sont davantage choisis comme partenaire de reproduction par les femelles et que cela leur confère une descendance nombreuse. Il s'agit d'un exemple de sélection sexuelle (voir chapitre 5, paragraphe 4 : « Une variante de la sélection naturelle : la sélection sexuelle »).

La sélection sexuelle est une explication possible d'une part au maintien de certains caractères sexuels extravagants dans la nature, d'autre part au dimorphisme sexuel (les mâles et les femelles ont des phénotypes différents). Par exemple, chez les cerfs, la tête porte des bois qui sont utilisés pour les combats en vue de la reproduction avec des femelles, mais dont la production est coûteuse en énergie.

À RETENIR

Chez les animaux, la communication interindividuelle participe à la sélection naturelle à travers la reproduction au moyen de la sélection sexuelle. Cette sélection est majoritairement faite par les femelles.

 Retrouvez en vidéo la sélection sexuelle vue par Charles Darwin avec 

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

3.2 D'autres modalités et rôles de la communication intra-spécifique

Type de communication	Exemple et/ou rôle
Visuelle	- Le paon mâle a une queue imposante. Ce caractère lui permet de faire la roue pour séduire la femelle. - La tâche rouge sur le bec du goéland est un signal visuel : c'est là que les poussins tapotent pour le faire régurgiter et donc récupérer de la nourriture.
Sonore	- Quand elle est en danger, la marmotte émet un sifflement puissant pour donner l'alerte aux autres marmottes, qui vont alors se réfugier dans leur terrier. - Les loups poussent des hurlements indispensables à la cohésion de la meute lorsqu'ils chassent.
Chimique	- Les fourmis en se déplaçant déposent au sol des phéromones (substances chimiques odorantes) qui sont reconnues par d'autres fourmis, ce qui leur indique le chemin à suivre. - Les glandes mammaires des lapines produisent une phéromone qui attire leurs lapereaux.

Tableau 6.1 – Diversité des messages transmis entre un organisme émetteur et un organisme récepteur

À RETENIR

La communication s'inscrit non seulement dans la fonction de reproduction, mais aussi d'autres fonctions biologiques : nutrition, défense, etc. Il existe une grande diversité de modalités de communication : chimique, sonore, visuelle ou hormonale.

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

4 Impact des communications intra-spécifiques sur les événements de spéciation

Il arrive qu'à l'intérieur d'une espèce, des différences entre individus s'installent au point de perturber la communication inter-sexe.. Par exemple, les populations de pouillot verdâtre ont connu dans le passé des migrations géographiques de part et d'autre du plateau tibétain, selon deux axes géographiques différents. Une évolution indépendante dans chacune de deux branches migratoires a conduit à une différenciation des chants. Or, pour s'accoupler, les oiseaux se reconnaissent par leur chant : le pouillot verdâtre mâle utilise son chant pour attirer la femelle. À la zone de rencontre des deux populations issues de deux branches migratoires différentes, au nord du plateau tibétain, la reconnaissance par le chant n'est plus possible, ce qui entraîne l'isolement reproducteur.

À RETENIR

Des difficultés dans la réception du signal peuvent générer à la longue un isolement reproducteur entre organismes de la même espèce et être à l'origine d'un événement de spéciation.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 113

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition.

- 1** La communication entre individus de la même espèce :
 - a** sert uniquement pour la fonction de reproduction ;
 - b** repose sur la transmission d'un message d'un organisme récepteur à un organisme émetteur ;
 - c** se fait selon des modalités variées.
- 2** La sélection sexuelle :
 - a** repose sur la communication intra-spécifique entre les mâles et les femelles ;
 - b** peut expliquer la persistance de caractères désavantageux sur le plan de la survie ;
 - c** peut expliquer la persistance de caractères désavantageux sur le plan de la reproduction.

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 113

Choisir, pour chaque question, celle des deux propositions qui est exacte.

- 1** Les phéromones :
 - a** sont des messagers sonores ;
 - b** sont des messagers chimiques.
- 2** Les messages sonores :
 - a** jouent un rôle dans la fonction de reproduction ;
 - b** ne servent qu'à la fonction de défense.
- 3** Un caractère extravagant peut se répandre de manière importante dans une population :
 - a** par le jeu du hasard ;
 - b** par le jeu de la sélection sexuelle.
- 4** La sélection sexuelle :
 - a** est majoritairement faite par les femelles ;
 - b** est majoritairement faite par les mâles.

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

3 Qui suis-je ?



5 min

Corrigé
p. 113

- 1 Une molécule impliquée dans la communication chimique entre individus.
- 2 Un processus qui retient un caractère malgré le désavantage qu'il confère en termes de survie, pourvu que ce caractère favorise la reproduction.
- 3 La propriété d'une espèce chez laquelle le phénotype des individus mâles est très différent de celui des individus femelles.

4 Toile d'araignée, communication



10 min

Corrigé
p. 113

Nouveau programme

Si l'araignée est connue pour tisser sa toile afin de capturer des proies, les autres fonctions de la toile sont moins connues du grand public !

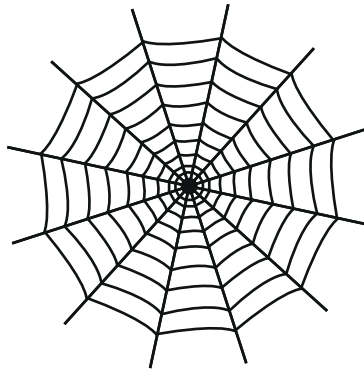


Figure 6.4 – Schéma d'une toile d'araignée

Chez les araignées dites fileuses, la toile sert de support de signaux chimiques et de vecteur de signaux vibratoires. Les fils de soie, associés à une phéromone, permettent le rapprochement des sexes. Le fil transmet aussi les vibrations, ce qui alerte l'araignée sur le fait qu'une proie est tombée dans son piège ou qu'un mâle s'approche.

À l'aide des informations proposées, réaliser une carte des idées montrant que la toile d'araignée remplit une fonction de communication.

5 Caractères sexuels extravagants



10 min

Corrigé
p. 114

Nouveau programme

Chez les éléphants de mer comme chez les scarabées, on observe un important dimorphisme sexuel. Voir les documents page suivante.

À l'aide des données fournies à propos de deux espèces, expliquez la persistance de caractères sexuels extravagants chez leurs représentants mâles.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Document 1 :

Chez les éléphants de mer, les mâles peuvent atteindre 4 tonnes, contre seulement 900 kilos pour les femelles. Il est établi que les mâles les plus gros ont plus de chances de battre leurs rivaux. Gagner un combat offre une position de dominant dans la colonie, et, par la suite, un harem lorsque les femelles arrivent.



Figure 6.5 – Eléphants de mer (mâle à gauche, femelle à droite)

Document 2 :

Chez les lucanes (un espèce d'insectes du groupe des scarabées), les mâles et les femelles diffèrent par la taille de leurs mandibules, qui sont normales chez la femelle mais hypertrophiées chez le mâle. L'une des fonctions des cornes des scarabées est d'« impressionner » les femelles, puisqu'elles sont utilisées pour le combat avec les autres mâles.



Figure 6.6 – Les cornes bien visibles du mâle du lucane
(une espèce de Scarabée)

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

6 Sélection, reproduction



10 min

Corrigé
p. 114

Nouveau programme

Les rhinolophes de Mehely sont des chauves-souris qui vivent généralement en colonie de plusieurs centaines d'individus. Les mâles de cette espèce ont la particularité de pousser des cris extrêmement aigus, ce qui est défavorable à la chasse des insectes.

Le but de l'étude ci-après est de déterminer si la particularité du rhinolophe de Mehely lui procure une descendance nombreuse.

Des chercheurs ont prélevé l'ADN des individus d'une colonie et, par comparaison, ont évalué le degré de parenté entre 28 mâles de la colonie et les autres membres de ce groupe.

Un fort degré de parenté entre un mâle et les autres membres de la colonie indique que ce mâle a eu beaucoup de descendants.

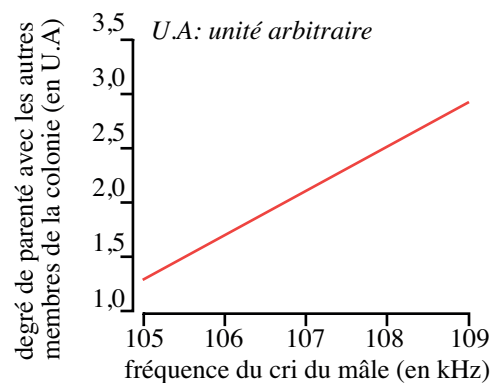


Figure 6.7 – Résultats de l'étude : degré de parenté entre 28 rhinolophes de Mehely mâles et les autres membres de leur colonie, en fonction de la fréquence des cris de ces mâles

Les deux questions de cet exercice sont proposées sous la forme d'un QCM où vous devez choisir en la justifiant l'une des réponses possibles.

- 1 Le graphique des résultats de l'étude indique que :
- ☐ a plus un mâle émet un cri aigu plus son degré de parenté avec les autres membres de la colonie est fort, ce qui montre qu'il a eu de nombreux descendants ;
 - ☐ b plus un mâle émet un cri aigu plus son degré de parenté avec les autres membres de la colonie est faible, ce qui montre qu'il a eu peu de descendants ;
 - ☐ c l'augmentation de la fréquence du cri du mâle fait fuir les femelles ;
 - ☐ d la fréquence du cri d'un mâle est indépendante du degré de parenté avec les autres membres de la colonie.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

- 2 Sachant que les rhinolophes de Mehely femelles sont attirés par les rhinolophes de Mehely mâles émettant les cris les plus aigus, on peut, grâce à l'étude, affirmer que les mâles avec un cri à :
- a haute fréquence sont davantage choisis comme partenaire de reproduction par les femelles ce qui leur confère une faible descendance ;
 - b haute fréquence sont davantage choisis comme partenaire de reproduction par les femelles ce qui leur confère une descendance nombreuse ;
 - c basse fréquence sont davantage choisis comme partenaire de reproduction par les femelles ce qui leur confère une faible descendance ;
 - d basse fréquence sont davantage choisis comme partenaire de reproduction par les femelles ce qui leur confère une descendance nombreuse.

7 Parade, sélection



10 min

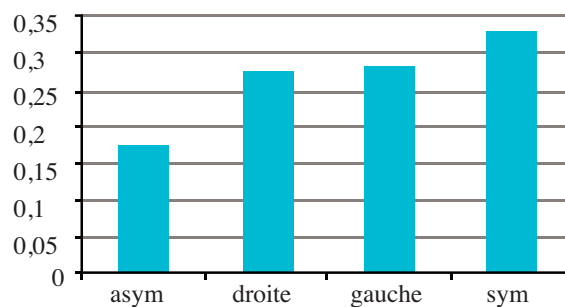
Corrigé
p. 115

Nouveau programme

L'outarde canepetière est une espèce d'oiseau chez qui le mâle fait une parade nuptiale assez spectaculaire, à la fois visuelle et acoustique. La parade comporte un chant, un sifflement d'ailes et des sauts. On se demande s'il existe une corrélation entre le choix du mâle et l'un des caractères sexuels secondaires suivants : le collier qui « habille » le cou de l'animal.

On émet l'hypothèse que la symétrie du collier a une influence sur le choix des mâles par les femelles. Pour tester cette hypothèse, on mesure le rapport entre le nombre de fois où on observe un mâle en présence d'une femelle et le nombre total de fois où on observe ce mâle. La figure suivante montre ces mesures.

Rapport entre le nombre de fois où on observe un mâle en présence d'une femelle et le nombre totale de fois où on observe ce mâle



- 1 Justifier la mesure réalisée : que révélera le taux mesuré ?
- 2 Décrivez les résultats obtenus.
- 3 L'hypothèse émise est-elle validée ?

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

8 Chant, communication



10 min

Corrigé
p. 115

Nouveau programme

À partir des informations tirées des documents ci-après, montrez que les modalités et fonctions de la communication intra-spécifique peuvent déboucher sur un isolement reproducteur.

Le Pouillot verdâtre (*Phylloscopus trochiloides*) est une espèce de passereau. En Asie de l'est, son aire de répartition entoure le plateau tibétain. On distingue huit populations de Pouillot, réparties en 8 populations identifiables par de faibles variations morphologiques. Il est établi que les populations géographiquement proches sont interfécondes, sauf les populations 1 et 8.

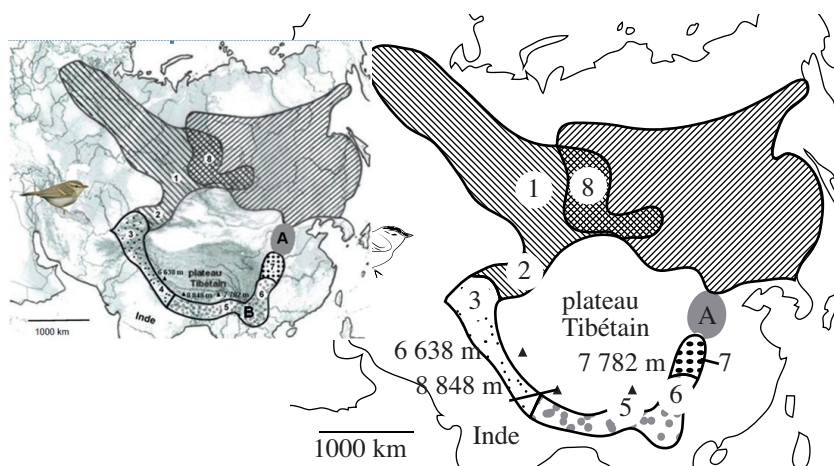


Figure 6.8 – Répartition des populations appartenant aux 8 populations actuelles de pouillot verdâtre autour du plateau Tibétain

Sur la carte, la zone A représente l'aire de répartition d'une population de pouillots qui a aujourd'hui disparu suite à la déforestation. La zone B représente l'aire de répartition de la population initiale des pouillots, à partir de laquelle des migrations ont eu lieu. La population 5 correspondrait à la population ancestrale.

La biodiversité des pouillots verdâtres est caractérisée par de faibles variations morphologiques, mais aussi par des variations du chant. On appelle sonogrammes les enregistrements du chant des oiseaux.

Les chants des mâles sont constitués de séquences sonores qui se répètent. Afin de rendre l'exploitation de ces enregistrements plus pratique, les séquences sonores identiques ont été remplacées par des lettres de l'alphabet. Plus les lettres sont proches alphabétiquement, plus les échantillons sonores sont proches. Les oiseaux peuvent communiquer entre eux si les sonogrammes sont proches.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Séquence sonore	Lettre correspondant
	L
	M
Exemple de sonogramme et sa conversion	
	
L L L M M M	

Figure 6.9 – Conversion d'un sonogramme en lettres alphabétiques

Les chants de pouillots verdâtres mâles des 8 populations localisées dans différents lieux autour du plateau tibétain ont été enregistrés. Chaque population a un chant caractéristique formé par l'association de 1 à 3 séquences sonores différentes nommées sonogrammes. Le pouillot verdâtre mâle utilise son chant pour défendre son territoire et attirer la femelle. L'étude du comportement sexuel montre que pour s'accoupler les oiseaux se reconnaissent par leur chant.

Population	Représentations simplifiées des sonogrammes
1	┌───A───┐┌B┐┌C───┐
2	┌D┐┌D┐┌D┐┌E┐┌E┐
3	┌F┐┌F┐┌F┐┌G┐┌G┐
4	┌H┐┌H┐┌H┐┌H┐
5	┌I┐┌I┐┌I┐
6	┌J┐┌J┐┌J┐┌K┐┌K┐
7	┌L┐┌L┐┌L┐┌M┐┌M┐┌M┐
8	┌N┐┌N┐┌O┐┌P┐┌P┐┌P┐┌P┐

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

1 V/F Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 106

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | ☐ a Faux. | 2 | ☐ d Vrai. |
| | ☐ b Faux. | | ☐ e Vrai. |
| | ☐ c Vrai. | | ☐ f Faux. |

2 QCM Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 106

- 1 Affirmation vraie : ☐ b.
- 2 Affirmation vraie : ☐ a.
- 3 Affirmation vraie : ☐ b.
- 4 Affirmation vraie : ☐ b.

3 Qui suis-je ?

➔ Enoncé
p. 107

- 1 Une phéromone.
- 2 La sélection sexuelle.
- 3 Le dimorphisme sexuel.

4 Toile d'araignée, communication

➔ Enoncé
p. 107

Nouveau programme

La carte des idées doit bien montrer que le tissage d'une toile par une araignée fileuse lui sert à :

- émettre des messages chimiques (phéromones) utiles pour la reproduction (rapprochement des sexes) ;
- réceptionner des signaux mécaniques (vibrations) qui ont deux fonctions : indiquer qu'une proie est prise dans la toile (rôle de la toile dans la fonction de nutrition) et indiquer qu'un mâle s'approche (rôle de la toile dans la fonction de reproduction).

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

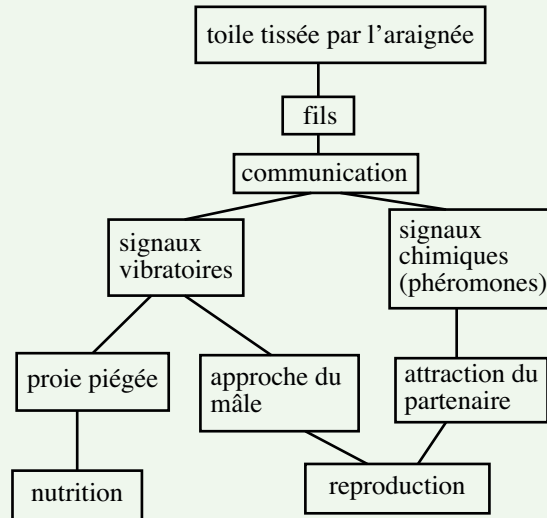


Figure 6.10 – Un exemple de carte des idées montrant que la toile d'araignée remplit une fonction de communication

5 Caractères sexuels extravagants

Enoncé
p. 107

Nouveau programme

Pour chacune des deux espèces, on comprend que la caractéristique extravagante des mâles est désavantageuse en terme de survie mais avantageuse en terme de reproduction :

- chez les éléphants de mer, les mâles sont gros et lourds. Ce caractère désavantageux sur le plan, par exemple, de la locomotion, leur permet en contrepartie d'être victorieux lors de combats contre des mâles moins volumineux et donc de bénéficier par la suite d'un harem qui leur procurera une descendance nombreuse ;
- chez les mâles des lucanes, les mandibules sont encombrantes (c'est un désavantage) mais bien utiles lors des combats contre les autres mâles pour impressionner les femelles qui feront ainsi leur choix de partenaire.

Ces deux exemples illustrent la sélection sexuelle. Malgré le désavantage qu'ils confèrent du point de vue de la survie, certains caractères sont sélectionnés par les partenaires sexuels et transmis aux descendants parce que le succès reproducteur qu'ils procurent l'emporte sur le désavantage qu'ils confèrent en termes de survie. La sélection sexuelle est une sous-catégorie de sélection naturelle. Elle explique la persistance de caractères étonnants dans la nature.

COMMUNICATION INTRA-SPÉCIFIQUE ET SÉLECTION SEXUELLE • CHAP. 6

6 Sélection, reproduction

→ Enoncé
p. 109

Nouveau programme

Propositions exactes :

- 1 a.
- 2 b.

7 Parade, sélection

→ Enoncé
p. 110

Nouveau programme

- 1 En mesurant le rapport entre le nombre de fois où on observe un mâle d'outarde en présence d'une femelle et le nombre total de fois où on observe ce mâle, on évalue le taux de mâles s'étant rapprochés d'une femelle. On peut considérer que cela renseigne sur le potentiel d'attraction du mâle, autrement dit le choix du mâle par la femelle.
- 2 Sur le graphique proposé, on observe que chez les mâles dont le cou est habillé par un collier asymétrique, le taux de mâles observés en présence d'une femelle est de 17 % alors qu'il est de 33 % chez les mâles ayant un collier symétrique.
- 3 L'hypothèse testée était que la symétrie du collier a une influence sur le choix des mâles par les femelles. Les résultats obtenus valident cette hypothèse dans la mesure où les mâles d'outarde à collier symétrique sont deux fois plus souvent vus près des femelles.

8 Chant, communication

→ Enoncé
p. 111

Nouveau programme

Le texte associé au document sur les sonogrammes indique que pour s'accoupler, les oiseaux se reconnaissent par leur chant. Le pouillot verdâtre mâle utilise son chant pour attirer la femelle. C'est un exemple de communication intra-spécifique au service de la fonction de reproduction. On sait d'autre part que la biodiversité des pouillots est caractérisée par des variations de leur chant, bien plus que par des variations morphologiques.

On dispose des sonogrammes (enregistrements du chant) des 8 populations de pouillots vivant autour du plateau tibétain. Il est indiqué que chaque population a un chant caractéristique fait de l'association de 1 à 3 séquences sonores différentes.

La comparaison des différents sonogrammes montre que :

- les sonogrammes des populations géographiquement proches (sauf 1 et 8) sont deux à deux assez ressemblants (séquences sonores proches, révélées par des lettres alphabétiquement proches), ceci à l'Est (populations 6, 7 et 8) comme à l'Ouest (populations 5, 4, 3, 2 et 1) du plateau tibétain ;

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

CORRIGÉS

- les sonogrammes des populations 1 et 8, dont les aires de répartition actuelles se chevauchent, sont très différents (séquences sonores très distinctes pour les deux chants, révélées par des lettres alphabétiquement éloignées).

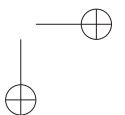
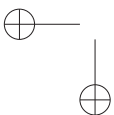
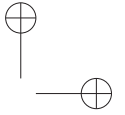
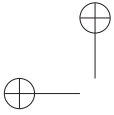
Or, il est indiqué que les oiseaux peuvent communiquer entre eux si les sonogrammes sont proches. On comprend donc l'isolement reproducteur des populations 1 et 8.

Finalement, les migrations géographiques des populations de pouillots de part et d'autre du plateau ont eu pour conséquence une modification importante du chant dans chacune des deux branches autour du plateau tibétain. Lorsque que les populations 1 et 8 ont été réunies au nord du plateau tibétain, leurs chants étaient devenus trop différents pour que les mâles d'une population puissent attirer les femelles de l'autre populations.

On est bien en présence d'un exemple montrant que des difficultés dans la réception d'un signal peuvent générer à la longue un isolement reproducteur entre organismes de la même espèce et être à l'origine d'un événement de spéciation.

Deuxième partie

LES ENJEUX CONTEMPORAINS DE LA PLANÈTE



Géosciences et dynamique des paysages

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Le processus d'érosion et ses conséquences sur le paysage
3. Sédimentation et milieux de sédimentation
4. Érosion et activité humaine

1 Introduction

De manière parfois perceptible à l'échelle d'une vie humaine, les paysages changent au cours du temps. L'érosion façonne les reliefs terrestres et génère des produits qui, après leur transport, s'accumulent dans des milieux de sédimentation.

? PROBLÉMATIQUE

Quelles sont les modalités de l'érosion et de quelle manière ce phénomène change-t-il les paysages ? Que deviennent les produits de l'érosion ? Dans quelle mesure l'érosion est-elle corrélée à l'activité humaine ?

2 Le processus d'érosion et ses conséquences sur le paysage

2.1 Erosion versus altération

On parle d'érosion pour désigner l'ensemble des phénomènes externes qui, à la surface du globe, enlèvent tout ou une partie des terrains existants et modifient ainsi le paysage.

L'érosion consiste en deux grands types de phénomènes, dont les effets s'additionnent : les processus chimiques avec altération et dissolution par les eaux plus ou moins chargées de CO_2 , et les processus physiques ou mécaniques avec désa-

grégation des roches et enlèvement des débris par un fluide. Les facteurs de l'érosion sont extrêmement variés : climat, pente, caractéristiques physico-chimiques de la roche (dureté, solubilité), présence ou non de couverture végétale, nature des végétaux etc.

On parle d'altération pour désigner la modification des propriétés physico-chimiques des minéraux, et donc des roches, par des agents externes.

2.2 Un exemple : le démantèlement d'un massif granitique par le jeu de l'altération et de l'érosion

Dans le cas d'un granite, la désagrégation de la roche dépend essentiellement de l'altération de minéraux de feldspaths et conduit à la formation d'une arène granitique, c'est-à-dire un sable grossier. L'altération débute souvent dans des fissures et diaclases (fractures), par lesquelles l'eau peut circuler, et isole de grosses boules de granites entre lesquelles se situe l'arène granitique.

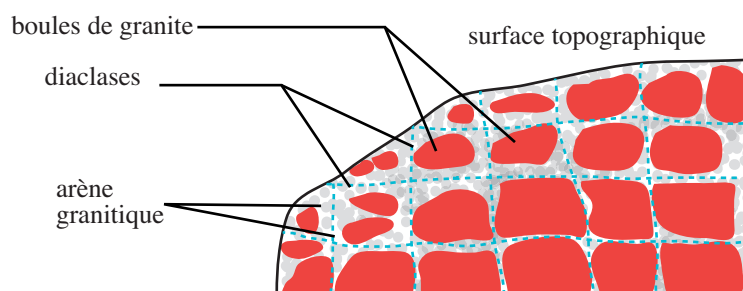


Figure 7.1 – Croquis d'un massif de granite en cours de démantèlement

Granite	Arène granitique
Quartz	grains de quartz non altérés
Feldspaths (orthose et plagioclases)	grains de feldspaths restant plus ou moins altérés (surtout le feldspath orthose, plus résistant que les plagioclases)
micas (biotite et muscovite)	- oxydes de fer - Argiles provenant de l'altération par hydrolyse des micas et des feldspaths

Tableau 7.1 – Comparaison de la composition d'un granite et d'une arène granitique

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

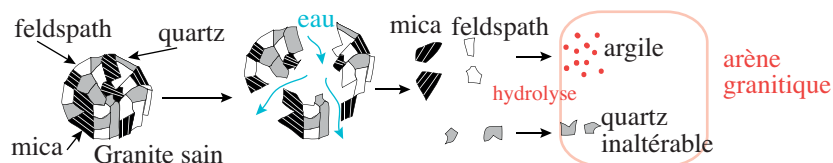


Figure 7.2 – Représentation très simplifiée de l'obtention d'une arène granitique à partir d'un granite

L'arène granitique peut être déblayée, auquel cas les boules de granite s'entassent pour former un chaos granitique.

Dans les zones montagneuses, l'action du gel et du dégel dans les diaclases est très importante. Ce qui va détacher de grands blocs de granite. Si c'est le cas, les blocs rocheux s'accumulent en bas des reliefs.

À RETENIR

L'eau est le principal facteur de l'altération physique et chimique des roches et de leur érosion (ablation et transport des produits de l'altération). Un paysage change inexorablement avec le temps du fait de l'érosion.

L'altération des roches dépend de différents facteurs dont la nature des roches (cohérence, composition), le climat et la présence de végétation.

2.3 Le transport des produits de démantèlement

Le transport des matériaux issus de la désagrégation de la roche s'effectue soit sous forme dissoute via la circulation des eaux continentales, soit sous forme solide. Dans ce dernier cas, il peut s'agir d'un transport gravitaire à faible distance, ou d'un transport sur une plus longue distance dès lors que les matériaux sont pris en charge par un agent de transport : glacier, eau, vent.

À RETENIR

Une partie des produits d'altération, solubles et/ou solides, est transportée jusqu'au lieu de leur sédimentation. Par conséquent, cette sédimentation contribue à son tour à la modification du paysage.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

3 Sédimentation et milieux de sédimentation

3.1 Le passage du sédiment à la roche sédimentaire

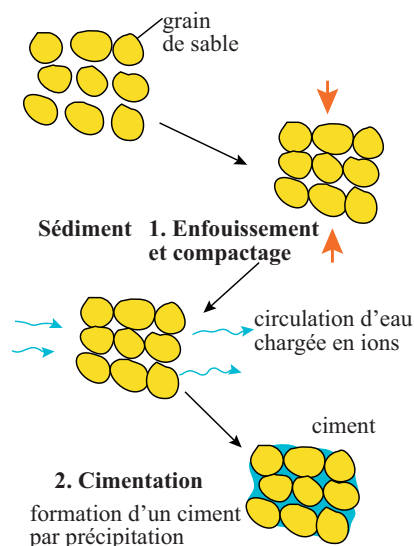


Figure 7.3 – Du sédiment à la roche : l'exemple de la formation d'un grès

Les roches formées dans de telles conditions sont dites *détritiques*, puisqu'elles sont majoritairement formées de débris issus de l'érosion.

Selon la taille et l'origine des particules cimentées, on distingue différents types de roches détritiques :

Roche détritique	Nature du dépôt à l'origine de la roche
Conglomérat	Roche formée de fragments grossiers (taille d'au moins 2mm dans au moins 10 % du volume de la roche) réunis par un ciment naturel. Les fragments peuvent avoir une origine sédimentaire ou volcanique
Grès	Roche issue de l'agrégation de grains de taille majoritairement sableuse (0,063 mm à 2 mm) réunis par un ciment naturel.
Pélite	Roche sédimentaire formée de grains très fins ($< 10 \mu\text{m}$) contenant entre autre des minéraux argileux et du quartz.

Tableau 7.2 – Tableau de différentes roches détritiques indiquant leur origine

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

3.2 Une diversité de milieux de sédimentation

En se formant, les roches sédimentaires enregistrent une multitude d'informations sur l'environnement dans lequel les sédiments se sont déposés. Les scientifiques s'en servent pour reconstituer des environnements du passé (paléo-environnements). Par exemple, des empreintes de fossiles renseignent sur les espèces qui vivaient lors du dépôt, tandis que certaines figures sédimentaires (rides) renseignent sur la dynamique de la sédimentation.

À RETENIR

Les roches sédimentaires sont formées par compaction et cimentation des dépôts sédimentaires, suite à l'enfouissement en profondeur. Selon la nature des dépôts, une diversité de roches sédimentaires détritiques (conglomérats, grès, pélites) se forme. La nature de la roche formée dépend aussi du milieu de sédimentation.

4 Érosion et activité humaine

4.1 L'utilisation par l'Homme des produits de l'érosion

L'être humain utilise des produits de l'érosion/sédimentation pour ses besoins. On peut citer comme exemple le prélèvement par l'Homme de sable et de graviers pour réaliser des constructions (ponts, tunnels, routes, maisons). Le sable représente un matériau particulièrement intéressant : on l'utilise par exemple pour produire du béton, du verre, des microprocesseurs et même des pneus. C'est la deuxième ressource géologique la plus utilisée par l'Homme, après l'eau.

4.2 L'influence de l'activité humaine sur l'érosion

4.2.1 - L'Homme et l'exagération de l'érosion

L'extraction trop importante du sable des rivières, voire du sable marin à proximité des côtes, provoque un retrait des plages et accentue le phénomène d'érosion du littoral. On estime que 23,4 % du littoral français est victime de cette érosion marine.

4.2.2 - L'Homme et la limitation de l'érosion

L'Homme prend en compte l'érosion. Dans les zones du globe où l'érosion fait encourir des risques importants aux populations humaines, des mesures d'aménagement spécifiques sont prises. Pour limiter l'érosion du littoral, les autorités peuvent décider de protéger le milieu dunaire qui souffre du piétinement. Pour

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

COURS

prévenir les glissements de terrain dans les zones de montagne et anticiper sur leurs conséquences, les constructions sont adaptées et les voies de circulation routière sont modifiées.

➔ À RETENIR

L'érosion a des implications dans la vie de tous les jours, qu'il s'agisse de matériaux utiles à l'humanité ou des risques liés à l'érosion.

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 133

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition.

- 1 Les roches sédimentaires détritiques se forment par :
 - a compaction et cimentation de matériaux d'origine biologique : os, coquilles ;
 - b compaction et cimentation des matériaux issus de l'altération des roches ;
 - c compaction et cimentation de molécules chimiques.
- 2 Le principal facteur de l'altération et de l'érosion est :
 - a l'Homme ;
 - b l'eau ;
 - c le vent.
- 3 L'Homme utilise les produits de l'érosion pour :
 - a l'alimentation ;
 - b le bâtiment ;
 - c l'habillement.

2 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 133

Repérez les affirmations inexactes.

- 1 L'érosion :
 - a est synonyme d'altération ;
 - b est permise par l'altération ;
 - c a pour conséquence l'altération.
- 2 L'altération :
 - a est uniquement chimique ;
 - b est uniquement mécanique ;
 - c est à la fois mécanique et chimique.
- 3 Le sable est une ressource géologique :
 - a dont le prélèvement par l'Homme n'a aucune conséquence ;
 - b exploité uniquement pour les constructions ;
 - c exploité dans des domaines variés ;
 - d dont le prélèvement est interdit.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

3 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 133

Qui suis-je ?

- 1 Une famille de roches issue de la dégradation d'autres roches.
- 2 Une roche détritique formée de grains très fins.
- 3 Un produit de l'érosion particulièrement prélevé et utilisé par l'Homme.

4 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 133

Répondez brièvement aux questions suivantes :

- 1 Expliquez comment l'érosion d'un massif granitique peut conduire à la formation de roches sédimentaires détritiques.
- 2 Précisez quelles sont interactions entre l'Homme et l'érosion, en illustrant le propos par des exemples.

5 La granulométrie d'un sédiment



10 min

Corrigé
p. 134

Nouveau programme

Trois prélèvements ont été effectués dans le cours de la Loire, à Puy-en-Velay, Orléans et Nantes. Les échantillons ont été séchés, tamisés et pesés. Comparer les résultats et en déduire l'action du transport sur la granulométrie des sédiments.

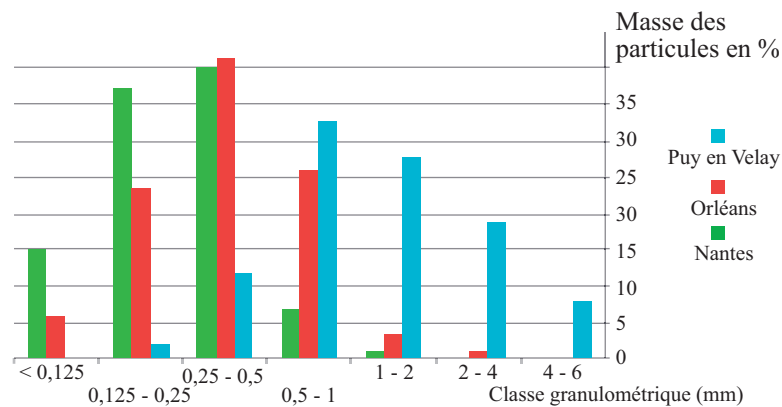


Figure 7.4 – Granulométrie et masse des particules du sédiment aux trois lieux de prélèvement

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

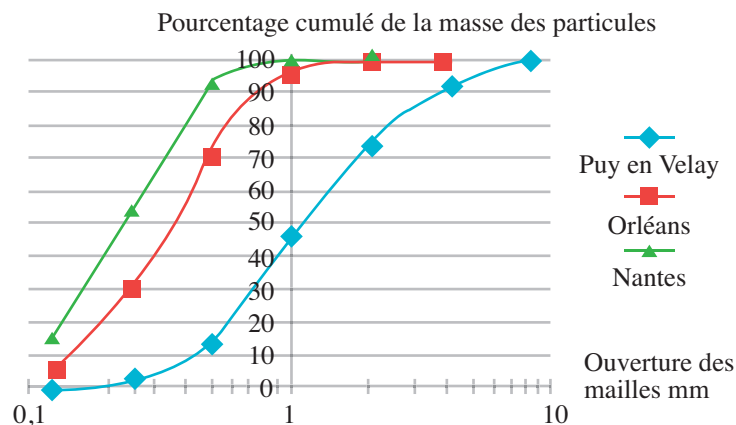


Figure 7.5 – Masse cumulée de sédiment retenu selon la maille du tamis aux trois lieux de prélèvement

6 Les domaines érosion - transport - sédimentation ★ 10 min Corrigé p. 135

Nouveau programme

Altération et érosion contribuent à l'effacement des reliefs. Les produits du démantèlement sont transportés sous forme solide ou soluble, le plus souvent par l'eau, jusqu'en des lieux plus ou moins éloignés où ils se déposent (sédimentation). Le document ci-après présente les conditions de transport et de sédimentation des particules issues de l'érosion. Il sert de support pour répondre au QCM proposé.

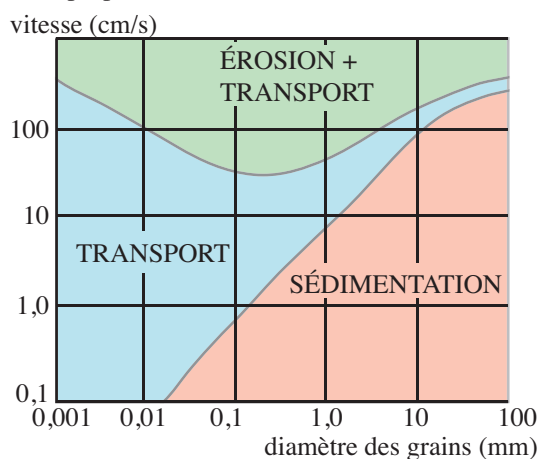


Figure 7.6 – Diagramme de Hjulström

Voir questions page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

À partir des informations extraites du document, trouver la bonne réponse pour chaque série de propositions.

1 Une particule de 0,1 mm :

- ☐ a est transportée par un courant à la vitesse de 0,2 cm/s ;
- ☐ b sédimente quelle que soit la vitesse du courant ;
- ☐ c est transportée par un courant à la vitesse de 10 cm/s.

2 Les particules inférieures à 0,01 mm :

- ☐ a nécessitent une vitesse du courant supérieure à 1 cm/s pour sédimenter ;
- ☐ b nécessitent une vitesse du courant inférieure à 100 cm/s pour être érodées ;
- ☐ c sont transportées par un courant à la vitesse de 10 cm/s.

3 Le transport et la sédimentation d'une particule dépendent :

- ☐ a uniquement de la dimension de cette particule ;
- ☐ b de la dimension de cette particule et de la vitesse du courant ;
- ☐ c uniquement de la vitesse du courant.

7 Comme des Pénitents



10 min

→ Corrigé
p. 135

Nouveau programme

À proximité du village des Mées, dans les Alpes de Haute-Provence, existe un site géologique très particulier constitué de colonnes rocheuses, nommées les Pénitents en raison de leurs silhouettes faisant penser selon la légende à une procession de moines pétrifiés.

À partir de l'exploitation des documents proposés et de vos connaissances, prouver que les roches de ce site témoignent de l'érosion d'un relief.

Document 1 : L'affleurement des Mées

Les Pénitents des Mées forment un alignement de colonnes rocheuses de plusieurs dizaines de mètres de haut et long d'environ 2,5 km. Un sondage a montré que cette formation appartient à un très vaste ensemble sédimentaire de plus de 800 m d'épaisseur.

Voir illustration page suivante.

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7



Figure 7.7 – Photographie de l'affleurement des Mées

Document 2 : Conglomérat des Mées

Les Pénitents sont constitués d'un conglomérat, une roche détritique (donc issue de la dégradation d'autres roches) composée de galets liés entre eux par un ciment naturel.

La forme arrondie de ces galets suggère une usure lente liée à un transport par l'eau d'un fleuve ou d'une rivière.

L'inventaire des galets montre des roches très variées : une grande majorité de ces galets est d'origine sédimentaire (calcaires, grès...).

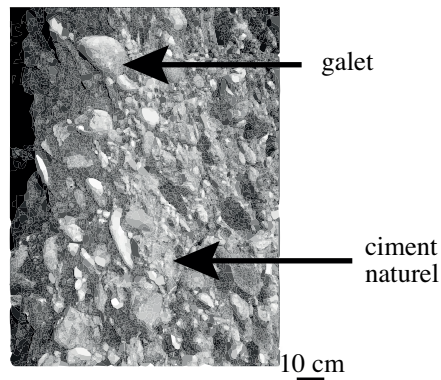


Figure 7.8 – Photographie du conglomérat des Mées

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

8 Des échantillons à identifier



10 min

Corrigé
p. 136

Nouveau programme

Dans un laboratoire, des professeurs s'aperçoivent que le tiroir « roches détritiques » contient un certain nombre d'échantillons non étiquetés. Les professeurs décident de faire travailler leurs élèves !

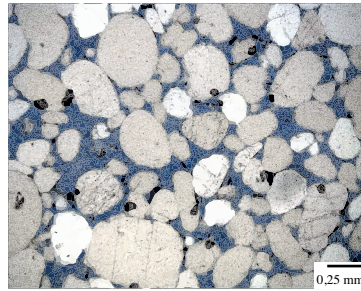


Figure 7.9 – Echantillon X



Figure 7.10 – Echantillon Y



Figure 7.11 – Echantillon Z

Voir questions page suivante.

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

- 1 Trouvez les points communs et les différences entre les trois échantillons.
- 2 À l'aide de vos connaissances sur les roches détritiques, nommez chaque roche.

9 L'érosion du littoral



10 min

Corrigé
p. 136

Nouveau programme

La résidence Le Signal, à Soulac-sur-Mer (Gironde), construite dans les années 1970 à 200-300 m de la mer, a dû être évacuée en 2014 à cause du risque d'affaissement de l'immeuble sur la plage. Elle est aujourd'hui à l'abandon. Les deux illustrations qui suivent ont été réalisées à partir de photos de la résidence prises en 1970 et en 2017.

- 1 Décrivez la modification du littoral dans le secteur de la résidence le Signal.
- 2 Proposez une (des) hypothèse(s) explicative(s).



D'après une photo prise en 1970

Figure 7.12 – La résidence Le Signal, à Soulac-sur-Mer (Gironde), dans les années 1970

Voir l'autre illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Figure 7.13 – La résidence Le Signal, à Soulac-sur-Mer (Gironde), en 2017

10 Modéliser la cimentation



10 min

Corrigé
p. 137

Nouveau programme

Des élèves de seconde souhaitent modéliser, avec du matériel, le passage du sédiment à la roche détritique.

Le professeur leur fournit le matériel suivant :

- du sable ;
- des lames et des lamelles ;
- un microscope ;
- du gros sel et de l'eau.

Le professeur recommande d'autre part de suivre le protocole suivant :

- mélanger avec un agitateur, pendant au moins une minute, une cuillère à soupe de gros sel et 10 mL d'eau afin d'obtenir une solution saturée en sel ;
- déposer une pincée de sable fin sur une lame puis verser 1 mL de la solution saturée en sel ;
- recouvrir d'une deuxième lame et observer au microscope en lumière analysée polarisée.

- 1 Indiquez l'équivalence entre chaque ingrédient et le réel.
- 2 En utilisant vos connaissances, prévoyez le résultat attendu.

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

1 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 125

Propositions vraies :

- 1 ☐ b.
- 2 ☐ b.
- 3 ☐ b.

2 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 125

Affirmations inexactes :

- 1 ☐ a et ☐ c.
- 2 ☐ a et ☐ b.
- 3 ☐ a, ☐ b et ☐ d.

3 Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 126

- 1 Les roches détritiques.
- 2 Une pépite.
- 3 Le sable.

4 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 126

- 1 L'érosion consiste en deux grands types de phénomènes, dont les effets s'additionnent : les processus chimiques avec altération et dissolution par les eaux plus ou moins chargées de CO₂, et les processus physiques ou mécaniques avec désagrégation des roches et enlèvement des débris par un fluide. L'eau est le principal facteur de l'altération des roches et de leur érosion). Dans le cas d'un massif granitique, la désagrégation des roches conduit à la formation d'une arène granitique, c'est-à-dire un sable grossier. L'altération débute souvent dans des fissures et diaclases (fractures), par lesquelles l'eau peut circuler, et isole de grosses boules de granites entre lesquelles se situe l'arène granitique. Une partie des produits d'altération, solubles et/ou solides, est transportée, le plus souvent par l'eau, jusqu'au lieu de leur sédimentation.

À mesure de leur dépôt, les sédiments subissent une compaction et un enfouissement, donc une augmentation de pression et de température. Le liquide qui circule entre les particules solides forme une solution sursaturée en ions qui finit par précipiter. On obtient un ciment réunissant les éléments solides. Les roches formées dans de telles conditions sont dites

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

détritiques puisqu'elles sont majoritairement formées de débris issus de l'érosion.

2 Les interactions entre l'Homme et l'érosion sont les suivantes :

- l'Homme utilise les produits de l'érosion. On peut citer comme exemple le prélèvement par l'Homme de sable et de graviers pour réaliser des constructions (ponts, tunnels, routes, maisons). Le sable représente un matériau particulièrement intéressant : on l'utilise par exemple pour produire du béton, du verre, des microprocesseurs et même des pneus. C'est la deuxième ressource géologique la plus utilisée par l'Homme, après l'eau.
- l'Homme exagère l'érosion. L'extraction trop importante du sable des rivières, voire du sable marin à proximité des côtes, provoque un retrait des plages et accentue le phénomène d'érosion du littoral.
- l'Homme prend en compte l'érosion et/ou s'efforce de la limiter. Dans les zones du globe où l'érosion fait encourir des risques importants aux populations humaines, des mesures d'aménagement spécifiques sont prises. Pour limiter l'érosion du littoral, les autorités peuvent décider de protéger le milieu dunaire qui souffre du piétinement. Pour prévenir les glissements de terrain dans les zones de montagne et anticiper sur leurs conséquences, les constructions sont adaptées et les voies de circulation routière sont modifiées.

5 La granulométrie d'un sédiment

➔ **Énoncé**
p. 126

Nouveau programme

Sur le graphique donnant la granulométrie des particules du sédiment aux trois lieux de prélèvement, on voit que la granulométrie des particules est de plus en plus fine d'amont en aval de la Loire. Par exemple, en amont, au Puy-en-Velay, 27 % de la masse des particules a une taille comprise entre 1 et 2 mm contre seulement 4 % à Orléans et 1 % à Nantes. En aval, à Nantes, 37 % de la masse des particules a une taille comprise entre 0,125 mm et 0,25 mm contre seulement 24 % à Orléans et 2 % au Puy-en-Velay.

L'autre graphique donne le pourcentage cumulé de la masse des particules retenues par telle ou telle maille du tamis. On peut faire les observations suivantes :

- à Nantes, des mailles de diamètre allant de 0,1 à 1 mm suffisent à récupérer la totalité du sédiment ;
- à Orléans, il faut des mailles de diamètre allant de 0,1 à 4 mm pour récupérer la totalité du sédiment ;
- au Puy-en-Velay, il faut des mailles de diamètre allant de 0,1 à 10 mm pour récupérer la totalité du sédiment.

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

Toutes ces mesures indiquent que les particules solides sont susceptibles de se déposer lors de leur transport par l'eau. Les particules les plus grosses ayant tendance à sédimenter les premières, on assiste à une diminution de la granulométrie des sédiments à mesure du transport des particules par le cours d'eau.

6 Les domaines érosion - transport - sédimentation

➔ **Enoncé**
p. 127

Nouveau programme

Conseil : avant d'aborder le QCM, familiarisez-vous avec la manière de lire le diagramme de Hjulström. Sa « clé » de lecture est la suivante :

- une particule solide dont la taille 0,1 mm est érodée et transportée par un courant de vitesse supérieure à 20 cm/s ; elle est encore transportée tant que la vitesse se maintient au-dessus de 0,8 cm/s puis se dépose lorsque la vitesse devient plus faible.
- un courant de 100 cm/s transporte les particules de taille inférieure à 0,001 mm déjà en suspension, érode et transporte celles comprises entre 0,01 et 50 mm et laisse déposer celles supérieures à 10 mm.

La bonne réponse pour chaque série de propositions est :

1 ☐ c.

2 ☐ c.

3 ☐ b.

7 Comme des Pénitents

➔ **Enoncé**
p. 128

Nouveau programme

La photographie du conglomérat des Mées montre des galets liés entre eux par un ciment naturel. Il s'agit d'une organisation typique des roches détritiques, c'est-à-dire des roches majoritairement formées de débris issus de l'érosion. Il est d'autre part indiqué que la forme arrondie de ces galets suggère une usure lente liée à un transport par l'eau d'un fleuve ou d'une rivière, et qu'une grande majorité de ces galets est d'origine sédimentaire (calcaires, grès...).

Ces indications amènent à penser que les impressionnants Pénitents des Mées proviennent de l'érosion d'un relief fait de calcaire et de grès dont l'altération a fourni des matériaux ensuite transportés par l'eau pour sédimenter et subir une compaction, un enfouissement et une cimentation.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

8 Des échantillons à identifier

Enoncé
p. 130

Nouveau programme

- 1 Chacun des trois échantillons montre des particules solides réunies par un ciment. Ce qui varie d'un échantillon à l'autre est surtout la taille des particules solides : elles sont plus grosses dans l'échantillon Y (« galets » de 3 à 12 cm) que dans l'échantillon X (particules de taille comprise entre 0,1 et 0,5 mm), et plus grosses dans l'échantillon X que dans l'échantillon Z (particules peu visibles à l'œil nu).
- 2 Parmi les roches détritiques, on connaît :
 - les conglomérats, formés de fragments grossiers (taille d'au moins 2mm dans au moins 10 % du volume de la roche) réunis par un ciment naturel ;
 - les grès, issus de l'agrégation de grains de taille majoritairement sableuse (0,063 mm à 2 mm) réunis par un ciment naturel ;
 - les pélites, formées de grains très fins ($< 10 \mu\text{m}$) contenant entre autre des minéraux argileux et du quartz.

En comparant les tailles des particules solides de ces trois roches détritiques connues et des trois roches détritiques « anonymes », on peut affirmer que :

- l'échantillon Y est un conglomérat ;
- l'échantillon X est un grès ;
- l'échantillon Z est une pélite.

9 L'érosion du littoral

Enoncé
p. 131

Nouveau programme

- 1 Sur la photo de 1970, on voit une très grande plage devant la résidence Le Signal, située à l'époque à 200-300 m de la mer. En 2017, la plage a quasiment disparu et la résidence, qui se retrouve sur un petit promontoire de sable, risque de s'affaïsser sur ce qui reste de plage.
- 2 On sait que l'être humain utilise des produits de l'érosion/sédimentation pour ses besoins. Le sable est un matériau géologique très intéressant pour l'Homme ! L'extraction trop importante du sable des rivières, voire du sable marin à proximité des côtes, provoque un retrait des plages et accentue le phénomène d'érosion du littoral. Cela pourrait expliquer ce qui s'est passé devant la résidence Le Signal depuis une trentaine d'années.

GÉOSCIENCES ET DYNAMIQUE DES PAYSAGES • CHAP. 7

10 Modéliser la cimentation

Enoncé
p. 132

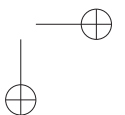
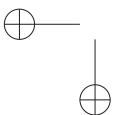
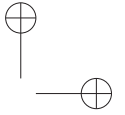
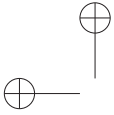
Nouveau programme

- 1 L'équivalence entre chaque ingrédient et le réel est la suivante :
 - Sable $\Leftrightarrow$ particules solides d'un sédiment
 - Gros sel et eau $\Leftrightarrow$ Le liquide qui circule entre les particules solides et forme une solution sursaturée en ions
- 2 La solution saturée en sel va finir par précipiter. On obtiendra un ciment réunissant les grains de sable. On aura modélisé la formation d'un grès.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Chapitre

8

Structure et fonctionnement des agrosystèmes

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Qu'est-ce qu'un agrosystème ?
3. Différents modèles d'agrosystème

1 Introduction

L'agriculture existe depuis le Néolithique. Après 1945, elle a connu une modernisation rapide dans le but de nourrir une population en forte croissance (près de 8 milliards d'habitants actuellement). Aujourd'hui, plusieurs modèles d'agriculture coexistent dans le monde, avec pour chacun un impact environnemental qui lui est propre.

❓ PROBLÉMATIQUE

Comment nourrir une population mondiale qui ne cesse d'augmenter en limitant les impacts négatifs sur l'environnement ?

2 Qu'est-ce qu'un agrosystème ?

2.1 C'est un écosystème modifié

Un écosystème est l'ensemble formé par un milieu et les êtres vivants qui le peuplent. Les êtres vivants ont besoin de matière et d'énergie et sont plus ou moins diversifiés.

On trouve :

- Des producteurs primaires : les végétaux, qui fabriquent leur matière à partir d'eau, de CO_2 et d'ions minéraux grâce à la photosynthèse. Leur énergie provient de la lumière solaire.

- Des producteurs secondaires : les animaux et champignons qui fabriquent leur matière en utilisant celle des autres êtres vivants. Leur énergie vient de celle qui est contenue dans les molécules consommées. Grâce aux décomposeurs, la matière des organismes morts est recyclée et redevient de la matière minérale.

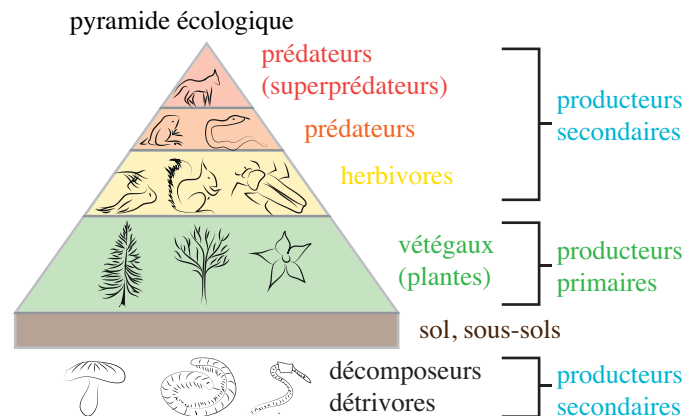


Figure 8.1 – Masse comparée des différentes catégories d'êtres vivants selon leur position dans un écosystème forestier

Une partie de la matière consommée par un être vivant n'est pas assimilée (déchets), une autre partie sert à la production d'énergie par respiration et une autre partie sert à produire sa matière. Plus on s'élève dans les niveaux du réseau trophique, plus la masse des êtres vivants est faible. On appelle rendement écologique le rapport entre la productivité nette d'un niveau trophique (au numérateur) et celle du niveau inférieur (au dénominateur). Il est inférieur à 1. Il correspond à la part de la matière réellement convertie en biomasse lors du transfert. On peut également l'exprimer en pourcentage et il est alors d'environ 10% quel que soit le niveau considéré.

2.2 Particularités de cet écosystème

Un écosystème est équilibré si les entrées et sorties de matière se compensent. Un agrosystème est un écosystème particulier. L'Homme prélève de la matière, végétale (cultures) ou animale (élevage), ce qui déséquilibre les entrées et sorties de matière. On appelle rendement agricole la quantité de produit récoltée sur une surface cultivée donnée. Il est exprimé par exemple en tonnes par hectare.

La production agricole répond aux besoins alimentaires mais aussi à des besoins variés comme la production de textiles (lin par exemple), d'agrocarburants et de médicaments.

Afin de maintenir le rendement pour les récoltes successives, des apports extérieurs, appelés intrants, sont nécessaires. Il s'agit d'engrais (substances apportant des ions minéraux nécessaires aux végétaux), de produits phytosanitaires (herbi-

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 8

cides pour éliminer les autres végétaux, fongicides pour éliminer les champignons, insecticides pour éliminer les insectes considérés comme nuisibles) limitant la présence d'autres espèces concurrentes ou responsables de maladies, de médicaments.

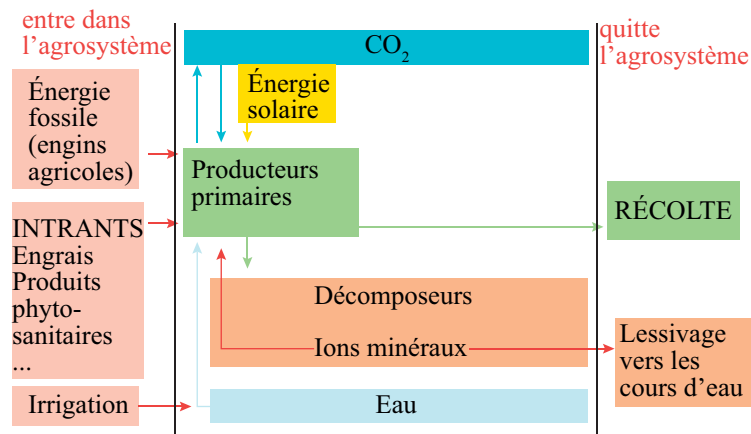


Figure 8.2 – Entrées et sorties d'un agrosystème du type culture

Retrouvez des compléments sur la notion d'agrosystème avec

Voir exercices 2 à 8.

3 Différents modèles d'agrosystème

3.1 L'agriculture vivrière

Elle a pour but de produire des ressources pour une autoconsommation par la population locale. Elle existe essentiellement dans les pays en voie de développement. Elle consiste en une polyculture (plusieurs cultures différentes sur de petites parcelles) et de l'élevage. Elle a un faible rendement agricole.

3.2 Le modèle industriel

3.2.1 - L'agriculture intensive

L'objectif est de produire des ressources animales ou végétales qui seront des matières premières pour l'industrie agro-alimentaire. L'agriculture intensive cherche à maximiser le rendement. Elle recourt pour cela à de nombreux intrants. Ce modèle est celui qui a le plus fort impact environnemental : il nécessite une grande quantité d'intrants qui se retrouvent dans les cours d'eau, dans les récoltes et les animaux. Ils peuvent avoir un impact sur la santé humaine et sur celle des autres

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

êtres vivants. La biodiversité y est faible.

3.2.2 - L'agriculture extensive

Elle ne cherche pas la productivité maximale et recourt à moins d'intrants chimiques que l'agriculture intensive. Son objectif est d'être économiquement rentable en minimisant l'impact environnemental. Elle comporte différentes catégories : agriculture raisonnée, agriculture biologique etc.

Voir exercices 1 et 9

➔ À RETENIR

Un agrosystème est un écosystème particulier, terrestre ou aquatique, dont l'objectif premier est de produire de la biomasse végétale et/ou animale. Il nécessite des apports extérieurs d'intrants pour une production durable dans le temps. Les intrants ont un impact sur l'environnement, cet impact étant plus ou moins important selon le type d'agriculture.

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 8

1 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 152

Choisissez pour chaque série de propositions la seule réponse exacte.

- 1 Un agrosystème :
 - a est un écosystème équilibré ;
 - b comporte systématiquement des animaux utilisés par l'Homme ;
 - c ne nécessite pas d'apports extérieurs ;
 - d a pour but de produire des ressources alimentaires.
- 2 Les engrais :
 - a sont des substances nécessaires pour compenser les exportations de matière de l'agrosystème ;
 - b sont tous absorbés par les végétaux des cultures ;
 - c ne polluent pas les cours d'eau.
- 3 Les modèles d'agriculture :
 - a diffèrent uniquement par la quantité de produits phytosanitaires utilisés ;
 - b n'ont pas tous le même impact environnemental ;
 - c ont des rendements identiques.

2 V/F Vérification des connaissances

10 min

Corrigé
p. 152

Les affirmations suivantes sont fausses. Expliquez pourquoi :

- 1 Consommer de la viande ou des céréales présente les mêmes inconvénients pour l'environnement.
- 2 Nos consommations alimentaires ne sont pas une cause majeure de réchauffement climatique.
- 3 La biodiversité des agrosystèmes industriels est particulièrement importante.
- 4 Dans un agrosystème, de l'énergie est apportée sous forme de pesticides.

3 Produits phytosanitaires, environnement



10 min

Corrigé
p. 153

Nouveau programme



Retrouvez les interactions abeilles/produits phytosanitaires en vidéo avec



« À l'occasion des APIdays, les journées nationales de l'abeille, les apiculteurs alertent sur le sort de ces insectes, en déclin continu depuis vingt ans. Un déclin en partie dû aux pesticides.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

30 % des abeilles continuent de mourir chaque année en France. Depuis jeudi, les APIdays, les journées nationales de l'abeille, permettent aux spécialistes de sensibiliser à la cause de ces insectes. Car s'il y a 1,3 million de ruches dans le pays, le déclin ne cesse de s'accélérer depuis vingt ans, à cause de l'agriculture intensive, des aléas climatiques et des insecticides.

Le glyphosate est pointé du doigt par les apiculteurs... »*

D'après le site <https://www.europe1.fr> (article du 15 juin 2019)

À l'aide de vos connaissances et du texte ci-dessus, précisez l'impact de l'agriculture intensive sur les abeilles.

* glyphosate : herbicide pulvérisé par les agriculteurs et les particuliers sur les feuilles des végétaux à éliminer.

4 Rendements agricoles



15 min

Corrigé
p. 153

Lycée Albert de Mun, Nogent-sur-Marne

Une étude a été menée en 2010 par des chercheurs de l'INRA (Institut national de recherche agronomique) sur l'évolution du rendement du blé en France et ses causes possibles.

Document 1 : Évolution du rendement du Blé entre 1950 et 2010 en France

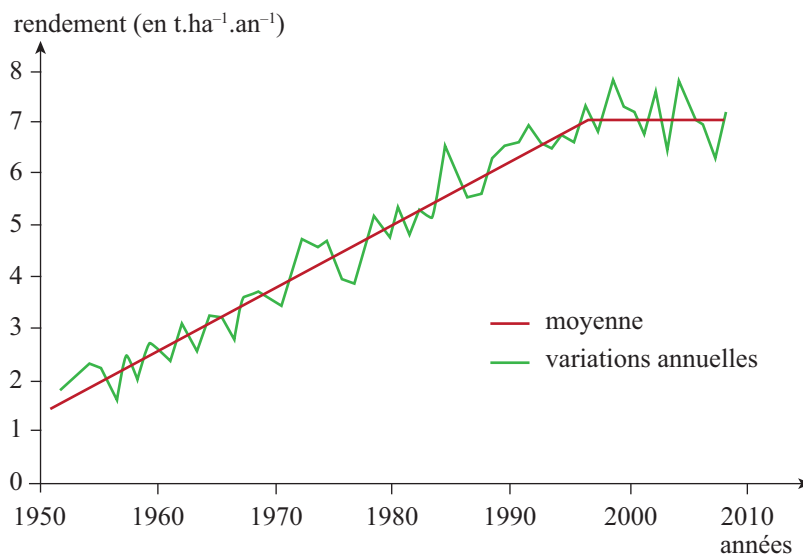


Figure 8.3 – Évolution du rendement du Blé entre 1950 et 2010 en France

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 8

Document 2 : Paramètres agissant sur le rendement en blé

Paramètres	Commentaire	Impact sur le rendement du blé
Génétique	Effet continu des progrès génétiques sur le rendement depuis 1970	Impact positif
Agronomiques : engrais azotés	Augmentation des doses jusqu'en 2000, puis baisse entre 2000 et 2007	Effet dépressif à partir de 2000 : $-15 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$
Agronomiques : pratiques de culture	À partir des années 2000, les légumineuses (qui enrichissent le sol en azote) sont remplacées par le colza comme précédent celle du blé	Effet dépressif à partir de 2000 : $-35 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$
Climat	Changement climatique affectant la croissance des tiges et le développement des grains	Effet dépressif : $-20 \text{ à } -50 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$

Tableau 8.1 – Paramètres agissant sur le rendement en blé

- 1 Commentez le tracé du graphique du document 1.
- 2 À l'aide de vos connaissances, justifiez la baisse de l'utilisation des engrais dans les cultures de blé.
- 3 Mettez en relation les informations des documents 1 et 2 et discutez de l'impact des différents paramètres sur l'évolution du rendement en blé depuis la fin des années 90.
- 4 Indiquez quelle serait l'évolution des rendements en blé si le réchauffement climatique se poursuit en France.

5 Productivité des agrosystèmes



10 min

Corrigé
p. 154

Lycée Pablo Picasso, Fontenay sous Bois

On s'intéresse à la productivité de différents élevages bovins.

Document 1 : Mise en œuvre de deux études distinctes

Deux études distinctes ont été menées pour tester le rendement écologique d'un système d'élevage de bovins élevés en pâtures.

Dans le premier cas, les travaux portaient sur une prairie artificielle semée de Normandie pâturée par des bovins sélectionnés de race Normande. Dans le second cas, l'étude concernait des bovins non améliorés par croisement

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

génétique (comme les Highlands) pâturent dans une prairie naturelle (non semée) au Royaume-Uni.

La race Normande actuelle est le résultat de nombreux programmes de sélection génétique. Dans cette étude, elle est nourrie à partir d'un mélange d'herbes sélectionnées, entre autres, pour leur bonne digestibilité. Parallèlement, de nombreuses interventions sont réalisées sur la prairie artificielle semée et en particulier une fertilisation importante et de fréquents traitements destinés à limiter le développement de la flore adventive et de certaines espèces animales pouvant réduire la productivité primaire.

La « Highland » est une race bovine originaire d'Écosse élevée en France à très petite échelle pour la production de viande. La particularité de cette race est d'avoir été très peu modifiée par l'amélioration génétique contrairement par exemple à la race Normande. Dans cette étude menée en prairie naturelle, les animaux se nourrissent de végétaux se développant spontanément sans intervention humaine.

Document 2 : Tableau comparatif des rendements d'une prairie artificielle normande et d'une prairie naturelle anglaise

Valeurs (en 10^3 kilojoules/m ² /an)	Prairie artificielle normande	Prairie naturelle anglaise
Énergie solaire incidente	2082	1672
Productivité primaire nette	29,34	10,5
Biomasse consommée par :		
- les bovins	3,05	13,9
- les arthropodes, mollusques phytophages	1,2	1,25
Bovins	0,2	2,1

- 1 Calculez et comparez le rendement photosynthétique des producteurs primaires pour chaque étude. Le rendement est le rapport entre l'énergie de la productivité primaire nette (au numérateur) et l'énergie solaire incidente reçue (au dénominateur). Il est multiplié par 100 afin d'être exprimé en %.
- 2 Calculez et comparez l'efficacité énergétique des bovins pour chaque étude. L'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie contenue dans la biomasse produite par l'animal (au numérateur) et l'énergie contenue dans la biomasse consommée (au dénominateur). Il est multiplié par 100 afin d'être exprimé en %.
- 3 Émettez des hypothèses expliquant les différences de rendement observées au niveau des producteurs primaires et des consommateurs (bovins uniquement).
- 4 Précisez les avantages et les limites de chaque système dans le cadre d'une amélioration durable de la productivité agricole.

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTEMES • CHAP. 8

6 Réseau trophique, bioaccumulation



15 min

Corrigé
p. 156

Nouveau programme

Dans certaines populations humaines vivant en Arctique, la proportion de femmes qui allaitent leur bébé est élevée. Leur lait maternel est cependant fortement contaminé par des pesticides, alors qu'elles vivent loin de toute exploitation agricole.

Document 1 : Alimentation des populations arctiques.

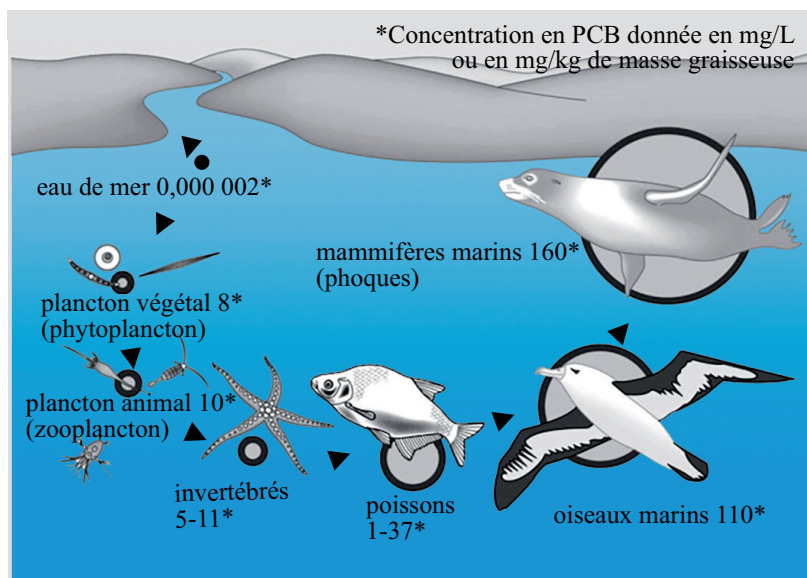
« Ce jour-là, Nukilik le pêcheur part sur son traîneau relever les pièges qu'il a disposés sur la banquise. Il s'arrête près d'un trou dans la glace. Quelques jours auparavant Nukilik, après avoir observé qu'un phoque venait respirer par ce trou, a installé un filet sous la banquise, espérant ainsi capturer l'animal. Les ancêtres de Nukilik chassaient et pêchaient de cette manière.

Poissons et mammifères marins constituent la base de la nourriture traditionnelle de ces populations arctiques. Outre la viande, ils sont friands des abats, comme le foie qu'ils mangent cru, et de la couche de gras située juste sous la peau des phoques, des baleines... »

D'après <http://education.francetv.fr>

Document 2 : Bioaccumulation de substances toxiques dans une chaîne alimentaire marine

Dans l'illustration suivante extraite du site worldoceanreview.com, le signe ► signifie « est mangé par ».



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Document 3 : Les différents modes de transports des polluants jusqu'à l'Océan Arctique

Des produits chimiques d'origine industrielle, comme des pesticides, des métaux lourds et d'autres produits toxiques, émis par des pays développés situés très au sud de l'Arctique peuvent être transportés par les courants aériens et océaniques sur de longues distances. Le plus souvent, c'est le vent qui va entraîner, parfois en quelques jours seulement, les polluants vers les eaux marines qui bordent le Groenland. À ce stade, le froid les fait descendre dans les couches basses de l'atmosphère et ils se retrouvent dans les précipitations.

- 1 Utilisez le document 1 pour décrire l'alimentation des populations arctiques.
- 2 Montrez que le document 2 illustre la notion de bioaccumulation.
- 3 Expliquez la forte concentration de PCB dans le corps des populations arctiques.
- 4 À l'aide du document 3, indiquez la raison de la présence de PCB dans une région du monde où l'on n'en utilise pas.

7 Impact du DDT sur les écosystèmes



10 min

Corrigé
p. 156

Lycée Albert de Mun, Nogent sur Marne

À partir des informations extraites des documents ci-dessous et de vos connaissances, répondez aux questions suivantes :

- 1 Dans la pyramide des biomasses du document 2, le premier maillon de la chaîne alimentaire ne figure pas. Indiquez le maillon qui se trouve à la base de toute chaîne alimentaire.
- 2 Expliquez la diminution de biomasse d'un niveau à l'autre.
- 3 Expliquez pourquoi les superprédateurs sont les plus touchés par la pollution.
- 4 Comment pouvez-vous expliquer que du DDT puisse être retrouvé dans le lait de certaines femmes ?

Document 1 : Pesticides et bioamplification

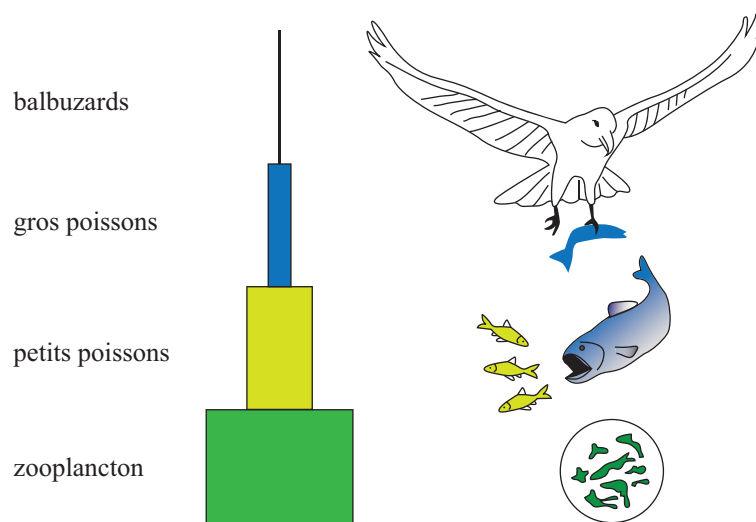
L'Homme produit une extraordinaire variété de substances toxiques, et notamment des milliers de produits synthétiques qui n'ont jamais existé à l'état naturel. Il déverse ces substances dans la nature, sans s'inquiéter des conséquences écologiques de ce geste. [...] Les organismes absorbent les substances toxiques en même temps que l'eau et les nutriments. Ils en métabolisent et en excrètent certaines mais en accumulent d'autres dans leurs tissus. [...] La concentration tissulaire des toxines augmente à chaque échelon des chaînes alimentaires, en un processus appelé bioamplification. Par conséquent, les

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTEMES • CHAP. 8

organismes carnivores subissent le plus gravement les méfaits des composés toxiques libérés dans le milieu. [...] Les chercheurs ont trouvé des traces de DDT dans les tissus de la plupart des organismes examinés; dans plusieurs pays, ils en ont même décelé dans le lait maternel des femmes. L'un des premiers indices des effets écologiques du DDT fut le déclin des populations d'Aigles et de Pélicans, des superprédateurs qui occupent le sommet de chaînes alimentaires.

Le DDT est un insecticide, qui a fait l'objet d'un large usage dans la lutte contre les ravageurs des cultures et contre les insectes piqueurs. Son épandage est désormais interdit dans de nombreux pays.

Document 2 : Pyramide des biomasses et chaîne alimentaire étudiées



COURS

INTERROS

CORRIGÉS

8 Pratiques alimentaires



20 min

Corrigé
p. 157

Lycée Albert Einstein, Sainte-Geneviève-des-Bois

À partir des documents proposés, montrez que nourrir la planète en 2050 est un enjeu majeur qui dépend des ressources naturelles et des habitudes alimentaires.

Conseils :

- À l'aide du document 1, décrire l'évolution de la population mondiale.
- À l'aide du document 2, décrire l'évolution de la surface cultivée (ressources en sol et en eau) et mettre en relation les informations avec le document 1.
- À l'aide du document 3, montrer que les régimes alimentaires n'ont pas les mêmes conséquences sur les ressources disponibles.

Document 1 : Évolution de la population mondiale entre 1700 et 2050

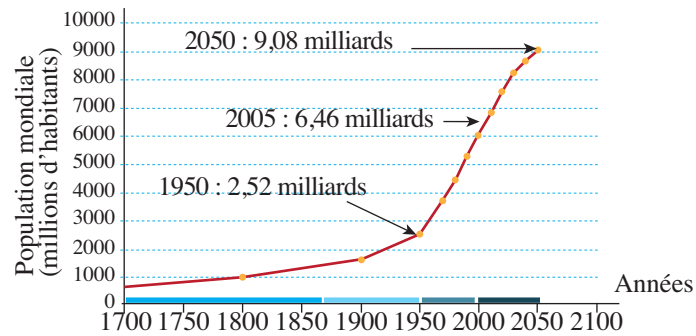


Figure 8.4

Document 2 : Évolution de la surface cultivée par habitant (en hectares)

1960	2000	2050
0.45	0.26	0.17

Tableau 8.2

Document 3 : Comparaison des surfaces de sol nécessaire à la production d'un kilogramme d'aliments

Document 3 : Surface de sol en m² nécessaire pour produire un kilogramme d'aliments et disponible par habitant

Bœuf, y compris fourrage	323 m ²
Bœuf de pâturage	269 m ²
Poisson	207 m ²
Cochon	55 m ²
Poulet d'engraissement	53 m ²
Œuf	44 m ²
Riz / Pâtes	17 m ²
Pain	16 m ²
Légumes / Pommes de terre	6 m ²

Figure 8.5

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTEMES • CHAP. 8

9 Comparaison de deux agrosystèmes ★★★ 20 min Corrigé p. 158

Lycée Teilhard de Chardin, Saint Maur des Fossés

On s'intéresse aux informations données pour un agrosystème de plein champ qui produit du maïs utilisé dans l'alimentation humaine et pour un agrosystème d'élevage ovine (moutons) destiné uniquement à la production de viande. Le tableau suivant permet de comparer les valeurs moyennes des consommations énergétiques des deux agrosystèmes en mégajoules. Elles ont été obtenues pour un ensemble de fermes de références.

	Production de maïs (megajoules)	Production de viande ovine (megajoules)
<i>Fioul consommé</i>	99	44
<i>Autres produits pétroliers</i>	10	13
<i>Électricité</i>	29	12
<i>Energie/eau</i>	44	1
<i>Achats aliments</i>	-	86
<i>Engrais et amendements</i>	216	30
<i>Phytosanitaires</i>	19	0
<i>Semences</i>	11	1
<i>Jeunes animaux</i>	-	5
<i>Matériel</i>	45	21
<i>Bâtiments</i>	4	14
<i>Autres achats (médicaments)</i>	-	11
TOTAL ENTREES	475	238
<i>Lait</i>	-	0
<i>Viande</i>	-	98
<i>Végétaux</i>	2255	0
TOTAL DES SORTIES	2255	98

	Production de maïs	Production de viande ovine
<i>Dioxyde de carbone</i>	0.34	4.38
<i>Méthane</i>	1.00	8.3
<i>Oxyde d'azote</i>	1.23	1.4

Tableau 8.3 – Comparaison des émissions de 9 gaz à effet de serre pour deux agrosystèmes en équivalent tonne de CO₂ /hectare/an

À partir de ces données, montrez que la consommation d'aliments d'origine animale n'a pas le même impact environnemental que la consommation de produits dérivés de végétaux.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 QCM Vérification des connaissances

Enoncé
p. 143

1 Affirmation vraie : **d**.

L'affirmation **a** est fausse car les exportations de matière rendent obligatoires les apports extérieurs pour une production durable dans le temps.
L'affirmation **b** est fausse car un champ cultivé est un agrosystème.

2 Affirmation vraie : **a**.

L'affirmation **b** est fausse car les ions minéraux contenus dans les engrais sont souvent trop abondants ou apportés trop rapidement pour être tous absorbés par les végétaux. Ils restent dans le sol et sont lessivés lors des précipitations : ils sont entraînés vers les cours d'eau et les polluent.

3 Affirmation vraie : **b**.

L'affirmation **a** est fausse car le modèle intensif est celui qui utilise le plus d'intrants d'une manière générale, et pas seulement de produits phytosanitaires.

L'affirmation **c** est fausse car le modèle intensif est le plus productif.

2 V/F Vérification des connaissances

Enoncé
p. 143

1 La consommation de viande a davantage d'inconvénients que la consommation de céréales : pour produire 1 kg de viande, il faut davantage d'eau que pour produire 1 kg de céréales. De plus, il faut cultiver des céréales pour nourrir les animaux d'élevage, et il faut produire beaucoup plus que 1 kg de céréales pour produire 1 kg de viande. En effet, le rendement écologique est inférieur à 1.

2 La production des ressources destinées à la consommation humaine (végétaux et animaux) cause une production de gaz à effet de serre : méthane produit par les animaux d'élevage ou CO₂ provenant de l'utilisation des engins agricoles.

3 La biodiversité des agrosystèmes industriels est faible : il y a une seule espèce de végétaux cultivés et les herbicides éliminent les autres. Il y a peu d'animaux car les insecticides détruisent les insectes.

4 Les pesticides n'apportent pas d'énergie : ils permettent de tuer les « mauvaises herbes », les champignons, les insectes.

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 8

3 Produits phytosanitaires, environnement

➔ Enoncé
p. 143

Nouveau programme

On sait que l'agriculture intensive a recours à des produits phytosanitaires pour contrôler la multiplication des espèces indésirables. Parmi ces produits, on trouve des insecticides qui éliminent les insectes nuisibles aux cultures mais aussi les abeilles.

On apprend d'autre part d'après le texte qu'un herbicide nommé glyphosate serait impliqué dans la mort des abeilles.

Pour ces deux raisons, les populations d'abeilles sont menacées.

4 Rendements agricoles

➔ Enoncé
p. 144

Lycée Albert de Mun, Nogent-sur-Marne

- 1 Le document 1 est un graphique présentant l'évolution du rendement de blé de 1950 à 2010 en France. On observe que le rendement moyen augmente jusqu'en 1995 : de 1 à 7 tonnes par hectare par an entre 1950 et 1995. Ensuite, le rendement se stabilise jusqu'en 2010. Dans le détail, les rendements varient d'une année à l'autre, dans des proportions qui peuvent être importantes, de plus ou moins 1 tonne par hectare.
- 2 On sait que les engrais ont pour rôle de compenser les pertes en ions minéraux dues aux exportations de matière des agrosystèmes. Cependant, ils ne sont pas tous absorbés par les plantes et sont lessivés par les précipitations. Ils se retrouvent alors dans les cours d'eau et les polluent. Pour cette raison leur utilisation a été réduite.
- 3 Le document 2 nous apprend que les progrès en génétique ont permis de produire des plantes plus productives depuis 1970. Les engrais sont utilisés depuis 1950 et ils augmentent le rendement. Ces deux facteurs cumulés sont responsables de l'augmentation du rendement constatée dans le document 1.

Les pratiques de culture et la diminution des quantités d'engrais depuis 2000 ont un impact négatif sur le rendement en blé. Cela explique la stagnation des rendements. Les progrès en génétique doivent compenser ces facteurs et le rendement ne diminue pas, mais stagne. Le changement climatique a également un impact négatif sur le rendement. Le changement des pratiques de culture et le changement climatique sont les deux paramètres qui ont les impacts négatifs les plus importants quantitativement : $-35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ pour le premier.

- 4 Si le réchauffement climatique se poursuit, l'effet dépressif de ce facteur va augmenter et les rendements des cultures de blé vont diminuer au lieu de rester stables.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

5 Productivité des agrosystèmes

Enoncé
p. 145

Lycée Pablo Picasso, Fontenay sous Bois

- 1 On appelle rendement photosynthétique des producteurs primaires le rapport entre l'énergie de la productivité primaire nette sur l'énergie solaire incidente reçue ($\times 100$). Pour la prairie artificielle normande le rendement est de :

$$\frac{29,34}{2082} \times 100 = 1,41 \%,$$

alors que la prairie naturelle anglaise a un rendement au moins trois fois plus faible :

$$\frac{10,5}{1672} \times 100 = 0,63 \%.$$

- 2 L'efficacité énergétique des bovins correspond au rapport de l'énergie contenue dans la biomasse produite par l'animal sur l'énergie contenue dans la biomasse consommée ($\times 100$). Pour les bovins de race normande, le rapport est de :

$$\frac{0,2}{3,05} \times 100 = 6,56 \%,$$

et pour les bovins de race « Highland », l'efficacité énergétique est de :

$$\frac{2,1}{13,9} \times 100 = 15 \%;$$

ainsi, les bovins de race « Highland » ont une meilleure efficacité énergétique que les bovins de race normande. On peut cependant remarquer que les bovins de race normande mangent moins ($3,05 \times 10^3$ kJ/m²/an) que les bovins de race « Highlands » ($13,9 \times 10^3$ kJ/m²/an).

- 3 La prairie artificielle est soumise à de nombreuses interventions telles que la fertilisation du sol, le traitement aux herbicides empêchant le développement des adventices, traitement aux pesticides détruisant les ravageurs (arthropodes, mollusques phytophages). Tous ces traitements favorisent l'accroissement de productivité primaire. En revanche, la prairie naturelle anglaise n'a subi aucun contrôle : ainsi, le rendement photosynthétique de la prairie artificielle est bien meilleur que celui de la prairie anglaise.

La meilleure efficacité énergétique des bovins « Highland » peut s'expliquer par des particularités génétiques. La race « Highland » est une espèce « rustique », qui a été peu modifiée par l'Homme et qui est génétiquement plus efficace que les bovins de race normande, résultat de nombreux programmes de sélection génétique.

Voir tableau page suivante.

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 8

4

	Avantages	Inconvénients
Bovins de race normande	Rendement photosynthétique élevé des prairies artificielles normandes. Variété sélectionnée dont l'élevage peut se faire à grande échelle : biomasse consommée par an plus faible que les « Highlands ».	Traitements conséquents des prairies : fertilisation, herbicides, pesticides Plus faible efficacité énergétique que pour les « Highlands ».
Bovins de race « Highland »	Pas de traitements phytosanitaires des prairies. Meilleure efficacité énergétique que les bovins normands.	Faible rendement photosynthétique des prairies naturelles. Espèce rustique qui ne peut être élevée qu'à petite échelle. Biomasse consommée par an plus élevée que pour les « Normands ».

Tableau 8.4 – Avantages et inconvénients de l'élevage des deux races bovines

Ainsi, les bovins de race « Highland » présentent de nombreux avantages dans le cadre d'une amélioration durable de la productivité agricole : pas de traitements phytosanitaires des prairies, espèce rustique qui peut se nourrir spontanément sans l'intervention de l'Homme, meilleure efficacité énergétique que les bovins normands ; la race « Highland » présente donc un rendement écologique plus intéressant. Cependant, ces animaux mangent au moins quatre fois plus de végétaux que les bovins normands. Leur élevage nécessite donc une plus grande surface herbeuse. Or les ressources limitées de l'environnement et l'augmentation croissante de la population mondiale ne semblent pas compatibles avec ce type d'élevage à grande échelle.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

6 Réseau trophique, bioaccumulation

Enoncé
p. 147

Nouveau programme

- 1 Les populations arctiques ont d'après le document 1 une alimentation à base de poissons et de mammifères marins comme les phoques et baleines. Ils en mangent la viande, mais aussi les abats comme le foie et la couche de gras.

2 MÉTHODE

On perçoit en observant le document 2 ce qu'est la notion de bioaccumulation mais il est attendu une description précise du document. Cela signifie qu'il faut décrire l'évolution de la concentration en PCB dans les différents êtres vivants de la chaîne alimentaire.

On observe dans le document 2 que les substances toxiques comme le PCB s'accumulent dans les êtres vivants le long de la chaîne alimentaire marine : d'une concentration de 0,000 002 dans l'eau de mer, ils se concentrent et on en trouve 1 à 37 mg/kg de masse grasseuse de poisson et 160 mg/kg de masse grasseuse de phoque. C'est une bioaccumulation.

On comprend donc que la présence d'une très petite quantité d'un pesticide dans l'eau de mer conduit à une concentration importante dans le corps des animaux de la chaîne alimentaire : c'est une bioaccumulation.

- 3 Les populations arctiques consomment les poissons et les mammifères marins, qui contiennent dans leur corps une certaine quantité de PCB. Leur organisme se comporte comme les autres : il accumule cette substance.
- 4 Le document 3 nous apprend que les vents entraînent les polluants vers les eaux marines qui bordent le Groenland puis le froid crée des précipitations qui tombent dans l'océan, contaminant l'eau par du PCB.

7 Impact du DDT sur les écosystèmes

Enoncé
p. 148

Lycée Albert de Mun, Nogent sur Marne

- 1 Le maillon manquant à la base de cette chaîne alimentaire est celui des producteurs primaires. Il s'agit d'êtres vivants qui produisent leur matière à partir de substances minérales uniquement. Dans la plupart des écosystèmes, cela correspond aux végétaux.
- 2 On observe dans le document 2 que la biomasse diminue lorsqu'on s'élève dans le réseau trophique. On sait qu'une partie de la matière consommée par un être vivant n'est pas assimilée (déchets), une autre partie sert à la production d'énergie par respiration et une dernière partie lui sert à produire sa matière. Cela explique la diminution de biomasse et forme ce que l'on appelle une pyramide de biomasse.

STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 8

- 3 D'après le document 1, l'Homme utilise du DDT contre les insectes ravageurs des cultures et contre les insectes piqueurs (les moustiques). La molécule peut ensuite se retrouver dans l'eau (eau douce ou eau de mer) et être absorbée par les êtres vivants. Par le processus de bioamplification, plus on s'élève dans le réseau trophique, plus les animaux contiennent de DDT. Les superprédateurs étant au niveau le plus élevé, ils ont donc les concentrations les plus fortes.
- 4 Les femmes consommant des poissons contaminés par du DDT l'accu-
mulent dans leurs tissus. Ainsi, leur lait peut en contenir également.

8 Pratiques alimentaires

➔ **Énoncé**
p. 149

Lycée Albert Einstein, Sainte-Geneviève-des-Bois

Le document 1 est un graphique présentant l'évolution de la population mondiale depuis 1700. La population a d'abord augmenté lentement : elle a atteint 1 milliard d'habitants en 1800. À partir de 1900, l'augmentation a été plus rapide comme le montre le redressement de la courbe et cette intensification a été plus importante encore depuis 1950. En 2050, on table sur 9 milliards d'habitants. Il se pose donc le problème de l'alimentation de la population mondiale : c'est un grand défi de réussir à nourrir correctement tous les Hommes et c'est un double défi de la faire en respectant l'environnement.

Le document 2 est un tableau donnant la surface cultivée par habitant : cette surface a diminué depuis 1960. Elle sera de 0,17 hectare par habitant en 2050. Cette diminution est à mettre en relation avec l'augmentation de la population mondiale : la surface cultivable n'est pas infinie et plus il y a d'habitants, moins il y a de surface disponible par habitant. Nourrir la population suppose donc de mieux utiliser la surface cultivée pour produire davantage (augmenter le rendement), ou changer d'alimentation.

En effet, le document 3 montre la surface de sol nécessaire à la production d'un kilogramme d'aliments de différentes catégories. On observe que les légumes et dérivés (pain, riz, pâtes) sont les aliments qui demandent le moins de surface : de 6 à 17 m² pour produire 1 kilo. Les produits animaux demandent davantage de surface, le maximum étant le bœuf : 323 m² pour 1 kg de viande. Un changement d'alimentation avec une consommation préférentielle ou exclusive de produits végétaux demande moins de surface à cultiver. Cela permet de nourrir davantage de personnes.

En conclusion, on peut dire que nourrir la planète en 2050 est un défi dans la mesure où le nombre d'habitants augmente très rapidement. Notre capacité à relever ce défi dépend des ressources naturelles, puisque le sol et l'eau sont indispensables aux cultures. Elle dépend également du type d'aliments consommés, végétaux ou animaux.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

9 Comparaison de deux agrosystèmes

Enoncé
p. 151

Lycée Teilhard de Chardin, Saint Maur des Fossés

Le premier tableau présente une répartition énergétique par poste des entrées et des sorties de deux types d'agrosystèmes : l'un de type végétal, la culture du maïs et l'autre de type animal, la production de viande bovine.

Remarque : a priori, il peut paraître surprenant pour la culture du maïs que les sorties (énergie exportée pour l'alimentation humaine) soient supérieures aux entrées. Il faut comprendre, en réalité dans cet exercice que les entrées ne correspondent qu'aux interventions humaines. Or les végétaux sont autotrophes, ils captent l'énergie solaire pour produire leur propre matière : l'énergie solaire captée est la source d'énergie de la production végétale, mais cette donnée n'apparaît pas dans le tableau. C'est la raison pour laquelle il est impossible de calculer un rendement énergétique de cette culture.

Une vision globale du total des entrées (interventions humaines) et des sorties (matière produite exportée pour l'alimentation humaine) montre que si les entrées sont deux fois moins importantes pour la production de viande ovine que pour la culture du maïs, les sorties sont bien différentes : 2255 mégajoules pour le maïs contre 98 mégajoules pour l'élevage ovin (soit 23 fois moins). De plus, on constate que les entrées sont 2,5 fois plus importantes que les sorties dans le cas de la production de viande (238 Mégajoules apportées contre 98 mégajoules récupérées), alors que dans le cas de la culture du maïs, l'Homme récupère presque 5 fois plus d'énergie qu'il n'en apporte (2255 Mégajoules récupérées pour 475 apportées). Les coûts énergétiques liés aux interventions humaines sont donc très différents : positif dans le cas d'une grande culture et négatif dans le cas de la production de viande.

En outre, la comparaison des émissions de gaz à effet de serre (second tableau) montre que la production de viande ovine produit plus de gaz à effet de serre qu'une grande culture de maïs. Les gaz à effet de serre étant impliqués dans le réchauffement climatique global, ils sont considérés comme ayant un impact environnemental négatif.

Chapitre

9

Sols et gestion durable des agrosystèmes

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Caractéristiques des sols et production de biomasse
3. Vers une gestion durable des agrosystèmes

1 Introduction

La présence d'un sol est indispensable au fonctionnement des agrosystèmes. Le sol est le résultat d'interactions entre les roches et la biosphère. Les particularités du fonctionnement des agrosystèmes peuvent mettre en danger l'existence du sol ou ses qualités pour les cultures.

❓ PROBLÉMATIQUE

Comment concilier l'utilisation actuelle des sols par l'agriculture et leur durabilité pour une production à plus long terme ?

2 Caractéristiques des sols et production de biomasse

2.1 Organisation d'un sol : exemple d'un sol forestier

On peut définir un sol comme étant la partie solide entre la roche et l'atmosphère dans laquelle des végétaux peuvent se développer. Un sol contient de la matière organique et une partie minérale comme le montre la présence de graviers par exemple.

L'observation macroscopique d'un sol non cultivé comme le sol brun forestier, présent en France dans les forêts de feuillus, montre que celui-ci est divisé en plusieurs couches horizontales, de couleur, de contenu et de granulométrie (taille des éléments qui le composent) différentes. Ces couches sont appelées des *horizons*. Il existe plusieurs grands types d'horizons :

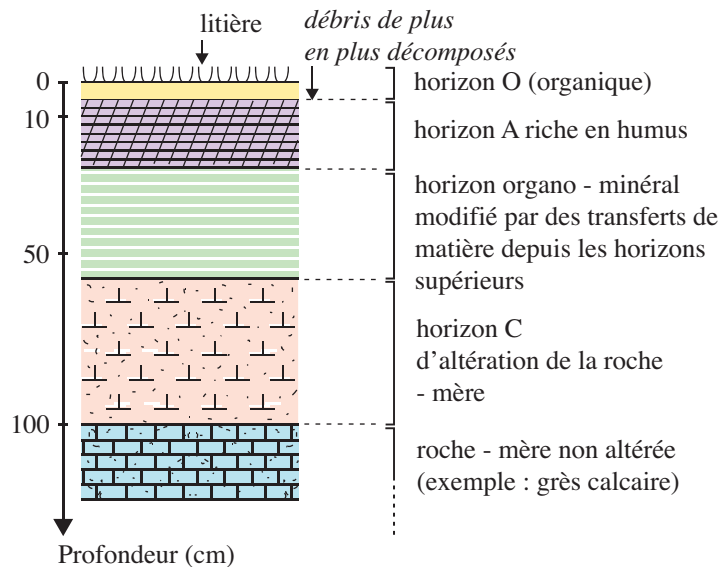


Figure 9.1 – Structure d'un sol : exemple d'un sol brun forestier

Un sol cultivé ne comporte pas de litière, sauf si l'agriculteur laisse des restes végétaux.

2.2 Formation des sols

Le point de départ de la formation d'un sol est la roche-mère brute, c'est-à-dire non altérée. La roche affleurante subit des altérations climatiques :

- Le froid et le gel fragmentent la roche et y créent des fissures ;
- La pluie altère chimiquement les minéraux qui se transforment en autres minéraux, le plus souvent des argiles. Ces transformations dues à l'eau sont des hydrolyses.

Cela déstabilise la structure de la roche et contribue à la fragmenter (voir chapitre 7, paragraphe 2, page 123).

Il peut alors y avoir germination et développement de végétaux colonisateurs peu exigeants : ce sont le plus souvent des végétaux herbacés. Les racines de ces végétaux s'insinuent dans les fractures de la roche et les parties mortes constituent un premier apport de matière organique. On obtient donc un ensemble formé de particules minérales et de matière organique : c'est la naissance d'un sol.

Une fois que le sol est suffisamment épais, des arbres peuvent s'y installer : l'arbre pionnier sous nos latitudes est le Bouleau, peu exigeant sur la composition du sol, mais nécessitant un fort ensoleillement. L'apport en matière organique continuant, le sol s'épaissit et évolue. D'autres espèces d'arbres s'installent et on obtient une forêt. L'évolution totale prend un millier d'années environ.

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

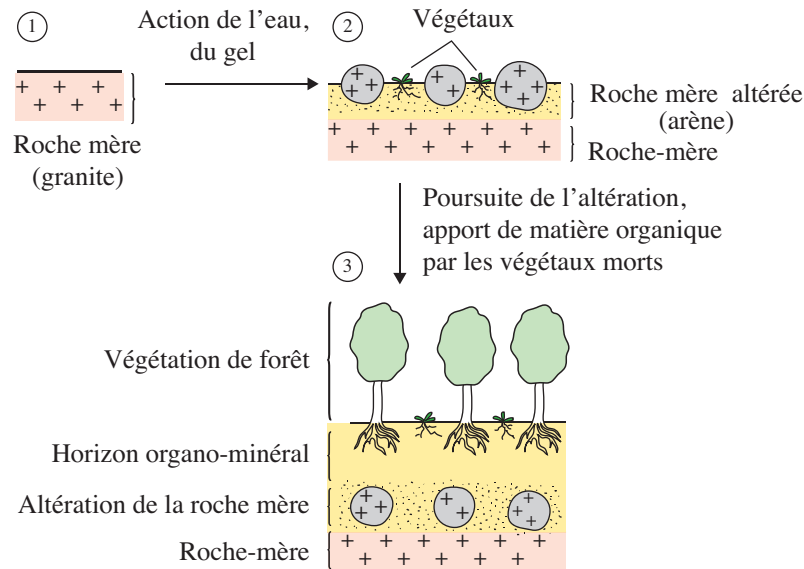


Figure 9.2 – Les grandes étapes de formation d'un sol : exemple d'un sol brun forestier

2.3 Les réseaux trophiques des sols

Les végétaux ou leurs débris forment le premier niveau du réseau trophique (les producteurs primaires). La particularité d'un sol est que les producteurs secondaires sont le plus souvent des décomposeurs : ils utilisent la matière organique des débris et des organismes morts (feuilles mortes, cadavres d'animaux etc.). Il s'agit d'animaux et aussi de microorganismes. La décomposition produit des substances minérales comme le CO_2 (« respiration du sol ») et les ions minéraux. Les ions minéraux du sol seront utilisés par les végétaux pour leur développement. Il y a donc un recyclage de la matière dans un écosystème en équilibre.

Voir figure page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

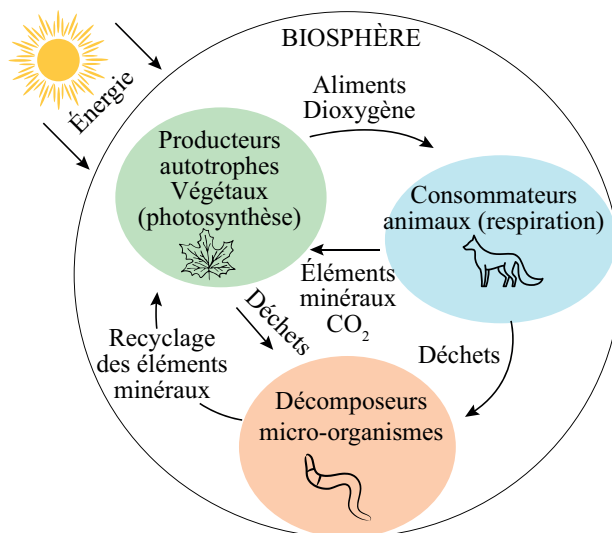


Figure 9.3 – Le réseau trophique d'un sol

Les flèches représentent des transferts de matière et d'énergie

 Retrouvez les animaux du sol en vidéo avec 

Voir exercices 2 à 5.

3 Vers une gestion durable des agrosystèmes

3.1 La déforestation

D'une part, l'Homme a besoin de surfaces cultivables pour son alimentation, et aussi pour la production d'agrocarburants. Il les obtient en supprimant les végétaux naturellement installés : chaque année, 90 000 km² de forêts sont détruits dans le monde, essentiellement dans la zone tropicale. D'autre part, l'exploitation forestière pour le bois laisse des sols quasiment nus s'il n'y a pas de plantations réalisées après les coupes. 80% des surfaces déforestées le sont pour faire des cultures.

PROBLÉMATIQUE

Quelles sont les conséquences sur le sol du fonctionnement d'un agrosystème ?

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 9

3.2 Un recyclage réduit de la matière dans les agrosystèmes

Les arbres apportent une grande quantité de matière organique au sol chaque année : 2 à 4 tonnes par hectare et par an dans une forêt de feuillus en climat tempéré. Leur suppression pour des cultures crée un déficit d'apport de matière organique. On estime qu'il y a 3 300 millions d'hectares cultivables sur la planète et que l'Homme en utilise la moitié actuellement.

Lorsque le déficit d'apports organiques dû à la culture n'est pas compensé par un apport externe, le sol se déstructure : en effet, la quantité d'humus diminue. Le sol s'acidifie et se tasse à cause de la baisse de l'activité biologique. La biodiversité du sol s'appauvrit.

3.3 Des techniques de culture dégradant le sol

Le passage d'engins agricoles lourds sur le sol crée un tassement mécanique : le volume des pores diminue, ce qui limite la capacité en air et en eau pour les cultures.

La déstructuration du sol provoque le départ de matière : l'entraînement de particules par les eaux de ruissellement est l'érosion pluviale, qui est amplifiée par l'absence de cultures pendant une partie de l'année après la récolte.



Retrouvez des données actuelles sur l'érosion des sols agricoles avec



Voir exercices 1 et 6 à 9

À RETENIR

L'exportation de biomasse et l'amélioration des rendements nécessitent l'utilisation d'intrants (engrais, pesticides) qui polluent l'eau, l'air, le sol et ont des conséquences négatives sur la santé des animaux et des hommes. La fertilité des sols diminue dans le monde. Les besoins en eau des cultures diminuent les ressources en eau mondiales.

Une prise en compte de ces impacts négatifs est indispensable pour conserver aux sols une qualité compatible avec les cultures. Le modèle intensif, le plus nocif, mais aussi le plus productif, doit être remplacé par une agriculture raisonnée (voir chapitre 8).

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

1 **QCM** **Vérification des connaissances**

5 min

Corrigé
p. 173

Choisissez la ou les bonnes réponses.

- 1** Le phénomène de « respiration du sol » est dû :
 - a** à des échanges gazeux entre les pores de ce sol et l'atmosphère ;
 - b** à la respiration des organismes du sol ;
 - c** à l'arrivée d'eau dans les pores suite à des précipitations.
- 2** La fragmentation de la roche-mère est due à :
 - a** des facteurs climatiques ;
 - b** l'action des végétaux ;
 - c** l'ancienneté de la roche.
- 3** L'impact négatif de l'Homme sur les sols cultivés est dû :
 - a** au prélèvement des végétaux cultivés ;
 - b** au semis de graines d'espèces exotiques ;
 - c** à l'utilisation d'engins agricoles qui les tassent.

2 **Formation d'un sol**



5 min

Corrigé
p. 173

Lycée Henri Bergson, Paris

Associez chaque numéro du schéma à l'un des phénomènes de la liste suivante :

- absorption racinaire ;
- altération ;
- décomposition ;
- évaporation ;
- infiltration ;
- minéralisation ;
- précipitations.

Voir schéma page suivante

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

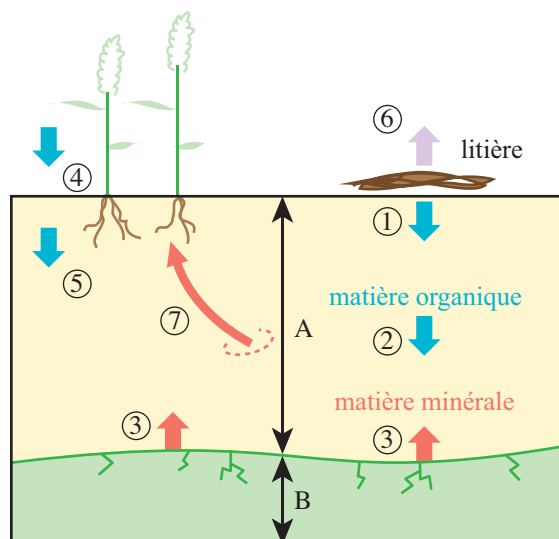


Figure 9.4 – Schéma représentant la formation et l'évolution d'un sol

3 Rétention d'ions minéraux



5 min

Corrigé
p. 173

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

On dispose de la terre dans une burette et on la fait traverser par un liquide riche en ions ammonium NH_4^+ . Au bout de quelques jours, on analyse le liquide recueilli après percolation.

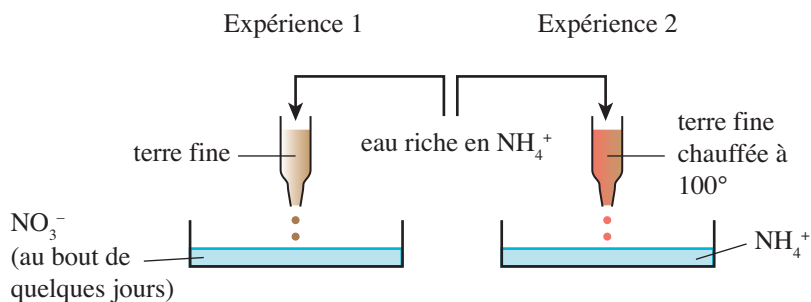


Figure 9.5 – Dispositif expérimental

Exploitez le résultat.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4 Respiration du sol



10 min

Corrigé
p. 173

Lycée Albert Einstein, Sainte Geneviève des Bois

On réalise une expérience dans laquelle on place de la terre dans un récipient fermé avec de l'eau de chaux.

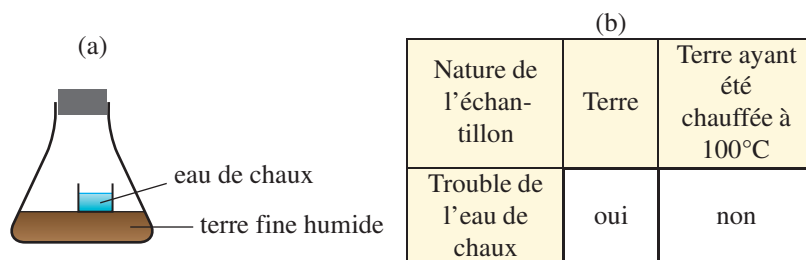


Figure 9.6 – Protocole (a) et résultat (b) de l'expérience

- 1 Interprétez le résultat sachant que l'eau de chaux se trouble en présence de CO_2 .
- 2 Quel phénomène est ici mis en évidence ?
- 3 Quel témoin aurait-on pu ajouter ?

5 Transformation de la matière organique



10 min

Corrigé
p. 174

Lycée Sophie Germain, Paris

On réalise une expérience consistant à faire percoler une eau issue de rizière, très riche en matière organique, à travers deux échantillons d'un même sol.

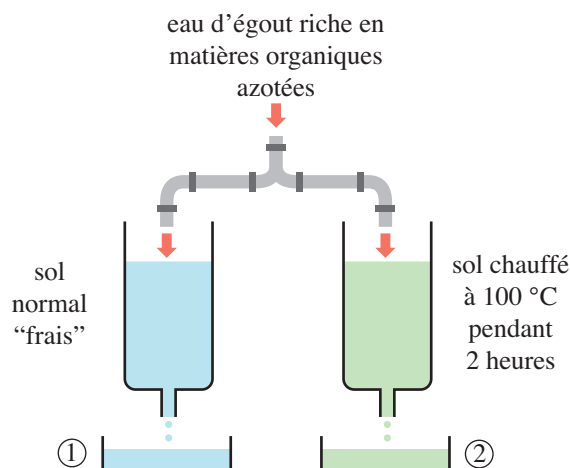


Figure 9.7 – Schéma de l'expérience

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

	Eau de percolation du sol frais		Eau de percolation du sol chauffé	
	Matière organique	Matière minérale	Matière organique	Matière minérale
Jours 1 à 5	importante	faible	importante	Faible
Après 20 jours	faible	importante	importante	Faible

Tableau 9.1 – Composition de l'eau de percolation en fonction du temps

- 1 À partir de quoi la matière minérale recueillie dans l'expérience a-t-elle pu apparaître ?
- 2 Comparez les résultats obtenus avec les deux eaux. Que peut-on en conclure ?

6 Engrais et sol



20 min

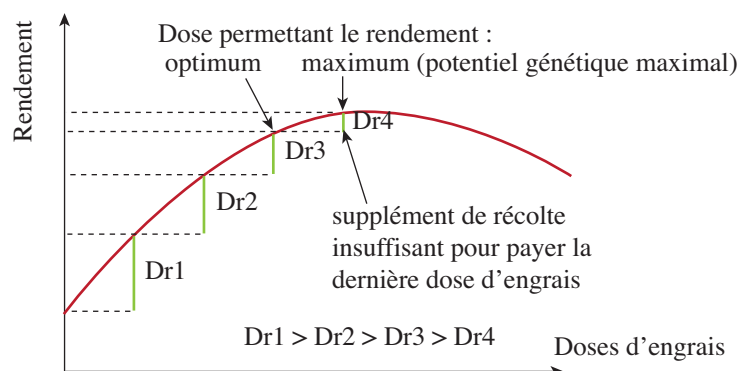
Corrigé
p. 174

Lycée Fermat, Toulouse

Les engrais chimiques comprennent les nitrates et les phosphates. Dans le but d'augmenter les rendements de production, leur utilisation a fortement augmenté depuis 1960. Les nitrates et les phosphates peu retenus par les sols sont facilement lessivables.

Document 1 : Évolution du rendement en fonction de la dose d'engrais

Dans la figure suivante, Dr représente l'augmentation de rendement obtenue pour chaque dose d'engrais



Document 2 : Taux de nitrates dans les eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines par les nitrates a une origine variée : domestique, industrielle mais elle est le plus souvent d'origine agricole. Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse des nappes phréatiques sur

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

le bassin Seine-Normandie. 414 captages ont été réalisés. Les nappes sont alimentées par la percolation des eaux de pluie à travers des sols cultivés. A l'état naturel, l'eau a une composition en nitrates inférieure à 20 mg/L. La concentration maximale admissible fixée par la réglementation est de 50 mg par litre d'eau.

Les nappes les plus polluées sont les calcaires de Brie, les calcaires de Champagne, le Lutétien-Yprésien, les calcaires de Beauce et sables de Fontainebleau, les nappes de craie du Jurassique.

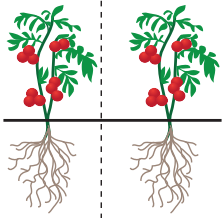
Sur les 414 captages du bassin	1998	1999	2000	2001
< 20 mg/L NO ₃	42 %	40 %	38 %	35 %
20-40 mg/L NO ₃	38 %	37 %	35 %	35 %
> 40 mg/L NO ₃	19 %	23 %	27 %	30 %

Source : agence de l'eau Seine Normandie

Tableau 9.2 – Taux de nitrates dans les eaux souterraines

Document 3 : Comparaison de l'efficacité des engrais organiques et des engrais chimiques

Les engrais organiques sont d'origine animale ou végétale (déjections animales, poudre de cornes, algues)

10 unités de NPK sous forme organique : - participent à la synthèse de l'humus - stimulent les décomposeurs du sol - sont à l'abri du lessivage - apportent avec NPK des oligo-éléments - offrent une meilleure résistance au parasitisme	Même supplément de rendement 	15 unités de NPK sous forme chimique : - participent peu à la formation de l'humus - ne stimulent pas les décomposeurs du sol - faute d'éléments carbonés - sont exposés au lessivage - favorisent le développement des parasites
--	---	--

D'après Soltner, les bases de la production végétale

- 1 Montrez que chaque dose d'engrais ajoutée n'augmente pas le rendement de production de manière proportionnelle et qu'une utilisation excessive peut même produire un effet inverse.
- 2 Déterminez les conséquences de leur utilisation excessive sur l'environnement.
- 3 Montrez qu'il peut exister une alternative en termes de développement durable à l'utilisation des engrais chimiques.

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

7 Terres cultivables

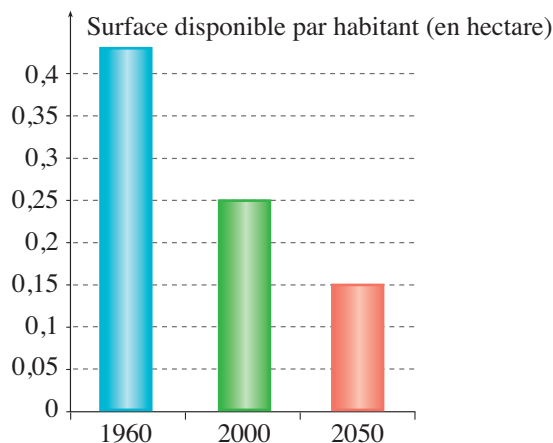


10 min

Corrigé
p. 175

Lycée Henri Bergson, Paris

Le graphique ci-dessous présente la surface de terre arable (cultivable) disponible par habitant sur Terre.



- 1 Décrire le graphique. Que peut-on constater ?
- 2 À l'aide de vos connaissances, citez au moins deux facteurs impliqués dans ce phénomène.

8 Tempêtes dans le Middle West



15 min

Corrigé
p. 176

Lycée Henri Bergson, Paris

Dans les années 30, sécheresse et vents violents ont généré de terribles tempêtes de poussières sur les grandes plaines agricoles du Middle West et du Sud des États-Unis, avec des nuages chargés de particules de sol parfois visibles jusqu'à la côte Atlantique. Une agriculture intensive de céréales était pratiquée, s'accompagnant de labours profonds et de périodes de mise à nu des sols entre deux cultures.

Ces événements entraînèrent la désolation des terres agricoles et la ruine de nombreux fermiers. C'est cet épisode terrible de l'histoire américaine (appelé « Dust bowl ») qui a inspiré John Steinbeck dans son roman « Les raisins de la colère » adapté au cinéma par John Ford ou encore Dorothea Lange, dont les photographies saisissent la pauvreté et la détresse qui touchent alors les États-Unis : l'une d'elles par exemple est intitulée « Migrant mother ».

- 1 Rechercher le sens de l'expression « Dust bowl » et expliquer l'origine des poussières durant ce phénomène.
- 2 Expliquer en quoi les pratiques agricoles furent en partie responsables de ce désastre.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 3 Indiquer les conséquences humaines qu'évoquent le roman de Steinbeck et les photographies de Lange.

9 **Gestion durable**



25 min

Corrigé
p. 176

Lycée Richelieu, Rueil Malmaison

Dans le cadre de la gestion durable des sols, des études ont été réalisées afin de déterminer l'impact des pratiques agricoles sur la pérennité et la qualité des sols pour les cultures.

Document 1 : Protocole et résultats d'une l'étude sur la vigne

Afin de comparer quatre pratiques de gestion de la vigne, une expérience a été menée pendant 4 ans près de Montpellier. Quatre parcelles sont plantées de vigne dans le sens de la pente (pente à 5 %) et traitées de la façon suivante :

- 1 Désherbage chimique total laissant le sol nu entre les rangs de vigne
- 2 Enherbement naturel entre les rangs limité par un herbicide, le glyphosate
- 3 Enherbement naturel entre les rangs contrôlé par un retournement peu profond du sol
- 4 Gazon semé entre les rangs ; espèce végétales choisies afin de ne pas entrer en compétition pour l'eau avec la vigne

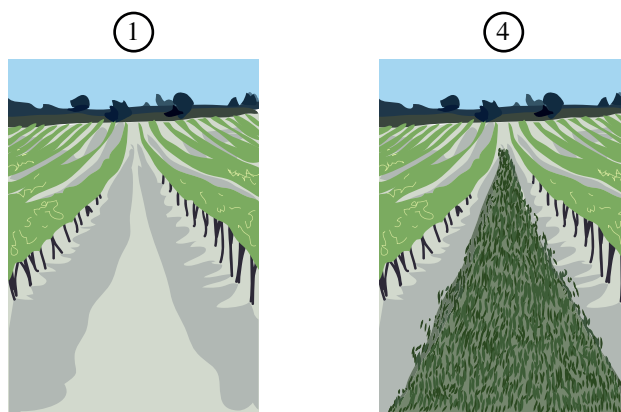


Figure 9.8 – Aspect des parcelles de vigne traitées en désherbage chimique total (1) et avec gazon semé entre les rangs (4)

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

Document 2 : Résultats moyens obtenus sur 4 ans

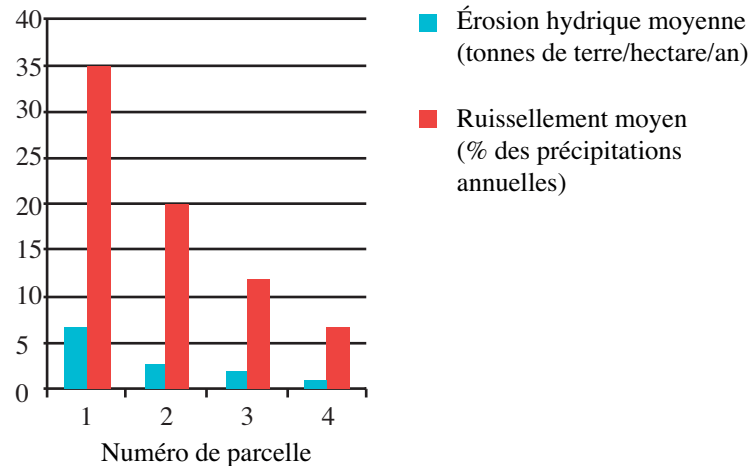


Figure 9.9 – Résultats moyens obtenus sur 4 ans (un dispositif permet de récupérer l'eau de ruissellement en bout de rang, ainsi que la terre qu'elle transporte par érosion hydrique)

- 1 Comparez les résultats présentés dans le document 2. Tirez-en un (ou plusieurs) facteur(s) limitant l'érosion hydrique des sols.

Document 3 : Résultats d'une étude sur l'influence du labour sur le sol

Le labour, pratiqué par l'Homme depuis le Néolithique, est remis en cause actuellement. Certains agriculteurs se lancent dans des pratiques plus douces pour le sol : le « non labour », avec ou sans retournement du sol. A la station expérimentale de Boigneville dans l'Essonne, deux modes de travail du sol ont été appliqués sur des parcelles : labour, ou pas de travail du tout de la terre (semis direct sans labour). Ces expériences ont été lancées dans les années 1970, soit depuis environ 50 ans.

Voir tableau page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Travail du sol	Labour	Semis direct
Erosion* du sol	Sol très vulnérable à l'érosion	Erosion nettement moindre
Quantité de lombrics (kg/ha)	198	670
Consommation de carburant (exemple blé tendre) en L/ha/an	99	57
Rendements 2005-2006 (exemple blé tendre) en quintaux/ha	72	69

* érosion : diminution de la quantité de terre présente

Tableau 9.3 – Résultats obtenus

- 2** À l'aide du document 3, jouez le rôle d'un technicien agricole qui doit rédiger un texte argumenté (et scientifiquement exact) en faveur du semis sans labour. Ce texte s'adresse aux agriculteurs hésitant entre les deux pratiques agricoles.

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

1 QCM Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 164

- 1 **b**. La respiration correspond à des échanges précis de gaz : une consommation d' O_2 et une production de CO_2 . Seuls les êtres vivants qui respirent ont ces types d'échanges.
- 2 **a** et **b**. Les deux types de facteurs se conjuguent pour fragmenter la roche mère. L'ancienneté de celle-ci n'intervient pas directement dans sa fragmentation.
- 3 **a** et **c**. Le fait que des espèces exotiques soient semées sur un sol n'a pas d'impact négatif sur le sol en lui-même.

2 Formation d'un sol

➔ Enoncé
p. 164

Lycée Henri Bergson, Paris

1 : décomposition ; 2 : minéralisation ; 3 : altération ; 4 : précipitations ; 5 : infiltration ; 6 : évaporation ; 7 : absorption racinaire.

3 Rétention d'ions minéraux

➔ Enoncé
p. 165

Lycée Richelieu, Rueil-Malmaison

Bien que l'eau arrivant sur la terre ne contienne pas d'ions nitrates, on trouve ces ions après le passage de l'eau dans la terre. Étant donné que la terre chauffée à $100^\circ C$ donne un résultat négatif pour les ions nitrates, cela montre que la terre ne contient pas ces ions avant l'arrivée de l'eau. Il y a donc eu transformation des ions NH_4^+ en ions NO_3^- .

Le chauffage détruit les organismes présents dans la terre. On peut donc en conclure que la transformation des ions NH_4^+ est effectuée par des organismes du sol.

4 Respiration du sol

➔ Enoncé
p. 166

Lycée Albert Einstein, Sainte Geneviève des Bois

- 1 On observe que l'eau de chaux s'est troublée avec la terre. Cela signifie que du CO_2 a été produit dans cet erlenmeyer. Avec de la terre chauffée à $100^\circ C$, l'eau de chaux n'est pas troublée, montrant qu'il n'y a pas de production de CO_2 dans ce cas. Comme le chauffage détruit les êtres vivants, on en conclut que la terre contient des êtres vivants.
- 2 On met en évidence la « respiration du sol », qui est en réalité la respiration des animaux et des champignons contenus dans le sol.
- 3 On aurait pu ajouter un témoin sans terre. Cela aurait permis de vérifier que l'eau de chaux n'était pas troublée par le CO_2 contenu dans l'air.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

5 Transformation de la matière organique

Enoncé
p. 166

Lycée Sophie Germain, Paris

- 1 On observe que la matière minérale est présente dans l'eau en quantité faible au début de l'expérience et qu'elle devient importante au bout de 20 jours quand l'eau a traversé le sol frais. En parallèle, la quantité de matière organique qui était importante, a diminué. On peut donc supposer que la matière minérale est apparue à partir de la transformation de la matière organique du sol.
- 2 Avec l'eau qui a traversé le sol chauffé, la quantité de matière organique ne diminue pas et la quantité de matière minérale n'augmente pas. On sait que le chauffage du sol tue les organismes qui y vivent. On peut donc en conclure que les êtres vivants dans le sol sont à l'origine de la formation de matière minérale.

6 Engrais et sol

Enoncé
p. 167

Lycée Fermat, Toulouse

- 1 Le document 1 présente l'évolution du rendement en fonction des doses d'engrais utilisées.

D_r correspond à l'augmentation de rendement obtenu par la dose d'engrais apporté.

Si on ne s'intéresse qu'à la courbe, on constate qu'au fur et à mesure que l'on augmente les doses d'engrais, le rendement augmente jusqu'à une certaine valeur à partir de laquelle, en fonction des potentialités génétiques de la plante, le rendement de production est maximum. Passé cette dose, il diminue : de trop fortes doses d'engrais sont toxiques pour la plante. Par conséquent, une utilisation excessive d'engrais peut au contraire faire baisser les rendements de production.

Si on compare l'augmentation de rendement D_r , on constate que chaque nouvelle dose d'engrais rajoutée détermine une augmentation de rendement inférieure à la précédente. Ainsi par exemple, la troisième dose d'engrais est moitié moins efficace que la première dose. A partir de la quatrième dose, le coût économique est inférieur au supplément de récolte obtenue. La dernière dose efficace est donc la troisième et correspond à la dose optimale d'engrais.

Ces résultats mettent en évidence la loi des augmentations de rendements décroissantes et montrent que quand on apporte au sol des doses croissantes d'un élément fertilisant, les augmentations de rendement obtenues sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que les quantités apportées s'élèvent.

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTÈMES • CHAP. 9

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 2** En Seine-Normandie, on a analysé l'eau de 414 captages. On constate que le nombre de captages dont la teneur en nitrates est inférieure à 20 mg/L a diminué de 1998 à 2001 de 42 % à 35 %. A l'opposé, le nombre de captages dont la teneur en nitrates est supérieur à 40 mg/L a fortement augmenté entre 1998 et 2001 : de 19 % à 30 %. Enfin, le nombre de captages dont la teneur en nitrates est comprise entre 20 et 40 mg/L est resté relativement stable : 3 % d'augmentation seulement entre 1998 et 2001.

Nous pouvons en déduire que la pollution en nitrates des eaux du bassin Seine-Normandie a fortement augmenté entre 1998 et 2001, très certainement au-delà de la limite de la concentration maximale qui est fixé à 50 mg/L d'eau. Or ces nappes sont alimentées par des eaux de pluie qui ont percolé à travers des sols cultivés : on peut en déduire que la pollution du bassin Seine-Normandie est très certainement d'origine agricole. Elle a dû être provoquée par le lessivage des engrais chimiques N, P, K utilisés en excès pour augmenter la production végétale.

- 3** Le document 3 compare l'efficacité et les conséquences environnementales de deux types d'engrais : les engrais organiques et chimiques. Les engrais organiques ont une origine animale ou végétale.

On constate que pour un même rendement de production, 10 unités d'engrais organiques suffisent contre 15 unités d'engrais chimiques. Utiliser des engrais organiques permet donc de réduire les doses. Par ailleurs, ils résistent mieux au lessivage ce qui limite la pollution des eaux souterraines. Ils stimulent les décomposeurs du sol permettant un meilleur recyclage de la matière et limitent le développement des parasites.

Il existe donc une alternative à l'utilisation des engrais chimiques. Les engrais organiques permettent d'obtenir les mêmes rendements de production pour des doses plus faibles et sont plus respectueux de l'environnement. Aujourd'hui, l'agriculture dite biologique utilise ce type d'engrais, compatible avec le développement durable. Mais à grande échelle, l'utilisation des engrais organiques posent des problèmes d'épandage et de coût financier. Leur utilisation fait baisser le rendement économique de production comparé à l'utilisation des engrais chimiques.

7 Terres cultivables

Enoncé
p. 169

Lycée Henri Bergson, Paris

- 1** On observe sur le graphique que la surface de terre arable par habitant a diminué de manière très importante entre 1960 et 2000 : de 0,45 à 0,25 hectare. Les estimations prévoient une diminution jusqu'en 2050.
- 2** La diminution observée et estimée peut être due à la diminution globale de la surface de terre cultivable ou à l'augmentation du nombre d'habi-

tants sur Terre. On sait que les sols cultivables subissent des dégradations à cause des activités humaines : les cultures intensives dégradent l'humus, le déboisement pour la réalisation de cultures rendent les sols moins propices à la culture et peuvent conduire à l'obtention d'un sol impropre à la culture.

8 Tempêtes dans le Middle West

Enoncé
p. 169

Lycée Henri Bergson, Paris

- 1 « Dust bowl » signifie en anglais : boule de poussière.
Les poussières sont des particules de sol arrachées par les tempêtes aux grandes plaines agricoles du Middle West et du Sud des États-Unis.
- 2 L'agriculture pratiquée dans ces grandes plaines était la culture intensive des céréales avec un labour profond et une mise à nu des terres entre deux cultures. On sait que le fait que la terre reste à nu favorise l'érosion du sol, c'est-à-dire que les agents extérieurs comme la pluie et le vent arrachent de la matière au sol. De plus, le labour profond détruit la structure du sol et casse en particulier les complexes argilo-humiques qui associent étroitement des particules minérales avec de l'humus. L'absence de ces complexes facilite le départ des éléments du sol.
- 3 Ces épisodes de « dust bowl » ont entraîné la ruine de nombreux fermiers dans les années 1930 comme l'indique le texte. Ils ont provoqué la migration d'une partie de la population des États-Unis comme le suggère le titre « Migrant mother » de la photographie de D. Lange.

9 Gestion durable

Enoncé
p. 170

Lycée Richelieu, Rueil Malmaison

- 1 Ce que l'on observe dans le document 1 : selon le type de gestion de la vigne l'érosion hydrique et le ruissellement n'ont pas la même intensité. Plus la zone située entre les rangs est couverte de végétation, moins il y a de ruissellement et d'érosion hydrique : 7 tonnes de terre par hectare et par an quittent les parcelles en désherbage chimique total (1) contre moins de 1 tonne s'il y a du gazon semé entre les rangs. 35 % de l'eau des précipitations ruisselle sur la parcelle 1 contre 7 % sur la parcelle 4.

Les résultats montrent que la couverture des inter-rangs par de la végétation empêche le ruissellement et limite l'érosion hydrique du sol. Le sol reste donc en place et l'eau des précipitations est davantage conservée. Ce type de culture est favorable à la conservation du sol dans le temps.

SOLS ET GESTION DURABLE DES AGROSYSTEMES • CHAP. 9

2

MÉTHODE

La forme de la réponse est un texte s'adressant à des agriculteurs. Afin de ne pas perdre de vue les arguments scientifiques à placer, il est conseillé de lister ces arguments au brouillon.

« Mesdames, Messieurs, je suis technicien agricole et je suis présent aujourd'hui pour vous convaincre de l'intérêt du changement de vos pratiques. Habituellement, vous labourez et mettez la terre à nu avant de semer. Le semis direct sans labour présente plusieurs avantages : en effet, l'érosion du sol est moindre puisque la terre est couverte de végétation en permanence. Il y a beaucoup plus de lombrics (environ 3 fois plus) quand la terre n'est pas labourée. La consommation de carburant par les engins agricoles est diminuée : $57 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ au lieu de 99, ce qui génère des économies.

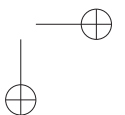
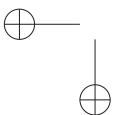
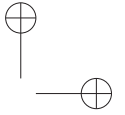
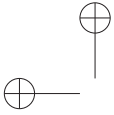
Le rendement de blé est un peu plus faible (3 quintaux par hectare de moins sur 72, soit 4 %), mais cette légère baisse est compensée par le gain sur le carburant.

En conclusion, vous avez tout à gagner de ce changement de pratique culturale. »

COURS

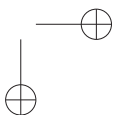
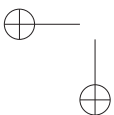
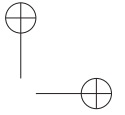
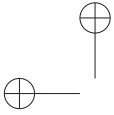
INTERROS

CORRIGÉS



Troisième partie

CORPS HUMAIN ET SANTÉ



Chapitre

10

Corps humain : de la fécondation à la puberté

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Mise en place des structures sexuelles pendant la vie embryonnaire
3. Mise en fonctionnement des organes reproducteurs à la puberté

1 Introduction

Avant la naissance, on peut déjà déterminer si un humain est un garçon ou une fille par l'observation des images d'échographie. L'identité sexuelle biologique (appelée aussi *phénotype sexuel*) comprend les caractéristiques chromosomiques, anatomiques et physiologiques de chaque sexe. Elle se forme pendant le développement embryonnaire et elle est complète après la puberté.

? PROBLÉMATIQUE

Quels sont les facteurs et les processus permettant la mise en place de l'identité sexuelle biologique ?

2 Mise en place des structures sexuelles pendant la vie embryonnaire

2.1 Testicules ou ovaires ?

Les organes producteurs de gamètes sont appelés gonades. Les gonades primitives indifférenciées se différencient en ovaires ou en testicules chez l'embryon âgé de quelques semaines en fonction de la présence ou de l'absence du chromosome Y.

Voir illustration page suivante.

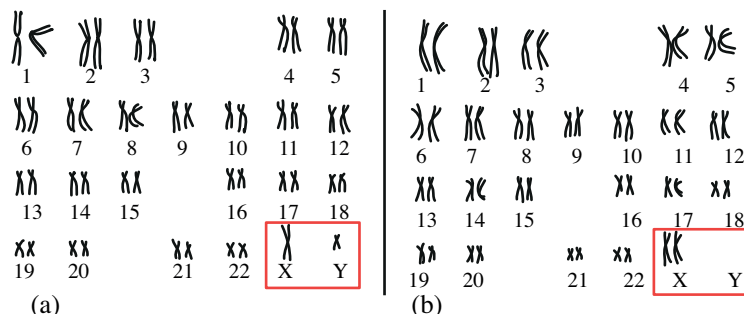


Figure 10.1 – Caryotype humain masculin (a) et féminin (b)

On rappelle que le caryotype humain se caractérise par 23 paires de chromosomes. La dernière paire, les chromosomes sexuels, est différente selon le sexe : XX chez la femme et XY chez l'homme.

Sur le chromosome Y se trouve le gène SRY qui commande la masculinisation des gonades en testicules grâce à la protéine TDF. En l'absence de ce gène, les gonades deviennent des ovaires.

2.2 Hormones et mise en place de l'appareil reproducteurs

L'appareil génital de l'embryon comporte deux paires de canaux. Une seule paire de canaux persiste et se transforme en voies génitales :

- chez l'embryon masculin, les canaux de Wolff restent et deviennent les voies génitales masculines (spermiductes, glandes comme la prostate etc.), alors que les canaux de Müller disparaissent sous influence hormonale ;
- chez l'embryon féminin, les canaux de Muller restent et deviennent l'utérus, les trompes, alors que les canaux de Wolff disparaissent en l'absence de testostérone.

En effet, les testicules de l'embryon produisent de la testostérone qui stimule les canaux de Wolff. Les ovaires ne produisent pas d'hormones à ce stade.

Une hormone est une substance produite par un organe (ici les testicules), transportée par le sang dans tout le corps et qui agit sur certaines cellules possédant des récepteurs (ici, les cellules des canaux de Wolff).

Le schéma suivante résume la formation de l'appareil génital masculin ou féminin durant le développement embryonnaire.

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

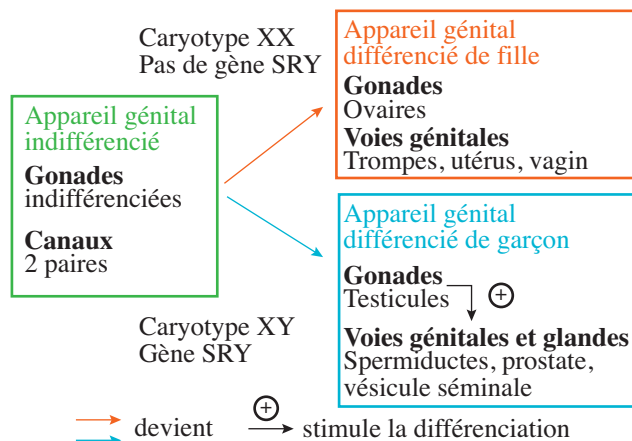


Figure 10.2 – Différenciation de l'appareil génital humain

Voir exercices 1, 2, 4 à 7.

3 Mise en fonctionnement des organes reproducteurs à la puberté

 Retrouvez la mise en place de l'appareil génital en vidéo avec 

A partir de la puberté, les ovaires et testicules grossissent et produisent des gamètes (ovule ou spermatozoïdes) et des hormones sexuelles (œstrogènes, progestérone, testostérone). Cette mise en fonctionnement est stimulée par les hormones de l'hypothalamus et de l'hypophyse (voir chapitre 12). Elle provoque l'apparition des caractères sexuels secondaires.

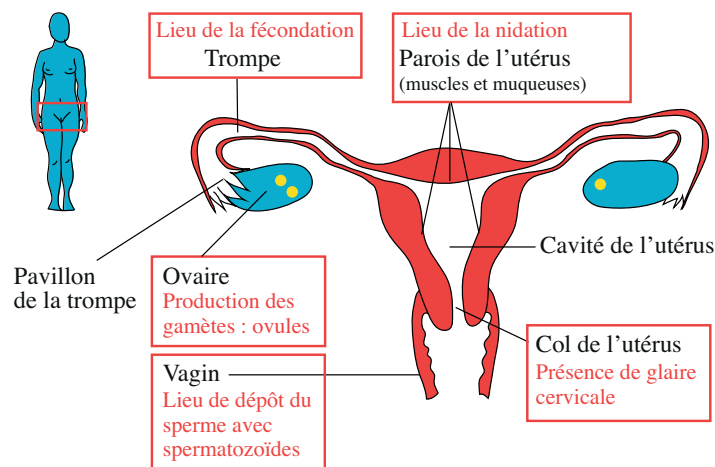


Figure 10.3 – Anatomie de l'appareil reproducteur féminin à partir la puberté

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

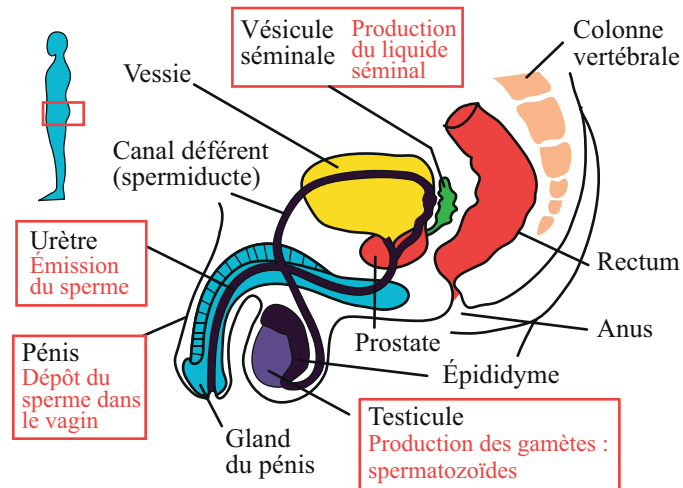


Figure 10.4 – Anatomie de l'appareil reproducteur masculin à partir la puberté

➔ À RETENIR

L'acquisition d'une identité sexuée est un processus long, qui se déroule durant le développement embryonnaire et se poursuit à la puberté. Il conduit à l'obtention d'appareils génitaux masculins ou féminins fonctionnels. Il dépend du sexe chromosomique et implique une cascade d'événements dans laquelle les hormones jouent un rôle important.

Voir exercices 3, 8 et 9.

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 193

Repérez les affirmations exactes et corrigez celles qui sont fausses :

- 1 La testostérone est une hormone contrôlant la mise en place du phénotype sexuel chez l'homme.
- 2 Il existe un gène féminisant sur le chromosome X.
- 3 Il existe un stade chez l'embryon pour lequel il n'y a pas de différence entre un individu féminin et masculin.
- 4 Il existe un gène masculinisant sur le chromosome X.

2 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 193

Complétez le schéma ci-dessous en indiquant ce que deviennent les différentes structures embryonnaires chez le garçon.

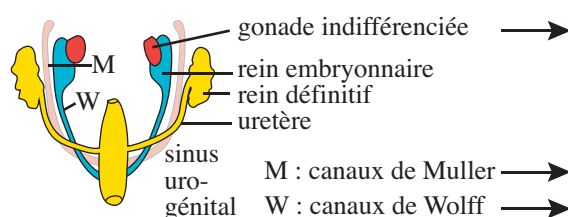


Figure 10.5 – Appareil génital indifférencié

3 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 193

Choisissez la ou les bonnes réponses :

- 1 Lors de la construction du phénotype sexuel féminin :
 - a un gène situé sur le chromosome X contrôle la mise en place de l'ovaire ;
 - b les voies génitales embryonnaires n'ont pas besoin de signal pour évoluer en utérus et en vagin ;
 - c à la naissance, les organes génitaux sont fonctionnels et produisent des ovules.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

2 Lors de la construction du phénotype sexuel masculin :

- a** un gène situé sur le chromosome Y contrôle la mise en place des voies génitales ;
- b** les voies génitales embryonnaires ont besoin de signal hormonal pour évoluer en voies génitales masculines ;
- c** à la puberté, les organes génitaux sont fonctionnels et produisent des spermatozoïdes.

3 La puberté :

- a** se produit à peu près au même âge chez les garçons et les filles ;
- b** est la dernière étape de la construction du phénotype sexuel ;
- c** ne dépend pas de l'action des hormones chez les filles.

4 Différenciation sexuelle et température



15 min

Corrigé
p. 193

Lycée Paul Langevin, Suresnes

Afin d'étudier le déterminisme du sexe chez les tortues de l'espèce *Trachemys scripta*, on fait varier la température d'incubation des œufs et on en observe l'effet sur le pourcentage d'individus mâles et femelles obtenus à l'éclosion. Le graphique ci-dessous expose les résultats de cette expérience :

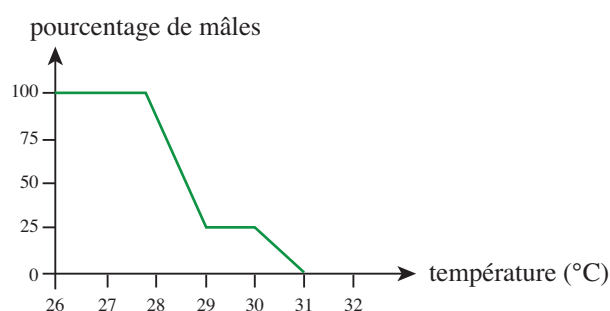


Figure 10.6 – Pourcentage de mâles éclos en fonction de la température d'incubation

On réalise ensuite une seconde expérience chez une autre espèce de tortue qui présente le même type de déterminisme sexuel que les tortues *Trachemys scripta* : on a injecté de l'œstradiol à des embryons à différents stades de développement, dans des œufs incubés à 27°C.

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

Stade de développement au moment de l'injection (jours après la ponte)	Nombre d'œufs	Nombres de mâles obtenus	Nombre de femelles obtenus
20	30	1	18
24	30	0	25
27	10	0	10
32	40	0	29
35	10	3	5
40	30	20	0
45	10	5	0

Tableau 10.1 – Nombre de mâles et de femelles obtenus après injection d'œstradiol à différents stades de développement

- 1 D'après l'étude du graphique, comment est déterminé le sexe chez les tortues ?
- 2 Pourquoi a-t-on choisi une température d'incubation de 27°C pour la seconde expérience ?
- 3 D'après les résultats présentés dans le tableau, quel est le rôle de l'œstradiol dans le déterminisme sexuel ?
- 4 D'après vos réponses précédentes, réalisez un schéma fonctionnel expliquant le déterminisme sexuel chez les tortues.

5 Différenciation sexuelle et PCB



15 min

Corrigé
p. 195

Nouveau programme

Les PCB sont des produits encore massivement utilisés dans l'industrie jusqu'à il y a peu de temps ; ils sont désormais interdits en raison de leur toxicité. Par ailleurs, ces molécules sont très peu biodégradables et se sont donc accumulées, en particulier dans les milieux aquatiques. Leur impact sur les tortues aquatiques a été étudié grâce à des expériences pratiquées sur les œufs.

Voir graphique page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

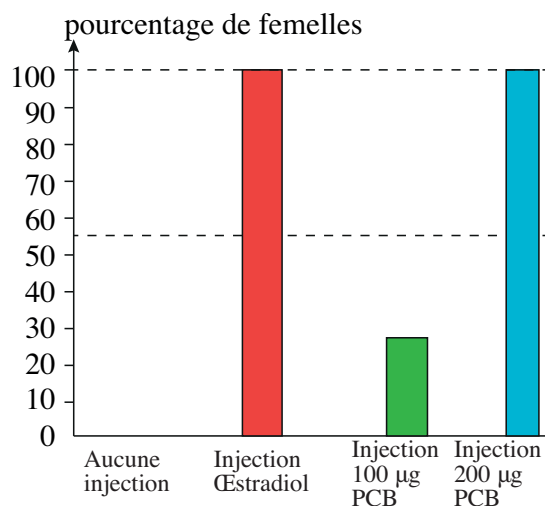


Figure 10.7 – Pourcentage de femelles obtenues après incubation des œufs à 26°C et action de différents traitements (l'œstradiol est une catégorie d'œstrogènes)

Indiquez à l'aide du document l'effet des PCB sur les embryons de tortues et sur la population de tortues en général. Justifiez votre réponse.

6 Expériences de Jost



20 min

Corrigé
p. 195

Nouveau programme

On cherche à expliquer une anomalie rencontrée chez certains hommes : la présence d'un utérus en plus des voies génitales masculines.

Document 1 : Les hommes à utérus

Certains individus adultes, de phénotype masculin sans équivoque (organes génitaux externes de type masculin), possèdent des voies génitales féminines persistant à côté des voies génitales masculines différenciées avec des testicules fonctionnels. En effet, un utérus est situé dans l'abdomen mais n'est pas relié à l'extérieur (pas de vagin, ni d'orifice génital relié). Aucun ovaire n'est détecté. Ces individus présentent alors un aspect masculin typique avec une fertilité normale. Leur caryotype comporte 46 chromosomes, dont un chromosome X et un chromosome Y.

Document 2 : Expériences historiques d'Alfred Jost

Le physiologiste Alfred Jost a castré (suppression des testicules) des fœtus de lapins âgés de 20 jours (expérience A) puis il a implanté à des fœtus femelles

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

de lapin, âgés de 20 jours :

- un testicule fœtal de même âge à proximité d'un ovaire (expérience B) ;
- un cristal diffusant de la testostérone à proximité d'un ovaire (expérience C).

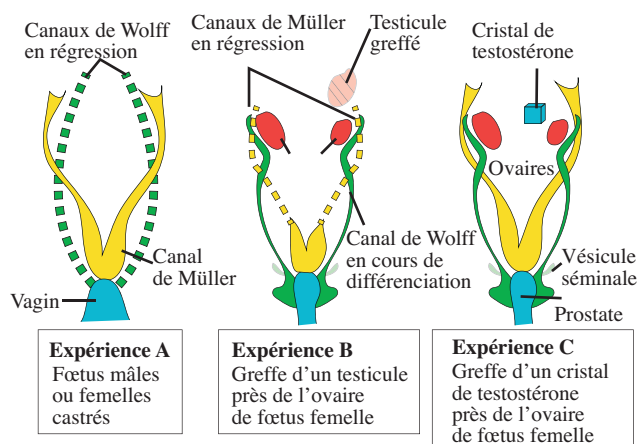


Figure 10.8 – Résultat des expériences

- 1 D'après le document 1, et à l'aide de vos connaissances, précisez l'anomalie identifiée chez ces hommes, au regard de leur caryotype.
- 2 D'après le document 2, et à l'aide de vos connaissances, précisez le phénotype sexuel des lapins obtenu à l'issue de chaque expérience (A, B, C) effectuée par Jost. Justifiez votre réponse.
- 3 En vous appuyant sur les données du document 2 et sur vos connaissances, proposez, parmi les propositions suivantes, une hypothèse permettant d'expliquer la présence d'un utérus chez certains hommes.

Cochez uniquement la réponse exacte.

La présence d'un utérus chez un homme fertile peut s'expliquer par une anomalie hormonale au cours du développement embryonnaire :

- ☐ une sécrétion nulle de testostérone et d'AMH¹.
- ☐ une sécrétion plus importante de testostérone uniquement.
- ☐ une sécrétion nulle d'AMH uniquement.

1. L'AMH est une hormone produite par le testicule durant le développement embryonnaire et qui agit sur les canaux de Muller en provoquant leur régression.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

7 Anomalie de différenciation



15 min

Corrigé
p. 196

Nouveau programme

Aux Mondiaux d'athlétisme de 2017, une polémique est née après la victoire de l'athlète sud-africaine Caster Semenya sur 800 mètres. Cette femme subit des attaques régulières sur son physique et son niveau de performance, certains journalistes insinuant qu'elle est un homme. Souvent, le débat s'est abaissé au-dessous de la ceinture. Quelques jours avant les Mondiaux de Londres, Caster Semenya a même cru nécessaire de devoir préciser, lors d'une interview où revenaient les sempiternelles questions qui lui collent aux pointes et les rumeurs les plus farfelues : « Je fais pipi comme une femme. »

Remplissez le tableau ci-dessous à partir des données du document.

Chromosomes sexuels	Gonades	Glandes et organes génitaux	Appareil génital externe	Caractères sexuels secondaires

Tableau 10.2 – Caractéristiques sexuelles de Caster Semenya

Document : Description du cas de Caster Semenya

« Son apparence et sa voix, particulièrement masculines, font débat : l'IAAF* décide de la soumettre à des tests de féminité quelques heures avant la finale de Berlin. L'athlète est intersexuée² avec une production inhabituelle de testostérone, un déficit en 5 alpha-réductase³ et un caryotype XY; elle est donc génétiquement un homme, et ses attributs sexuels sont mixtes. Un examen médical en ce sens avait été déjà effectué sur l'athlète avant les Championnats du monde à Berlin, mais la fédération sud-africaine, qui en a eu connaissance, a confirmé son inscription au 800 m des championnats qu'elle a remportés.

Le 6 juillet 2010, alors que l'idée de la faire courir dans une catégorie spécifiquement créée dans le handisport semble acceptée de tous, l'association internationale des fédérations d'athlétisme annonce avec surprise que Caster Semenya est de nouveau autorisée à concourir semble-t-il après orchidectomie⁴ et sous la condition que ses taux de testostérone soient en dessous de la limite de la normale pour un homme. »

Source : www.wikipedia.fr



Retrouvez l'histoire des athlètes intersexués avec



2. Intersexuée : qui possède des organes de l'appareil génital féminin et masculin
3. 5 alpha réductase : enzyme permettant la formation d'une hormone appelée DHT à partir de la transformation de testostérone. Cette hormone est responsable de la formation des organes génitaux externes masculins
4. Orchidectomie : ablation des testicules

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

8 Déclenchement de la puberté



10 min

Corrigé
p. 196

Lycée Albert Einstein, Sainte Geneviève des Bois

La puberté commence par la sécrétion de la GnRH par l'hypothalamus qui entraîne la mise en route de l'axe gonadotrope. La GnRH est sécrétée sous l'influence de nombreux stimuli d'origine interne et/ou externe.

Identifiez dans le document les facteurs qui participent au déclenchement de la puberté.

Document : Déclenchement de la puberté dans diverses conditions

La plupart des individus sécrète une hormone capable d'agir sur les neurones hypothalamiques : la leptine. Certains individus ne produisent pas de leptine.

Groupe testé	Concentration en leptine du sang	Puberté
Groupe 1 : Sujets non producteurs de leptine soumis à une alimentation correcte	Nulle	Absente
Groupe 2 : Sujets non producteurs de leptine soumis à des injections de leptine et à une alimentation correcte	Elevée	Présente
Groupe 3 : Sujets producteurs de leptine soumis à une alimentation correcte	Elevée	Présente
Groupe 4 : Sujets producteurs de leptine soumis à une restriction alimentaire	Basse	Retardée
Groupe 5 : Sujets producteurs de leptine soumis à une restriction alimentaire et à des injections de leptine	Elevée	Présente

Tableau 10.3 – Déclenchement de la puberté dans diverses conditions

9 Caractères sexuels secondaires



10 min

Corrigé
p. 197

Nouveau programme

La fréquence de la voix chez la femme et l'enfant varie entre 220 et 330 hertz (Hz), ce qui correspond à une voix aigüe, celle chez l'homme varie entre 110 et 165 hertz (voix grave). Les castrats étaient autrefois de jeunes garçons auxquels on enlevait les testicules pour qu'ils conservent leur voix d'enfant. Ainsi ils ne muaient pas lors de la puberté.

On a mesuré la concentration moyenne en testostérone chez des garçons adolescents à différents stades de leur puberté, ainsi que la fréquence de leur voix.

Voir tableau page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Adolescent n°	Concentration sanguine en testostérone (en pmol.L ⁻¹)	Fréquence de la voix (en Hz)
1	10	300
2	100	200
3	200	160
4	300	140
5	400	130

Tableau 10.4 – Fréquence de la voix et concentration en testostérone chez des adolescents à différents moments de la puberté.

- 1 Indiquez quels adolescents ont une voix grave.
- 2 Rappelez quel est l'organe producteur de testostérone.
- 3 Reliez les résultats du tableau aux informations sur les castrats.

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

1 V/F Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 185

- 1 Vrai.
- 2 Faux : le phénotype féminin se forme en l'absence du gène SRY du chromosome Y.
- 3 Vrai.
- 4 Faux : ce gène est sur le chromosome Y.
- 5 Faux : l'appareil génital est indifférencié au début du développement.

2 Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 185

Chez le garçon, la gonade indifférenciée devient un testicule. Les canaux de Muller disparaissent et les canaux de Wolff deviennent les voies génitales masculines.

3 QCM Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 185

- 1 Réponse exacte : **b**

Aucun gène n'intervient dans la différenciation de la gonade en ovaire. A la naissance, la fille possède des ovaires mais ceux-ci ne deviendront fonctionnels qu'à la puberté.

- 2 Réponses exactes : **a**, **b** et **c**
- 3 Réponses exactes : **a** et **b**

La puberté dépend de l'action d'hormones chez la fille et le garçon. Chez la fille, les principales hormones impliquées sont les œstrogènes.

4 Différenciation sexuelle et température

➔ Enoncé
p. 186

Lycée Paul Langevin, Suresnes

- 1 On observe d'après le graphique qu'entre 26 et 28°C, les individus qui éclosent sont tous des mâles. De 28 à 31°C d'incubation, la proportion de mâles diminue jusqu'à atteindre zéro. On en conclut que le sexe des tortues *Trachemys scripta* est déterminé par la température.
- 2 On a choisi 27°C comme température d'incubation parce que les individus devraient tous être des mâles si la température est le seul facteur intervenant. L'œstradiol étant une hormone femelle, son effet féminisant pourra être montré seulement si les sujets d'expérience devaient être des mâles.

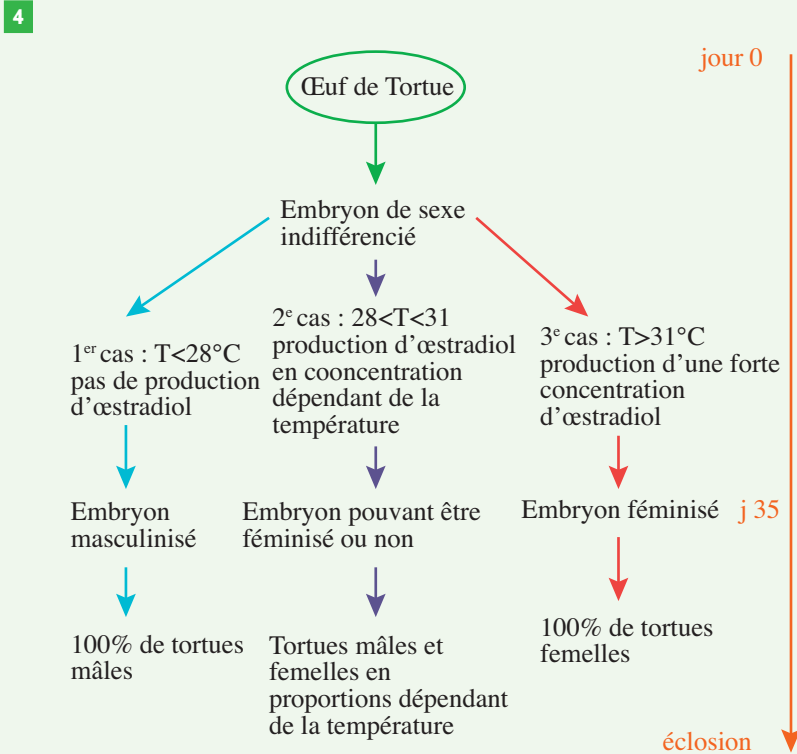
COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 3 On observe que l'injection d'œstradiol dans les œufs entre 20 et 32 jours après la ponte produit presque exclusivement des femelles. A 35 jours, les individus sont des femelles ou des mâles de manière quasi égale. Au-delà de 35 jours, les individus sont tous des mâles. Il n'y a donc plus d'effet de l'œstradiol.

On en conclut que l'œstradiol a pour effet de féminiser l'appareil génital des embryons de tortues lors de son développement précoce. On peut supposer qu'une température élevée de plus de 28°C provoque la production d'œstradiol par les embryons de tortues, créant ainsi des femelles.



Les flèches signifient : devient

Figure 10.9 – Schéma fonctionnel expliquant le déterminisme sexuel des tortues

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

5 Différenciation sexuelle et PCB

Enoncé
p. 187

Nouveau programme

On observe que dans le groupe témoin n'ayant reçu aucune injection, il n'y a aucune femelle. (Ceci est lié à la température d'incubation des œufs, le déterminisme du sexe chez certains reptiles étant lié à la température).

L'injection d'œstradiol dans les œufs change le phénotype sexuel de tous les œufs : il y a 100 % de femelles. Le même résultat est obtenu avec une dose de 200 μg de PCB. Plus il y a de PCB injecté, plus il y a de femelles : 25 % avec 100 μg et 100 % avec 200 μg .

On en conclut que l'œstradiol, de même que les PCB provoquent la féminisation de l'appareil génital. Les PCB jouent le même rôle que l'œstradiol.

Au niveau de la population de tortues, une forte concentration de PCB dans le milieu de vie des tortues peut provoquer la naissance de tortues femelles uniquement, ce qui conduira à la disparition des tortues dans le milieu considéré puisqu'elles ne trouveront pas de partenaire pour se reproduire.

6 Expériences de Jost

Enoncé
p. 188

Nouveau programme

1 On sait que le phénotype masculin se forme chez les embryons possédant un chromosome Y. Etant donné que les hommes à utérus ont un caryotype XY, on devrait avoir un phénotype masculin sans ambiguïté. Or ceux-ci ont un utérus. On sait que l'utérus fait partie des voies génitales féminines et se développe à partir des canaux de Muller embryonnaires. On comprend que les embryons ont conservé, au moins partiellement, leurs canaux de Muller alors que ces canaux auraient dû disparaître.

2 Les fœtus privés d'ovaires ou testicules (expérience A) ont des canaux de Muller mais leurs canaux de Wolff sont en cours de régression. Cela signifie que les lapins auront tous des voies génitales femelles.

Dans l'expérience B, la présence de testicule provoque la différenciation du canal de Wolff et la disparition des canaux de Muller. Cela signifie que les lapins auront des voies génitales mâles.

Dans l'expérience C, la greffe d'un cristal de testostérone provoque le maintien des canaux de Muller chez le fœtus femelle et la différenciation des canaux de Wolff. Cet animal aura donc des voies génitales mâles et femelles. Il ressemble en cela aux hommes à utérus.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

3

MÉTHODE

Il est demandé de cocher une hypothèse. Cependant, une hypothèse doit toujours être justifiée. La justification vient de l'interprétation des résultats des expériences de Jost. Si vous rencontrez des difficultés dans l'interprétation, vous pouvez également prendre chaque hypothèse l'une après l'autre et vérifier si elle explique les résultats du document 2.

L'hypothèse retenue est la 3ème : la présence d'un utérus chez un homme fertile peut s'expliquer par une anomalie hormonale au cours du développement embryonnaire : une sécrétion nulle d'AMH uniquement.

En effet, sans testostérone, on serait dans la situation de l'expérience A, et les hommes auraient eu uniquement des voies génitales féminines. La comparaison des résultats des expériences B et C montre que la testostérone n'agit pas sur la régression des canaux de Muller. C'est donc un autre élément du testicule.

D'après l'énoncé, il s'agit de l'hormone AMH.

7

Anomalie de différenciation

Enoncé
p. 190

Nouveau programme

Chromosomes sexuels	Gonades	Glandes et organes génitaux	Appareil génital externe	Caractères sexuels secondaires
XY	Testicules	Masculins	Féminin (?)	Apparence masculine Voix masculine

Tableau 10.5 – Caractéristiques sexuelles de Caster Semenya

8

Déclenchement de la puberté

Enoncé
p. 191

Lycée Albert Einstein, Sainte Geneviève des Bois

Les données de l'introduction précisent que la sécrétion de GnRH par les neurones de l'hypothalamus est le signal déclencheur de la puberté et que l'hypothalamus est sensible à de nombreux stimuli internes ou externes, dont la leptine.

Le tableau présente différentes conditions de déclenchement de la puberté.

Les groupes 1 et 2 sont des sujets non producteurs de leptine mais correctement nourris. On constate qu'en l'absence de leptine (concentration sanguine

CORPS HUMAIN : DE LA FÉCONDATION À LA PUBERTÉ • CHAP. 10

nulle) le déclenchement de la puberté n'a pas lieu. Les injections de leptine rétablissent une concentration sanguine élevée en leptine et le déclenchement de la puberté.

La leptine est donc indispensable au déclenchement de la puberté.

Les groupes 3 et 4 sont des sujets producteurs de leptine. On constate que chez les sujets soumis à une restriction alimentaire, la concentration sanguine en leptine est basse et le déclenchement de la puberté retardé. En revanche, les sujets soumis à une alimentation correcte ont une concentration sanguine en leptine élevée et une puberté. Une alimentation correcte est donc indispensable au déclenchement de la puberté. Elle semble stimuler la synthèse de leptine.

Les sujets du groupe 5 sont producteurs de leptine soumis à une restriction alimentaire mais ayant reçu des injections de leptine, la concentration sanguine en leptine est élevée et le déclenchement de la puberté a lieu. Ce dernier groupe confirme que la synthèse de la leptine dépend de l'alimentation.

Ainsi on peut résumer le mécanisme déclencheur de la puberté de la manière suivante :

Une alimentation correcte permet une synthèse élevée de leptine. Cette leptine stimule l'hypothalamus qui en réponse sécrète la GnRH entraînant la mise en route de l'axe gonadotrope et donc le déclenchement de la puberté

9 Caractères sexuels secondaires

Enoncé
p. 191

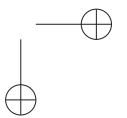
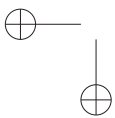
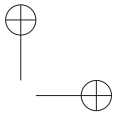
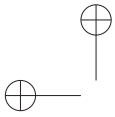
Nouveau programme

- 1 Le texte de l'énoncé nous apprend que la voix d'une personne est aigüe au-dessus de 220 Hz et grave en-dessous de 165 Hz. On en conclut que l'adolescent 1 a une voix aigüe et que les adolescents 3, 4 et 5 ont une voix grave. L'énoncé ne permet pas de conclure pour le jeune numéro 2.
- 2 On sait que les testicules sont les organes producteurs de testostérone.
- 3 Un castrat est un homme à qui on a enlevé les testicules avant la puberté. Il ne produira donc pas de testostérone. On observe dans les résultats du tableau qu'il existe une corrélation entre la concentration de testostérone et la fréquence de la voix : plus la concentration est élevée, plus la fréquence de la voix est faible. On n'a pas de preuve dans cet exercice que la testostérone est la cause de la baisse de fréquence de la voix mais on c'est l'hypothèse la plus probable. On comprend donc de ces données que les castrats conservent leur voix aigüe en raison de l'absence de testostérone.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Cerveau, plaisir, sexualité

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Influence des hormones dans le comportement sexuel
3. Sexualité de l'Homme et système de récompense

1 Introduction

Le comportement reproducteur de la plupart des animaux a lieu uniquement à certaines périodes de l'année : ainsi, le Cerf se reproduit uniquement en automne, la plupart des oiseaux uniquement au printemps aux latitudes tempérées. Au contraire, la sexualité de l'Homme peut avoir lieu toute l'année et la reproduction également. A la notion de reproduction s'ajoute celle de plaisir dans l'acte sexuel.

? PROBLÉMATIQUE

Quels sont les facteurs influençant le comportement sexuel humain ?

2 Influence des hormones dans le comportement sexuel

Chez les mammifères, le comportement sexuel est contrôlé, entre autres, par les hormones. Chez les mammifères tels que les rats, la reproduction est possible lorsque la femelle est en période d'œstrus. L'œstrus est déclenché par un pic hormonal d'œstrogènes. Chez d'autres mammifères comme le Lapin, c'est l'accouplement qui déclenche l'ovulation.

Chez l'Homme, on observe une légère augmentation du nombre de rapports sexuels chez les femmes au moment du pic hormonal qui accompagne l'ovulation.

Voir exercices 2 à 5.

3 Sexualité de l'Homme et système de récompense

3.1 Qu'est-ce que le système de récompense ?

Dans le cerveau, on a identifié plusieurs zones particulièrement actives en cas de sensations de plaisir. Les zones s'activent par exemple en cas de prise de drogues. Ce sont les mêmes qui s'activent lors d'un rapport sexuel. Cet ensemble s'appelle le système de récompense. Il fournit la motivation nécessaire à la réalisation d'actions ou de comportements adaptés permettant par exemple la reproduction.

3.2 Spécificités humaines

Chez l'homme et la femme, l'influence du système hormonal dans le contrôle du comportement reproducteur est faible. Le système de récompense joue un rôle prépondérant, comme chez tous les Grands Singes. Il est actif lors des rapports sexuels : l'aire tegmentale ventrale (ATV) comporte un amas de neurones connectés avec une autre zone du cerveau : le noyau accumbens. Les neurones produisent une substance appelée dopamine qui permet la communication avec les neurones connectés.

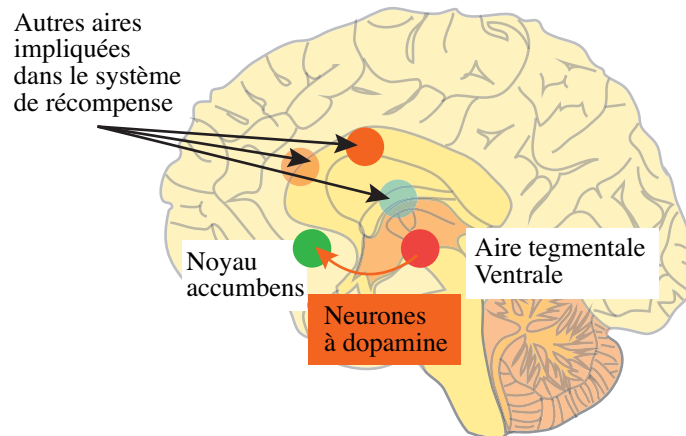


Figure 11.1 – Le système de récompense humain

Les facteurs affectifs et le contexte culturel ont une influence majeure sur le comportement sexuel humain.

Voir exercices 1 et 6 à 8.

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

À RETENIR

Le comportement sexuel humain est motivé par l'existence du système de récompense cérébral, et dans une moindre mesure par les concentrations d'hormones sexuelles. Il dépend de l'identité sexuelle biologique de l'individu comme les facteurs culturels ou sociaux. L'orientation sexuelle relève de l'intimité de chacun.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 215

Les affirmations suivantes sont fausses. Expliquez pourquoi :

- 1** Chez l'homme et la femme, le comportement sexuel est gouverné par les concentrations hormonales.
- 2** Chez tous les mammifères, les hormones ont peu d'influence sur le comportement sexuel.
- 3** L'identité sexuelle biologique est le seul facteur déterminant le comportement sexuel.
- 4** Le système de récompense est localisé dans les organes génitaux.

2 Comportement sexuel et testostérone

★★

10 min

Corrigé
p. 215

Nouveau programme

La testostérone est l'hormone sexuelle mâle sécrétée par les testicules des mammifères. Des chercheurs ont castré des rats (ablation des testicules) et ont observé si les rats conservaieent un comportement sexuel. Sept semaines après castration, ils ont placé des implants de testostérone sous la peau.

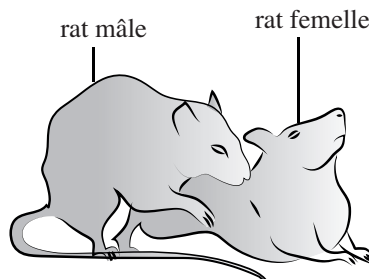


Figure 11.2 – Comportement sexuel manifesté par un mâle

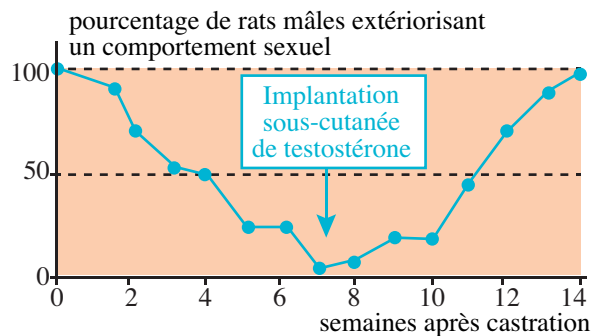


Figure 11.3 – Résultats de l'observation et du comptage de rats mâles montrant un comportement sexuel au cours du temps

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 1 Le document ci-dessus montre que (cochez les affirmations exactes) :
- ☐ a Des rats castrés produisent toujours de la testostérone.
 - ☐ b En l'absence de testostérone chez des mâles castrés, le pourcentage de rats extériorisant un comportement sexuel diminue au fil du temps.
 - ☐ c En l'absence de testostérone chez des mâles castrés, le pourcentage de rats extériorisant un comportement sexuel reste supérieur à 50 %.
 - ☐ d Un implant diffusant de la testostérone chez un mâle castré n'a aucun effet.
 - ☐ e Un implant diffusant de la testostérone chez un mâle castré provoque une augmentation du pourcentage de rats mâles montrant un comportement sexuel.
- 2 Concluez par une phrase sur l'effet de la testostérone sur le comportement sexuel des rats mâles.

3 Comportement sexuel et œstradiol



10 min

Corrigé
p. 215

Nouveau programme

Chez certaines espèces comme le mouton, il n'y a qu'une période d'activité sexuelle dans l'année, nommée œstrus, au cours de laquelle la femelle va accepter les avances du mâle et l'accouplement.

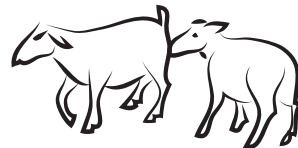
Document 1 : Comportement de la femelle et du mâle en période d'œstrus

En rouge : activités de la femelle

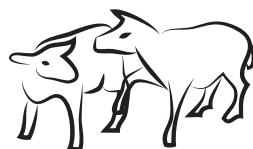
En bleu : activités du mâle



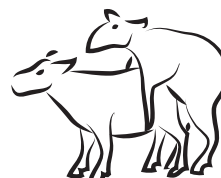
- mouvement de la tête, frémissement de la queue
- approche, recherche



- flairage



- immobilisation
- approche latérale



- immobilisation
- chevauchement

Figure 11.4 – Comportement de la femelle et du mâle en période d'œstrus

INTERROS

Document 2 :

Des expériences ont été menées chez des femelles dont on a enlevé les ovaires afin d'étudier le rôle de l'œstradiol sur le comportement sexuel. L'œstradiol est une hormone produite par les ovaires.

Dose d'œstradiol injectée (mg)	% de femelles en œstrus
0,10	0
0,25	25
0,35	43,7
0,5	100

Tableau 11.1 – Proportion de femelles en œstrus en fonction de la dose d'œstradiol injectée

Les documents ci-dessus montrent que (cochez les affirmations exactes) :

- ☐ a La reproduction des moutons est possible toute l'année.
- ☐ b La femelle en période d'œstrus se sauve lorsqu'un mâle s'approche.
- ☐ c La femelle en période d'œstrus a un comportement typique et reconnaissable.
- ☐ d Pour 0.35 mg d'œstradiol injecté à des femelles sans ovaires, 25 % des femelles sont en œstrus.
- ☐ e Plus on injecte d'œstradiol à une femelle, plus il y a de chances pour qu'elle soit en œstrus.
- ☐ f L'œstradiol provoque la mise en œstrus des femelles de moutons.

4 Comportement sexuel des chimpanzés



5 min

Corrigé
p. 216

Nouveau programme

Document 1 : Comportement sexuel chez le bonobo

Parmi les Grands Singes, le Chimpanzé bonobo montre certaines similitudes avec l'Homme dans son comportement sexuel. Cependant, chez le Bonobo, les relations sexuelles sont fréquentes et multiples (en moyenne 8 fois par jour) et les accouplements sont très rapides, sans aucun comportement préparatoire. Le Bonobo serait l'un des seuls à pratiquer, comme l'Homme, l'acte sexuel en position « face à face ». Les études suggèrent que les trois quarts des rapports sexuels entre bonobos n'ont pas des fins reproductives mais sociales.

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

Document 2 : Influence des hormones

Une étude menée en 2000 sur des bonobos d'un zoo belge a montré que, chez les mâles, le nombre d'actes sexuels non liés à la reproduction augmentait avec le taux sanguin de testostérone.

Une castration réduit l'activité sexuelle mais cet effet n'est pas rapide, contrairement aux autres mammifères : il met des mois à s'installer. Chez la femelle en captivité, on a mis en évidence une variation du nombre d'activités sexuelles au cours du cycle menstruel avec un pic au moment de l'ovulation. Comme pour le mâle, il y a un lien entre hormones et comportement sexuel, mais ce rôle n'est pas majeur.

À partir de l'étude des documents et de vos connaissances, répondez par vrai ou faux aux propositions et rectifiez les affirmations fausses

- 1 Le bonobo fait partie de la même espèce que l'Homme.
- 2 Les trois quarts des rapports sexuels entre bonobos n'ont pas de fins reproductives mais sociales.
- 3 Chez les femelles, le nombre d'activités sexuelles est constant quel que soit le moment du cycle.
- 4 Chez les mâles et femelles bonobos, le lien entre hormones et comportement sexuel n'est pas majeur.
- 5 La testostérone est une hormone produite par le cerveau.

5 Hormones et activité sexuelle



15 min

Corrigé
p. 216

Nouveau programme

L'activité sexuelle chez les mammifères repose sur des phénomènes biologiques. On a réalisé des expériences ou des observations chez l'Homme afin de comprendre le rôle avec les hormones.

Voir documents page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Document 1 : Évolution de l'activité sexuelle dans un lot de rongeurs mâles castrés et traités à la testostérone

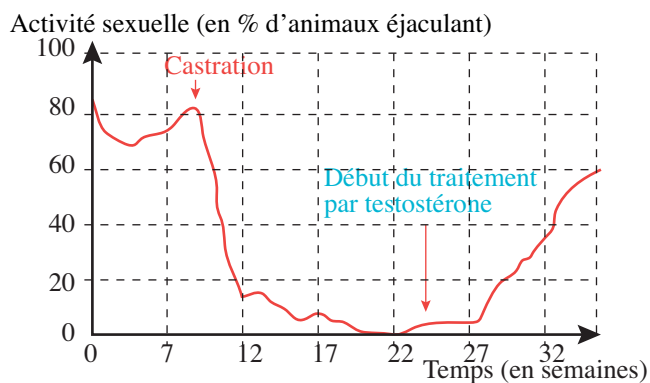


Figure 11.5 – Évolution de l'activité sexuelle dans un lot de rongeurs mâles castrés et traités à la testostérone

Document 2 : Réponses sexuelles d'hommes ne produisant pratiquement pas de testostérone et traités ou non par des injections de testostérone

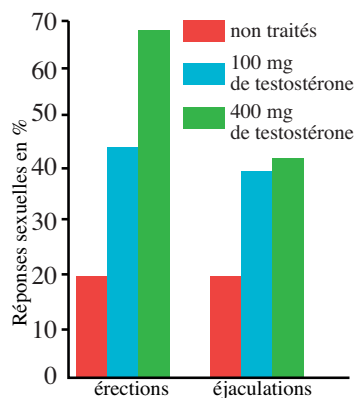


Figure 11.6 – Réponses sexuelles d'hommes ne produisant pratiquement pas de testostérone et traités ou non par des injections de testostérone

Voir questions page suivante.

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

- 1** Cochez l'unique réponse exacte pour chaque proposition.
- (a) L'activité sexuelle chez les rongeurs mâles :
- ☐ a est importante quelle que soit la concentration de testostérone ;
 - ☐ b n'est pas dépendante des testicules ;
 - ☐ c devient nulle lorsqu'il n'y a pas de testostérone ;
 - ☐ d n'est pas sous dépendance hormonale.
- (b) L'activité sexuelle chez l'Homme :
- ☐ a ne dépend pas de la testostérone ;
 - ☐ b est en lien avec la quantité de testostérone ;
 - ☐ c devient nulle sans testostérone ;
 - ☐ d est la même quelle que soit la concentration de testostérone.
- (c) L'activité sexuelle chez les mammifères autres que les Grands Singes est :
- ☐ a faiblement dépendante des hormones sexuelles ;
 - ☐ b davantage dépendante des hormones sexuelles que l'activité sexuelle humaine ;
 - ☐ c autant dépendante du circuit de la récompense que l'activité sexuelle humaine ;
 - ☐ d davantage dépendante du circuit de la récompense que l'activité sexuelle humaine.

Document 3 : Les eunuques

Un eunuque est un homme castré. La castration se limite généralement à l'ablation des testicules mais il arrive qu'elle concerne également le pénis.

Dans l'empire ottoman et en Chine, les eunuques étaient affectés à la garde des harems ou sérails, c'est à dire de l'habitation dans lesquelles les épouses et concubines d'un homme important étaient tenues à l'écart du monde. Les hommes non castrés n'y étaient pas admis. On pensait que la castration ôtait les désirs sexuels et la possibilité d'accouplement.

Pourtant... si l'on en croit Voltaire : « le kisler-aga, eunuque parfait, à qui on a tout coupé, a aujourd'hui un sérail à Constantinople : on lui a laissé ses yeux et ses mains, et la nature n'a point perdu ses droits dans son cœur. Les autres eunuques, à qui on n'a coupé que les deux accompagnements de l'organe de la génération, emploient encore souvent cet organe. »

Source : Voltaire, Dictionnaire philosophique, article, « Joseph »

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Il semble en effet que si l'ablation des testicules intervient après la puberté, ce qui était le plus fréquent pour les serviteurs, il peut y avoir érection et donc accouplement.

- 2 Expliquez pourquoi l'accouplement était possible chez certains eunuques, sans risque de provoquer une grossesse.

6 Saisonnalité de la reproduction



20 min

Corrigé
p. 217

Nouveau programme

Même si les mécanismes hormonaux sont très proches chez les humains et les ovins (moutons et brebis), les comportements sexuels sont très différents. L'humain peut se reproduire à n'importe quel moment de l'année, ce qui n'est pas le cas des ovins dont la reproduction est saisonnière et ne se déroule qu'une fois par an.

L'activité sexuelle des ovins appelés espèce de « jours courts », se déclenche en automne lorsque la durée quotidienne d'éclairement diminue. Cette activité s'arrête lorsque la durée d'éclairement par jour augmente au printemps. Après 5 mois de gestation, la femelle donne naissance à un ou deux agneaux.

On cherche à comprendre pourquoi chez les humains, les naissances peuvent se faire tout au long de l'année contrairement à ce qui se passe chez les ovins.

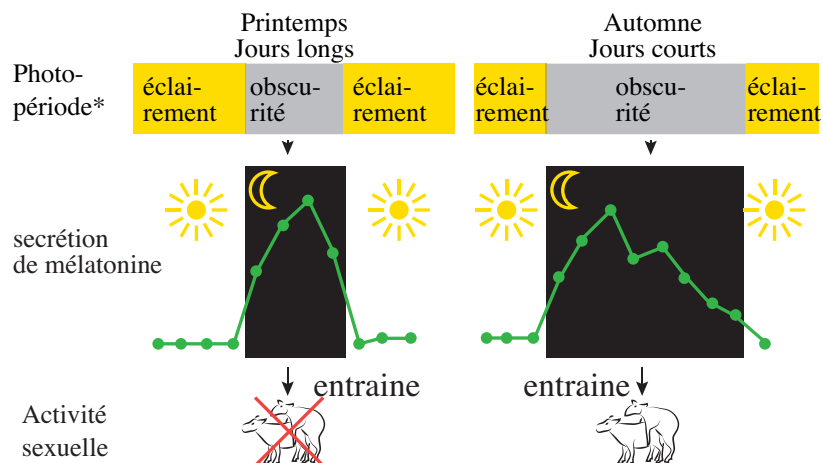
Document 1 : Influence de la photopériode sur l'activité sexuelle des ovins

Remarques :

- La mélatonine est une hormone produite par le cerveau (glande pinéale ou épiphyse).
- Chez l'Homme, la mélatonine est appelée « hormone du sommeil ». Elle ne joue aucun rôle dans le comportement sexuel.

Voir illustration page suivante.

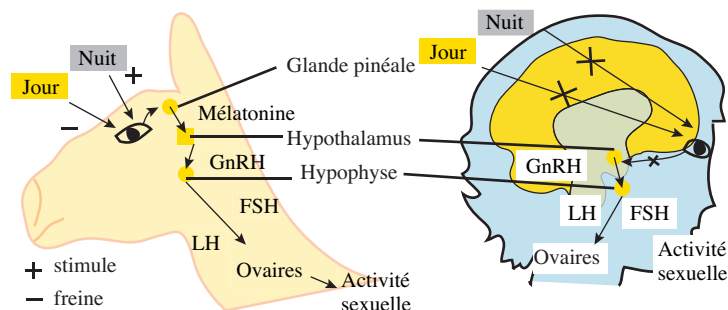
CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11



* la *photopériode* correspond à la durée quotidienne d'éclairement

Figure 11.7 – Variation de la concentration en mélatonine chez le mouton au cours d'une année selon la durée de la photopériode

Document 2 : Influence de la photopériode sur les sécrétions hormonales intervenant sur l'activité sexuelle des femelles



GnRH : hormone produite par l'hypothalamus
LH : hormone lutéinisante FSH : hormone folliculo-stimulante

Figure 11.8 – Influence de la photopériode sur les sécrétions hormonales intervenant sur l'activité sexuelle des femelles

Document 3 : Influence des œstrogènes sur l'activité sexuelle de la brebis

Chez la brebis, il n'y a qu'une seule période d'activité sexuelle dans l'année, nommée oestrus, au cours de laquelle elle va accepter les avances du mâle et l'accouplement.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Sa concentration en oestrogènes est basse tout au long de l'année puis augmente sensiblement pendant les cycles sexuels de la saison de reproduction. La concentration en oestrogènes peut alors atteindre environ 3 pg/mL (1 picogramme = 10^{-12} g). Des expériences ont été menées chez des brebis à qui on a enlevé les ovaires pour rechercher le rôle des oestrogènes sur l'activité sexuelle.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Dose d'oestrogènes injectée (mg)	Pourcentage de femelles en oestrus (%)
0,10	0
0,25	25
0,35	43,7
0,5	100

Tableau 11.2 – Résultats des injections d'oestrogènes sur une femelle privée de ses ovaires

A l'aide de vos connaissances et des documents, complétez les phrases des questions 1 à 4 suivantes en cochant l'unique réponse exacte :

- 1 Dans l'espèce humaine, les naissances ont lieu tout au long de l'année. Chez les ovins en liberté, les naissances ont toutes lieu au printemps car elles dépendent de :
 - ☐ a la photopériode : l'activité sexuelle a lieu au printemps lorsque la durée quotidienne de l'éclairement augmente ;
 - ☐ b la température extérieure : l'activité sexuelle a lieu au printemps lorsque les températures augmentent ;
 - ☐ c la quantité de nourriture disponible : l'activité sexuelle a lieu au début du printemps lorsque la végétation redevient abondante dans les prairies ;
 - ☐ d la photopériode : l'activité sexuelle a lieu à l'automne lorsque la durée quotidienne de l'éclairement diminue.
- 2 Par comparaison, le déclenchement de l'activité sexuelle est lié à la production de :
 - ☐ a mélatonine chez la femme mais pas chez la brebis ;
 - ☐ b mélatonine chez la brebis mais pas chez la femme ;
 - ☐ c testostérone chez la femme mais pas chez la brebis ;
 - ☐ d testostérone chez la brebis mais pas chez la femme.

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

3 Soit une injection de 0,35 mg d'oestrogènes à des brebis privées de leurs ovaires. Si on passe la quantité d'oestrogènes de 0,35 mg à 0,5 mg, on :

- a** multiplie par quatre le pourcentage de brebis en œstrus ;
- b** multiplie par plus de deux le pourcentage de brebis en œstrus ;
- c** réduit de moitié le pourcentage de brebis en œstrus ;
- d** multiplie par trois le pourcentage de brebis en œstrus.

4 Le comportement sexuel chez la brebis et la femme diffère car :

- a** chez la brebis, le système de récompense est prépondérant sur le contrôle hormonal ;
- b** chez la femme, la photopériode est prépondérante sur le système de récompense ;
- c** chez la brebis, la photopériode n'est pas prépondérante sur le contrôle hormonal ;
- d** chez la femme, le système de récompense est prépondérant sur le contrôle hormonal.

7 Hormones et comportement sexuel humain ★★ ★ 15 min ➔ Corrigé p. 217

Nouveau programme

Utilisez les documents afin de montrer que les hormones ont une influence sur le comportement sexuel de la femme et de l'homme mais que ce rôle n'est pas prépondérant.

Document 1 :

Des observations ont été effectuées chez des hommes castrés à la suite de tumeurs des testicules. On a comptabilisé le nombre de rapports sexuels et de fantasmes liés au sexe avant et après des injections de testostérone.

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

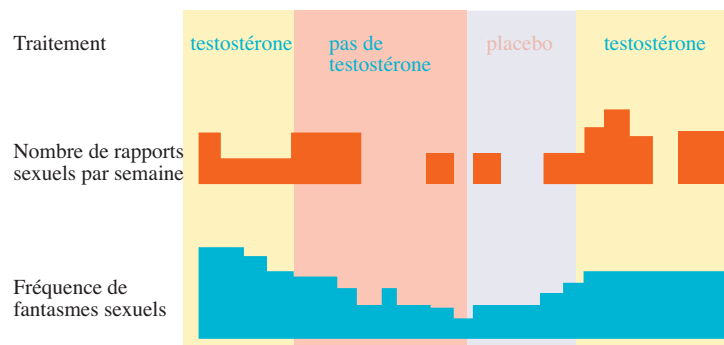


Figure 11.9 – Résultats du comptage des rapports sexuels et fantasmes d'hommes castrés puis ayant reçu des injections de testostérone (un placebo est une substance sans effet biologique administrée en faisant croire au sujet que c'est la substance active)

Document 2 :

Une étude faite en 2004 sur 68 femmes n'utilisant pas de contraception hormonale a donné les résultats ci-dessous :

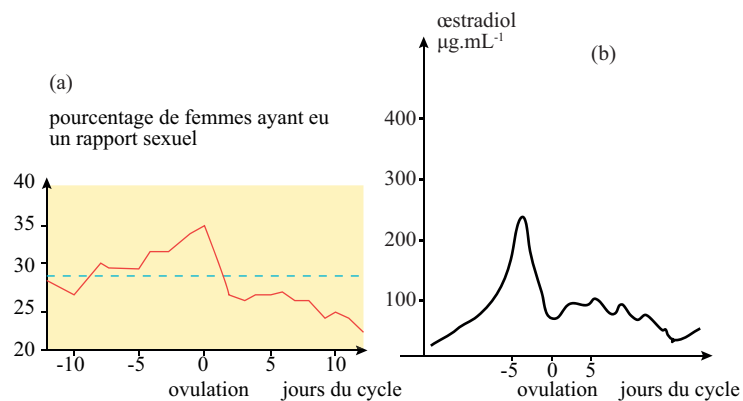


Figure 11.10 – Proportion de femmes ayant eu un rapport sexuel selon le moment du cycle (a) et évolution de la concentration d'œstradiol au cours d'un cycle (b)

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

8 Expérience d'Olds et Milner



15 min

Corrigé
p. 218

Nouveau programme

 Retrouvez le circuit de récompense chez le rat en vidéo avec 

Dans les années 1950, deux chercheurs, Olds et Milner travaillent sur la vigilance chez les rats. Ils font alors une découverte inattendue, qui est relatée ci-dessous :

« Une des découvertes les plus surprenantes réalisées sur le cerveau, dans les années 1950, est celle de l'existence d'un système hédonique dont les « centres du plaisir », sont répartis en différents endroits du système limbique (Olds et Milner, 1954). En 1952, Olds travaillait dans le cadre d'une recherche de doctorat, auprès de Milner, professeur à l'université Mc Gill à Montréal. Ce dernier était spécialisé dans l'étude des fonctions du cerveau qu'il explorait à l'aide d'électrodes implantées dans différentes zones. La recherche d'Olds consistait à vérifier si l'excitation d'un centre impliqué dans la vigilance, et situé en arrière de l'hypothalamus, pouvait amener un rat à éviter certains coins d'un enclos.

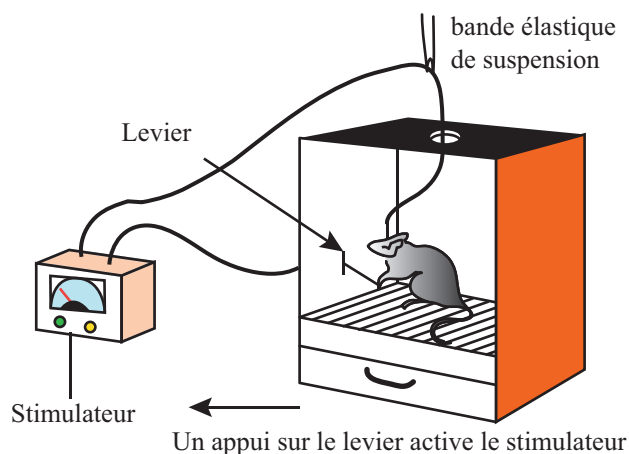


Figure 11.11 – Schéma du dispositif d'autostimulation

Cela semblait être le cas pour tous les rats testés sauf un, baptisé Jack, qui, au lieu de s'éloigner de ces endroits, y revenait systématiquement après chaque choc. Olds, croyant qu'il s'agissait d'un animal moins sensible que les autres, se mit à augmenter les décharges électriques. Mais, plus les chocs étaient intenses et plus le rat revenait rapidement à l'endroit où ils étaient administrés, pour en recevoir un autre, plus intense encore. Il fallait se rendre à l'évidence, le rat semblait rechercher systématiquement la stimulation électrique au lieu de l'éviter.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Après dissection du cerveau de l'animal, Olds s'aperçut que l'électrode avait été implantée, par erreur, à côté de de l'endroit où elle aurait dû se trouver, provoquant, suite à la stimulation, une réaction inattendue de "plaisir".

Le chercheur systématisa alors l'expérience en implantant à plusieurs rats une électrode dans ce nouvel endroit qui se révéla être l'aire septale (Milner, 1991), et plaça ensuite les rats dans des cages où ils pouvaient s'auto-stimuler en appuyant eux-mêmes sur un levier qui commandait la distribution des chocs.

Les résultats furent stupéfiants. Très vite, les rats atteignirent des scores jamais atteints auparavant, quelle que soit la récompense. À certains moments de pointe, on vit des sujets fournir plus de 100 réponses sur le levier, en une minute, leur activité moyenne étant de 200 pressions à l'heure, pendant 24 heures. Les rats semblaient, de plus, être capables de supporter les chocs les plus intenses. Certaines décharges étaient mêmes tellement fortes que les animaux se trouvaient propulsés contre les parois de la cage ; pourtant, sitôt leurs esprits recouvrés, ils se précipitaient à nouveau sur le levier pour s'envoyer une nouvelle décharge d'une intensité semblable à la précédente... »

Article extrait de *Psychologie Science humaine et science cognitive*. De Boeck université, 2008

- 1 Quel est d'après le texte l'effet inattendu observé par Olds ?
- 2 A quoi cet effet est-il dû chez le rat Jack ?
- 3 La cocaïne est une drogue qui provoque une stimulation du système de récompense. Elle crée une euphorie immédiate, un sentiment de puissance intellectuelle et physique et une indifférence à la douleur et à la fatigue. Etablissez un parallèle entre le comportement des rats de l'expérience et les sensations d'un cocaïnomane.

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

1 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 202

- 1 Les concentrations hormonales jouent un rôle mais ce ne sont pas les hormones qui gouvernent le comportement sexuel. Celui-ci est lié au système de récompense.
- 2 Les hormones ont une forte influence sur le comportement sexuel des mammifères. Seuls les grands singes, dont l'Homme fait partie, sont peu sensibles aux variations hormonales.
- 3 Il faut ajouter des facteurs sociaux et culturels pour expliquer le comportement sexuel des individus.
- 4 Le système de récompense est un ensemble de zones du cerveau.

2 Comportement sexuel et testostérone

→ Enoncé
p. 202

Nouveau programme

- 1 Réponses exactes : **b** et **e**.

Justification : les rats castrés ne produisent pas de testostérone puisque cette hormone est produite par les testicules. Cette information n'est pas visible dans le document mais elle est indiquée dans l'introduction et c'est une connaissance.

La proportion de rats ayant un comportement sexuel devient nulle au bout de 7 semaines, la réponse **c** est donc fausse.

En présence d'implant diffusant de la testostérone, la proportion de rats montrant un comportement sexuel augmente et revient à 100 % 7 semaines plus tard. La réponse **d** est donc fausse.

- 2 On en conclut que la testostérone stimule le comportement sexuel chez les mâles et on peut même dire qu'elle le provoque puisque sans l'hormone, ce comportement disparaît chez le rat.

3 Comportement sexuel et œstradiol

→ Enoncé
p. 203

Nouveau programme

Réponses exactes : **c**, **e** et **f**.

Justification : la reproduction des moutons n'a lieu qu'une fois par an ainsi que l'indique l'introduction. La réponse **a** est donc fausse.

La femelle en période d'oestrus reste près du mâle et s'immobilise. La réponse **b** est donc fausse.

Pour 0,35 mg d'œstradiol injecté, 43,7 % sont en oestrus et non 25 %. La réponse **d** est donc fausse.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4 Comportement sexuel des chimpanzés

Enoncé
p. 204

Nouveau programme

- 1 Le bonobo fait partie de la même espèce que l'Homme : FAUX. L'Homme est une espèce à part entière, de même que le Bonobo.
- 2 Les trois quarts des rapports sexuels entre bonobos n'ont pas de fins reproductives mais sociales : VRAI.
- 3 Chez les femelles, le nombre d'activités sexuelles est constant quel que soit le moment du cycle : FAUX. Le document 2 indique que le nombre d'activités sexuelles connaît un pic au moment de l'ovulation.
- 4 Chez les mâles et femelles bonobos, le lien entre hormones et comportement sexuel n'est pas majeur : VRAI.
- 5 La testostérone est une hormone produite par le cerveau : FAUX. L'hormone est produite par les testicules (c'est une connaissance).

5 Hormones et activité sexuelle

Enoncé
p. 205

Nouveau programme

- 1 (a) Réponse **c**. Le document 1 montre que l'activité sexuelle chute après ablation des testicules. On sait de plus que la testostérone est produite par les testicules et on observe sur le graphique que l'activité sexuelle augmente après traitement par la testostérone.
(b) Réponse **b**. Plus un homme a de testostérone, plus il a d'érections et d'éjaculations : avec 100 mg de testostérone, 45 % des hommes ont une érection contre 20 % des hommes qui n'en produisent pas. L'effet augmente avec la concentration de l'hormone.
(c) **b**. Seuls les Grands Singes ont un comportement sexuel peu dépendant des concentrations hormonales et dû essentiellement à leur système de récompense.
- 2 Dans le document 2, on observe que 20 % des hommes qui produisent peu ou pas de testostérone ont des érections. Les eunuques qui n'ont pas de testicules ne produisent pas de testostérone. Ceux qui ont un pénis sont dans la même situation que ces hommes et peuvent donc avoir des rapports sexuels.

N'ayant plus de testicules, ils ne fabriquent pas de spermatozoïdes, il n'y a donc pas de risque de grossesse.

CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

6 Saisonnalité de la reproduction

Enoncé
p. 208

Nouveau programme

- 1 Réponse exacte : **d**.

Justification : le document 1 montre qu'en période de jours longs (au printemps) il n'y a pas d'accouplement contrairement à l'automne. Aucune information n'est donnée sur l'influence de la nourriture ou de la température.

- 2 Réponse exacte : **b**.

Justification : le document 2 montre que chez la brebis, la nuit stimule la production de mélatonine. Cela déclenche par un effet de cascade, la stimulation des ovaires et l'activité sexuelle. Chez la femme, la durée du jour et de la nuit n'agit pas sur la production de l'hormone GnRH il n'y a donc pas d'effet de la période de l'année sur l'activité sexuelle.

- 3 Réponse exacte : **b**.

Justification : le document 3 montre qu'on passe de 43,7 % à 100 % de brebis en œstrus en injectant 0,5 mg d'œstrogènes au lieu de 0,35 mg. Cela multiplie par plus de 2 la proportion de brebis en œstrus.

- 4 Réponse exacte : **d**.

Justification : chez la brebis, le contrôle hormonal du comportement sexuel est prépondérant et la production d'hormones sexuelles est déclenchée par la diminution de la durée du jour. Chez la femme, la durée du jour n'a aucune influence et on sait que le système de récompense est le facteur principal déterminant le comportement sexuel.

7 Hormones et comportement sexuel humain

Enoncé
p. 211

Nouveau programme

MÉTHODE

Cet exercice comporte une seule question et plusieurs documents, sans questions guidées d'exploitation. Il est conseillé d'exploiter chaque document au brouillon (qu'observe-t-on, que peut-on en conclure) avant de rédiger la réponse. Deux sous-questions se trouvent dans la question. Il est préférable de répondre séparément à chacune, ce qui évitera les oublis.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

On observe dans le document 1 que les hommes castrés et sans testostérone ont moins de rapports sexuels par semaine qu'avant la castration. On ne peut pas citer de valeurs puisqu'il n'y a pas d'échelle mais on voit qu'il n'y a pas de rapport sexuel sur une période plus longue qu'avec de la testostérone. Cette observation est également valable avec le placebo. De même la fréquence des fantasmes sexuels est plus importante au début de l'expérience et avec administration de testostérone après castration. On peut en conclure que la présence de testostérone dans le corps de l'homme stimule le comportement sexuel.

Chez la femme on observe dans le document 2 que la proportion de femmes ayant eu un rapport sexuel n'est pas constante au cours du cycle : 25 % 10 jours après l'ovulation et de 35 % au moment de l'ovulation. Il y a donc un effet du moment du cycle sur le comportement sexuel féminin. En mettant en relation les deux graphiques a et b, on observe qu'avant l'ovulation, il y a une forte concentration sanguine d'œstradiol (250 pg.mL^{-1}) et qu'ensuite cette concentration est d'environ 100 pg.mL^{-1} . Il y a donc une corrélation entre le comportement sexuel et la concentration d'œstradiol.

Remarque : une corrélation ne veut pas forcément dire qu'il y a une relation de cause à effet. Pour démontrer de manière rigoureuse que l'œstradiol stimule le comportement sexuel, il faudrait observer des femmes sans ovaires à qui on injecte ou pas des hormones.

Les hormones jouent un rôle dans le comportement sexuel humain mais elles ne sont qu'un facteur parmi d'autres. En effet, si elles étaient seules responsables, l'absence de testostérone chez l'homme provoquerait l'arrêt des rapports sexuels et des fantasmes (document 1). Ce n'est pas le cas. Chez la femme, on devrait également avoir 0 % de rapport sexuel à certaines périodes du cycle où la concentration d'œstradiol est faible et ce n'est pas le cas.

8 Expérience d'Olds et Milner

Enoncé
p. 213

Nouveau programme

- 1 Monsieur Olds observa qu'un des rats cobayes recherchait la stimulation électrique au lieu de la fuir : Jack aurait dû s'éloigner et la fuir et au lieu de cela, il y revenait, même quand l'intensité du choc électrique était plus forte.
- 2 Olds et Milner découvrirent que le rat Jack avait été victime d'une erreur d'implantation de l'électrode et que celle-ci, au lieu d'être dans le centre de la vigilance, avait été placée dans l'aire septale. La répétition de cette expérience confirma les observations. Chez le rat, l'aire septale du cerveau est impliquée dans les sensations de plaisir.
- 3 La cocaïne stimule le système de récompense, comme l'électrode implantée dans le cerveau de Jack et de ses successeurs. D'après le texte

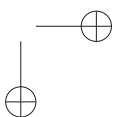
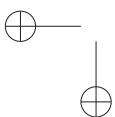
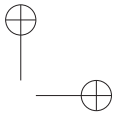
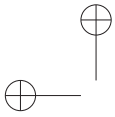
CERVEAU, PLAISIR, SEXUALITÉ • CHAP. 11

historique, les rats implantés comme Jack dans l'aire septale s'auto-stimulaient de manière très répétitive : 200 pressions à l'heure pendant 24 heures, et ce, quelles que soient les conséquences. Les décharges électriques les projetaient contre les parois de la cage. En temps normal, les rats auraient dû éviter le levier de stimulation. On peut faire un parallèle avec l'indifférence à la douleur et à la fatigue de la personne qui a pris de la cocaïne.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Chapitre

12

Hormones et procréation humaine

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Fonctionnement de l'appareil reproducteur
3. Maîtrise de la procréation à l'aide de molécules de synthèse
4. Médicalisation de la procréation en cas d'infertilité/stérilité
5. Protection contre les IST

1 Introduction

La reproduction humaine est possible à partir de la puberté. Le contrôle de la reproduction est une préoccupation très ancienne qui cherche à séparer la sexualité et la conception d'enfants.

? PROBLÉMATIQUE

Comment l'Homme utilise-t-il ses connaissances dans le domaine de la procréation pour contrôler les naissances ?

2 Fonctionnement de l'appareil reproducteur

2.1 L'appareil reproducteur féminin

L'appareil reproducteur a un fonctionnement cyclique d'une durée de 28 jours environ. Le cycle débute par les règles appelées *menstruations*. Les gamètes sont produits dans les ovaires : un ovocyte par cycle (sauf exception) au moment de l'ovulation. Cet ovocyte se trouve dans une structure appelée follicule. Le follicule comporte des cellules et grossit durant plusieurs mois jusqu'au moment de l'ovulation où il se déchire pour laisser sortir l'ovocyte.

Si un rapport sexuel a eu lieu dans les quelques heures précédant l'ovulation, une fécondation aura lieu dans une trompe. L'embryon ainsi formé se déplace jusqu'à atteindre l'utérus au bout de quelques jours. L'utérus comporte une muqueuse développée au moment de l'ovulation. Cela permet l'implantation de l'embryon et la poursuite de son développement.

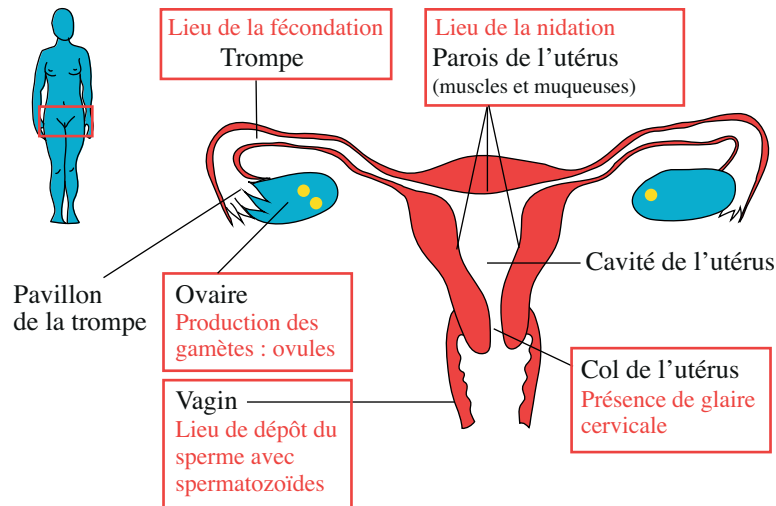


Figure 12.1 – Rôle des éléments de l'appareil reproducteur féminin

2.2 L'appareil reproducteur masculin

L'appareil reproducteur a un fonctionnement continu. Les gamètes sont produits dans les testicules : ce sont les spermatozoïdes. Ils se retrouvent dans le liquide séminal et forment le sperme. Lors d'un rapport sexuel, plusieurs millions de spermatozoïdes sont déposés dans le vagin près du col de l'utérus. Dans les quelques jours qui entourent l'ovulation, la glaire cervicale présente au niveau du col est peu serrée et laisse passer les gamètes vers l'utérus. Durant le reste du cycle, la glaire est épaisse et imperméable.

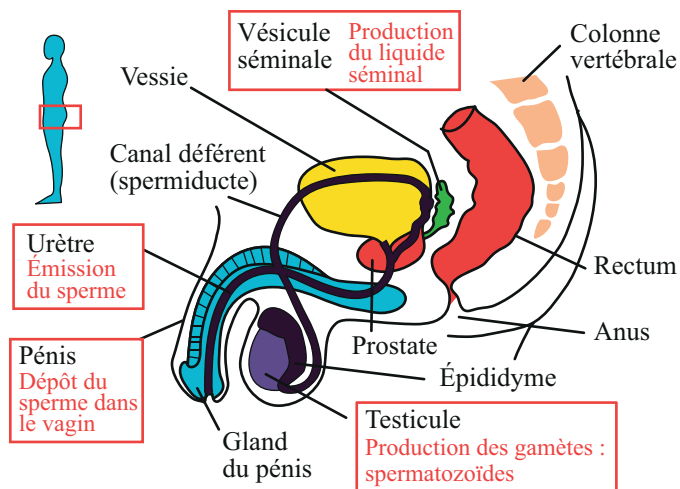


Figure 12.2 – Rôle des éléments de l'appareil reproducteur masculin

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

3 Maîtrise de la procréation à l'aide de molécules de synthèse

3.1 Les mécanismes biologiques contrôlés par les molécules de synthèse

3.1.1 - Blocage de la sécrétion d'hormones ovariennes

Les molécules de synthèse appelées encore hormones de synthèse ont une structure proche des hormones ovariennes naturelles : œstrogènes ou progestérone. Elles agissent comme des leurres et bloquent la production des hormones naturelles.

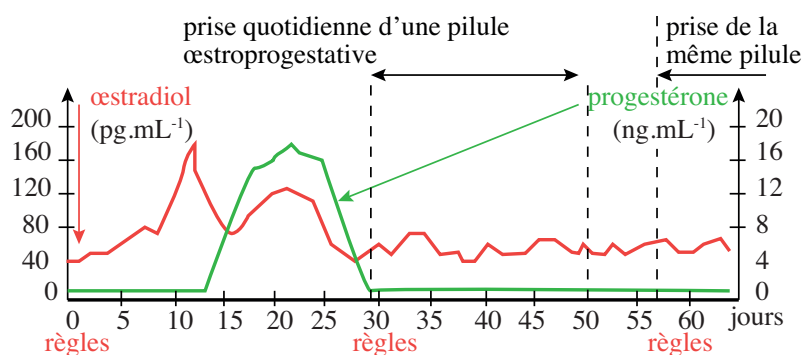


Figure 12.3 – Variation des concentrations d'hormones ovariennes lors d'un cycle naturel et avec prise d'un contraceptif hormonal

Elles ont les effets suivants :

- empêcher la croissance du follicule ovarien qui ne parvient pas à maturité ;
- empêcher l'ovulation au 14^e jour du cycle ;
- empêcher le développement de la muqueuse utérine qui ne peut pas accueillir d'embryon (pas de nidation) ;
- épaissir la glaire cervicale du col de l'utérus qui ne laisse pas passer les spermatozoïdes.

3.2 Blocage de la sécrétion d'hormones hypothalamiques et hypophysaires

L'hypothalamus est une structure nerveuse située dans l'encéphale. Il stimule l'activité de l'hypophyse en produisant une neurohormone appelée GnRH à intervalles réguliers. L'hypophyse produit en réponse deux hormones qui stimulent l'activité de l'ovaire.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- L'hormone hypophysaire FSH stimule le développement du follicule et de l'ovocyte en début de cycle ;
- L'hormone hypophysaire LH déclenche l'ovulation grâce à un pic au 13ème jour ; elle stimule également le développement du corps jaune, structure issue du follicule après ovulation.

Les hormones ovariennes exercent un rétrocontrôle sur l'hypothalamus et l'hypophyse en contrôlant leur activité.

Les hormones de synthèse ont pour organe cible l'hypothalamus et l'hypophyse : elles empêchent la production de GnRH, de LH et de FSH et empêchent donc la stimulation des ovaires et de l'utérus. Certaines pilules progestatives n'empêchent pas l'ovulation mais seulement la nidation.

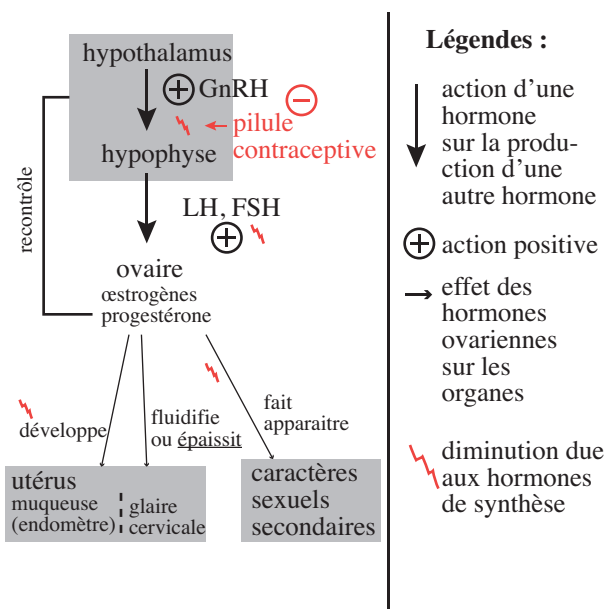


Figure 12.4 – Action des molécules de synthèse sur le fonctionnement de l'appareil reproducteur féminin

3.3 Contraception régulière et contraception d'urgence

Retrouvez les différentes méthodes contraceptives avec

3.3.1 - Pour les femmes

La contraception régulière hormonale existe sous diverses formes (pilules, patches, implants, injections) qui peuvent présenter des effets secondaires (prise de poids

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

par exemple) et des contre-indications (tabagisme par exemple). Les progrès médicaux ont permis de diminuer ces effets indésirables.

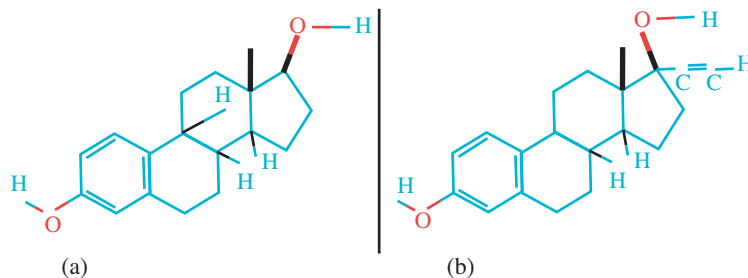


Figure 12.5 – Structure moléculaire d'une hormone naturelle et d'une hormone de synthèse (a : œstradiol, hormone naturelle ; b : éthinylœstradiol, hormone de synthèse)

La contraception d'urgence (ou « pilule du lendemain ») consiste à prendre des molécules de synthèse dans les 5 jours suivant le rapport sexuel à risque de grossesse. Ces molécules bloquent ou retardent l'ovulation (absence de pic ovulatoire de LH) et freinent le développement de la muqueuse utérine, ce qui empêche la nidation. Elles sont d'autant plus efficaces que la prise est précoce. Il faut cependant avoir conscience qu'il s'agit d'une contraception d'urgence et non un moyen de contraception quotidien.

3.3.2 - Pour les hommes

Il existe un contraceptif hormonal masculin : il consiste en l'injection d'une molécule de structure proche de la testostérone. Cette molécule agit comme un leurre et bloque la production des spermatozoïdes.

En effet, chez les hommes, le fonctionnement de l'appareil reproducteur est également lié au complexe hypothalamus-hypophyse. Les hormones LH et FSH stimulent les testicules et permettent la fabrication des spermatozoïdes et la production de testostérone. La testostérone exerce un rétrocontrôle négatif, c'est-à-dire qu'elle limite la production des hormones hypophysaires.

3.4 L'IVG médicamenteuse

L'IVG est autorisée en France dans les 12 premières semaines de grossesse. L'IVG médicamenteuse consiste en la prise d'une molécule de synthèse qui se lie aux mêmes récepteurs que la progestérone dans les cellules de l'utérus mais qui n'a pas son effet : la progestérone ne peut plus se lier et la muqueuse utérine ne se développe plus. Elle se détruit et l'embryon est expulsé de l'utérus.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

➔ À RETENIR

Le fonctionnement des appareils reproducteurs féminin et masculin est contrôlé par un dispositif neuroendocrinien qui fait intervenir des structures cérébrales : l'hypothalamus et l'hypophyse, sécréteurs d'hormones. Les hormones ovariennes et testiculaires exercent elles-mêmes un contrôle de l'activité de ces structures (un rétrocontrôle). Les molécules de synthèse, en mimant les molécules naturelles, agissent comme des leurres et bloquent le fonctionnement des appareils reproducteurs. Elles permettent la contraception hormonale et les IVG médicamenteuses.

Voir exercices 1, 2, 4 à 8.

4 Médicalisation de la procréation en cas d'infertilité/stérilité

4.1 Plusieurs causes d'infertilité/stérilité

L'infertilité et la stérilité peuvent être d'origine masculine ou féminine. Elles ont différentes causes :

- absence ou anomalies des cellules reproductrices, ovules ou spermatozoïdes ;
- impossibilité d'émission de spermatozoïdes par l'homme, les canaux étant bouchés ;
- impossibilité de rencontre des cellules reproductrices à cause des trompes bouchées, d'une glaire cervicale imperméable ;
- anomalie de l'utérus ne pouvant pas accueillir d'embryon

Une grande partie de ces anomalies est due à une infection sexuellement transmissible (IST), d'où l'importance d'utiliser des préservatifs pour s'en protéger lors des rapports sexuels.

4.2 Les techniques utilisées

Les techniques utilisées sont plus ou moins lourdes. Elles vont de l'insémination artificielle à la FIVETE (fécondation in vitro et transfert d'embryons) avec ou sans ICSI (injection intracytoplasmique de spermatozoïde).

Voir illustration page suivante.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

- 1 Stimulation ovarienne (FSHrec ou HMG)
Blocage de l'ovulation spontanée (agoniste ou antagoniste du GnRH)
Déclenchement (hCG)

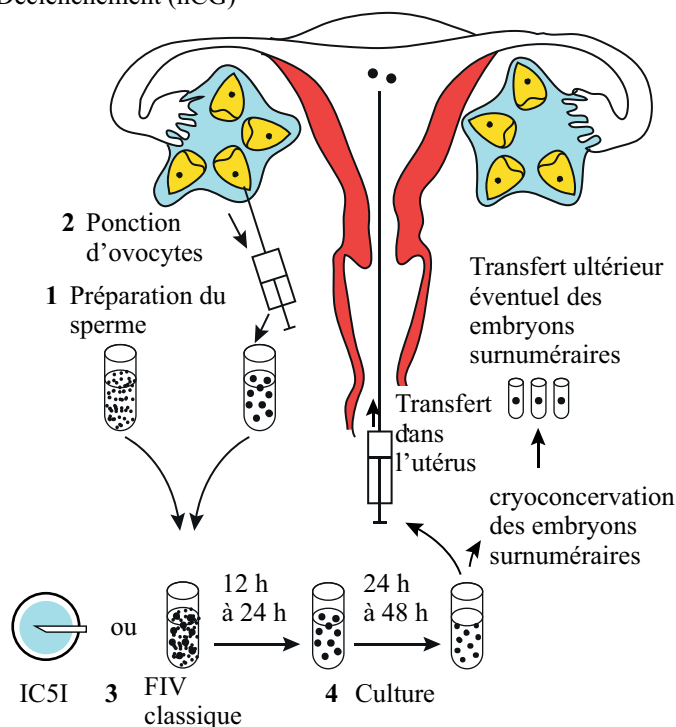


Figure 12.6 – Représentation schématique des étapes d'une FIVETE

 Retrouvez la procréation médicalement assistée en vidéo avec 

5 Protection contre les IST

Les infections sexuellement transmissibles (SIDA, hépatites, papillomavirus etc.) se transmettent lors des rapports sexuels non protégés. Elles peuvent avoir de graves conséquences comme une stérilité ou un cancer (cancer du col de l'utérus dû au papillomavirus). Seuls les préservatifs empêchent leur transmission.

Il existe un vaccin protégeant contre le papillomavirus. Il est important que les adolescents et adolescentes se fassent vacciner afin d'arrêter la transmission du virus.

Voir exercices 3 et 9.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 239

Choisissez la ou les bonnes réponses.

- 1** Un cycle menstruel dure :
 - ☐ a 28 jours environ ;
 - ☐ b 14 jours ;
 - ☐ c 1 mois ;
 - ☐ d 2 à 3 mois ;
 - ☐ e 28 jours précisément.
- 2** L'expulsion de l'ovule aussi appelée ovulation :
 - ☐ a consiste en une sortie de l'ovule hors de l'utérus ;
 - ☐ b a lieu en général au 14ème jour du cycle ;
 - ☐ c a lieu au moment des règles ;
 - ☐ d permet une éventuelle fécondation.
- 3** Le tissu de l'utérus aussi appelé muqueuse :
 - ☐ a garde le même aspect tout au long du cycle ;
 - ☐ b est détruit en fin de cycle, causant les règles ;
 - ☐ c s'épaissit au cours du cycle ;
 - ☐ d est détruit en début de cycle, causant les règles.

2 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 239

Repérez les affirmations exactes et corrigez celles qui sont fausses :

- 1** Les hormones sexuelles féminines sont les œstrogènes et la testostérone.
- 2** La testostérone est produite de manière cyclique chez l'homme.
- 3** L'hypothalamus et l'hypophyse sont deux organes situés dans l'abdomen.
- 4** L'hypothalamus produit une hormone appelée GnRH, qui agit sur l'hypophyse.
- 5** Les molécules contraceptives ont une structure ressemblant aux hormones naturelles.

3 Vérification des connaissances



10 min

Corrigé
p. 239

Définissez brièvement les termes suivants : hormone ; ovulation ; contrôle ; IST.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

4 Syndrome prémenstruel



20 min

Corrigé
p. 239

Nouveau programme

Dans l'espèce humaine, le comportement de reproduction est sous l'influence de nombreux facteurs, notamment hormonaux. Le syndrome prémenstruel (SPM) correspond à un ensemble de symptômes qui touchent 20 à 40 % des femmes et dont l'apparition serait liée aux hormones.

On cherche à comprendre l'origine de ce syndrome et son influence éventuelle sur certains aspects de la sexualité chez les femmes atteintes.

Document 1 : Syndrome prémenstruel et effets des hormones sexuelles sur le psychisme.

Le syndrome prémenstruel (SPM) survient cycliquement, 2 à 3 jours avant les règles. Il s'agit d'un ensemble de symptômes qui correspondent à une modification du comportement (ex : déprime, irritabilité...). Les hormones sexuelles ont des effets complexes sur le cerveau. Parmi ceux-ci, on peut citer l'action de la progestérone qui a un effet anxiolytique⁵ et sédatif⁶. L'œstradiol lui, a une action stimulatrice sur la synthèse cérébrale d'un neurotransmetteur : la sérotonine. Plusieurs études ont montré que le taux de sérotonine influence l'état émotionnel en l'améliorant. Il a, par exemple, été mesuré chez des individus dépressifs un taux anormalement bas de sérotonine.

Sources : Revue médicale suisse N°258 et « Hormones sexuelles, humeur, état mental et mémoire », British Society for Neuroendocrinology, déc. 2013

Document 2 : Graphique illustrant le taux sanguin des hormones sexuelles au cours d'un cycle menstruel

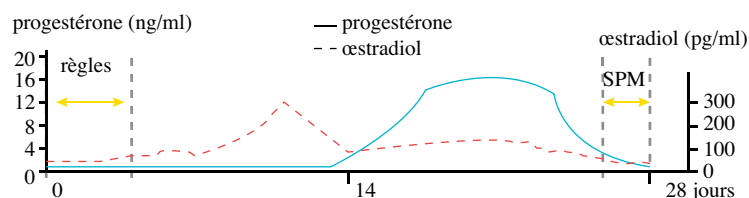


Figure 12.7 – Graphique illustrant le taux sanguin des hormones sexuelles au cours d'un cycle menstruel

Voir document 3 et questions page suivante.

5. anxiolytique = qui apaise les angoisses

6. sédatif = calmant

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

Document 3 : Graphique présentant la variation de la fréquence des rapports sexuels au cours du cycle chez les femmes

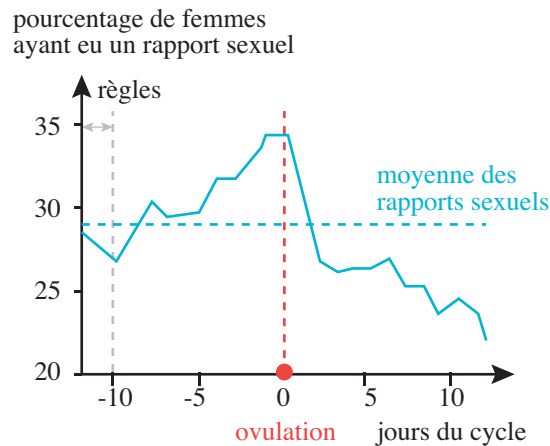


Figure 12.8 – Graphique présentant la variation de la fréquence des rapports sexuels au cours du cycle chez les femmes (Ces résultats sont des moyennes obtenues à partir d'enquêtes menées sur un grand nombre de femmes)

Choisissez la ou les bonnes réponses pour les questions 1 à 3 :

- 1 Le syndrome prémenstruel se produit pendant une période caractérisée par un taux :
 - ☐ a de progestérone élevé et d'œstradiol faible.
 - ☐ b de progestérone faible et d'œstradiol élevé.
 - ☐ c d'œstradiol et de progestérone élevé.
 - ☐ d d'œstradiol et de progestérone faible.
- 2 Un taux élevé d'œstradiol aurait pour effet sur l'humeur :
 - ☐ a d'accentuer les émotions positives (calme, exaltation').
 - ☐ b d'accentuer les émotions négatives (déprime, irritabilité...).
 - ☐ c d'inhiber les deux types d'émotions (état neutre).
 - ☐ d d'augmenter la fréquence du passage d'une émotion à l'autre.

Voir questions 3 et 4 page suivante.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

- 3 On peut expliquer l'état émotionnel lors du syndrome prémenstruel par un taux d'œstradiol :
- a élevé en début de cycle induisant un taux élevé de sérotonine.
 - b faible en fin de cycle induisant un taux élevé de sérotonine.
 - c élevé en milieu de cycle induisant un taux faible de sérotonine.
 - d faible en fin de cycle induisant un taux faible de sérotonine.
- 4 On peut lire dans certaines revues : « la baisse du nombre de rapports sexuels chez les femmes en fin de cycle est causée par le syndrome prémenstruel ».
- Réfutez cette affirmation à l'aide d'au moins un argument issu de la mise en relation des documents.

5 Œstrogènes et soja



20 min

Corrigé
p. 240

Nouveau programme

Les femmes asiatiques sont moins sujettes aux troubles de la ménopause (bouffées de chaleur, fragilité osseuse appelée ostéoporose) que les femmes occidentales.

On s'intéresse au lien possible entre la ménopause des femmes asiatiques et leur alimentation riche en soja.

Document 1 : Dosages des hormones ovariennes

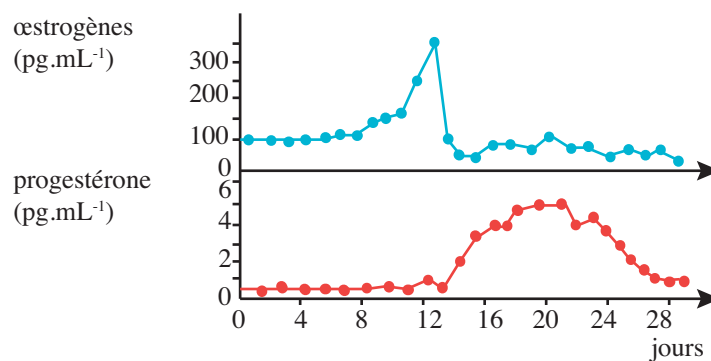


Figure 12.9 – Dosages chez une femme non ménopausée

Chez une femme ménopausée, Le taux sanguin d'œstrogènes reste compris entre 30 et 50 pg/mL et celui de progestérone entre 2 et 4 ng/mL.

Voir document 2 page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Document 2 : Action des œstrogènes

Les œstrogènes contrôlent :

- le renouvellement du tissu osseux : un déficit en œstrogènes entraîne une fragilité osseuse ;
- la température corporelle : ils régulent l'afflux de sang au niveau de la peau. Lorsque leur taux diminue à la ménopause, la personne peut ressentir des sensations passagères de chaleur (« bouffées » de chaleur).

Document 3 : Structure moléculaire des molécules d'œstrogène et d'isoflavone

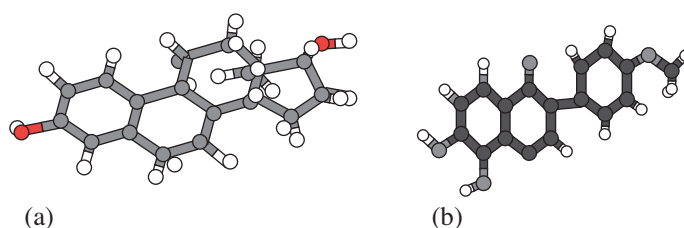


Figure 12.10 – Modélisation d'une molécule d'œstrogène en a (logiciel Rastop) et d'une molécule d'isoflavone en b (les boules représentent les atomes ; le squelette de la molécule est formé de carbone)

Des récepteurs aux œstrogènes sont présents au niveau des cellules de l'appareil génital, de l'hypophyse, des os et du centre de régulation de la température corporelle situé dans le cerveau.

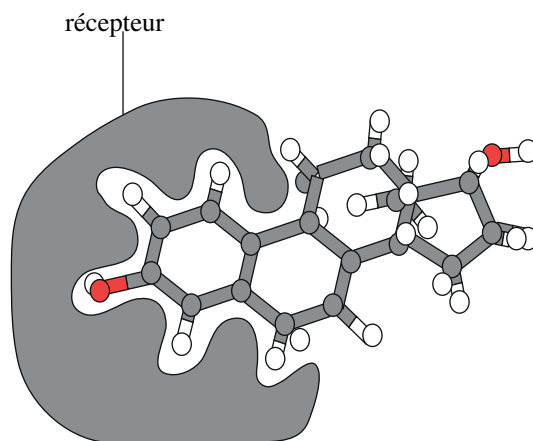


Figure 12.11 – Modélisation de la molécule d'œstrogène fixée à son récepteur (logiciel Rastop)

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

À partir des documents et de vos connaissances, répondez aux questions 1 à 4 en cochant la ou les réponses exactes.

- 1** On s'intéresse aux concentrations sanguines des hormones ovariennes au cours d'un cycle sexuel. Au cours d'un cycle sexuel :
 - ☐ **a** les œstrogènes présentent un pic de concentration après l'ovulation ;
 - ☐ **b** les œstrogènes présentent un pic de concentration au moment de l'ovulation ;
 - ☐ **c** la progestérone est sécrétée après l'ovulation ;
 - ☐ **d** la progestérone est sécrétée avant l'ovulation.
- 2** On s'intéresse au contrôle de la sécrétion des hormones ovariennes au cours d'un cycle sexuel. La sécrétion des hormones ovariennes est contrôlée par :
 - ☐ **a** l'hormone LH sécrétée par l'hypophyse ;
 - ☐ **b** les hormones sécrétées par la paroi de l'utérus ;
 - ☐ **c** l'hormone FSH sécrétée par l'hypophyse ;
 - ☐ **d** les hormones FSH et LH sécrétées par l'hypothalamus.
- 3** On s'intéresse aux caractéristiques hormonales de la ménopause. Après la ménopause, les œstrogènes sont sécrétés à des doses :
 - ☐ **a** variant de façon cyclique ;
 - ☐ **b** identiques à la période avant la ménopause ;
 - ☐ **c** constantes supérieures à 100 pg/mL ;
 - ☐ **d** constantes inférieures à 100 pg/mL.
- 4** On s'intéresse au mode d'action de la molécule d'isoflavone sur l'organisme. La molécule d'isoflavone pourrait se fixer sur le récepteur de :
 - ☐ **a** l'œstrogène et augmenter ainsi les troubles de la ménopause ;
 - ☐ **b** la progestérone et diminuer ainsi les troubles de la ménopause ;
 - ☐ **c** l'œstrogène et diminuer ainsi les troubles de la ménopause ;
 - ☐ **d** la progestérone et augmenter ainsi les troubles de la ménopause.
- 5** À partir des documents et de vos connaissances, expliquez comment l'atténuation de certains troubles de la ménopause (bouffées de chaleur et ostéoporose) observée chez les femmes asiatiques peut être mise en relation avec la présence de soja dans leur alimentation.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

6 Hypophyse et testicules



15 min

Corrigé
p. 241

Lycée Albert Einstein, Sainte Geneviève des Bois

Le fonctionnement de l'appareil reproducteur mâle est sous contrôle hormonal. Des observations suggèrent l'existence d'interactions entre les testicules producteurs de testostérone et l'hypophyse antérieure sécrétrice de LH. A partir des trois graphiques proposés, établissez la nature des relations entre l'hypophyse et le testicule.

Les graphiques ci-dessous montrent les résultats de dosages sanguins réguliers, durant 24 heures, de LH et de testostérone chez des béliers.

Document 1 :

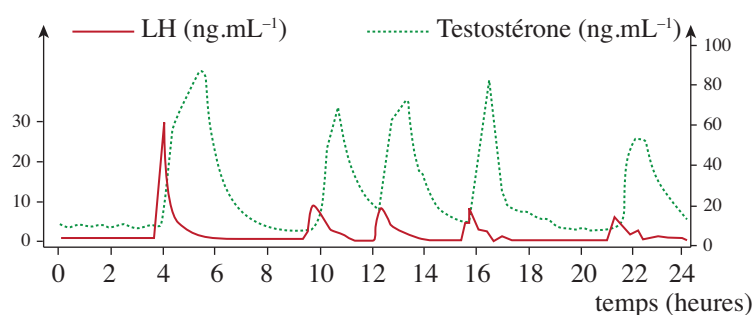


Figure 12.12 – Bélier adulte normal

Document 2 :

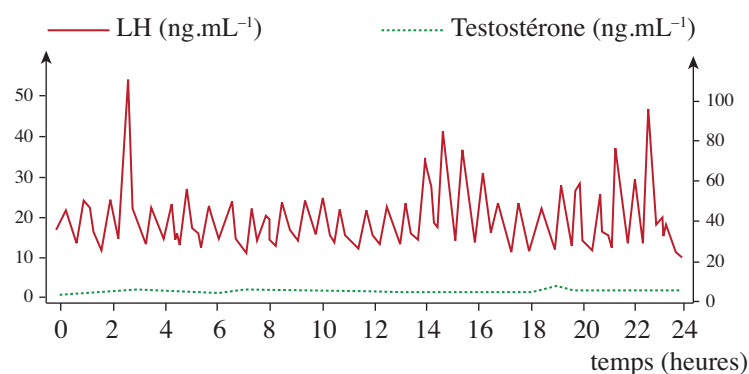


Figure 12.13 – Bélier après castration

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

Document 3 :

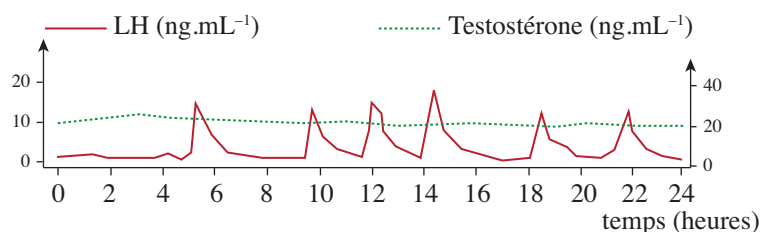


Figure 12.14 – Bélier castré porteur d'un implant sous-cutané libérant des doses régulières de testostérone.

7 Contraception, dispositif intra-utérin ★★ 15 min Corrigé p. 242

Nouveau programme

Différents moyens de contraception existent. On cherche à comprendre comment fonctionnent les dispositifs intra-utérins.

Document 1 : Deux types de DIU

Les deux modèles de DIU sont en polyéthylène.

Les modèles au cuivre sont recouverts de fils ou manchons en cuivre dont le rôle est de rendre inactifs les spermatozoïdes.

Les modèles hormonaux comportent un réservoir contenant du lévonorgestrel. Il s'agit d'une hormone de synthèse semblable à la progestérone.

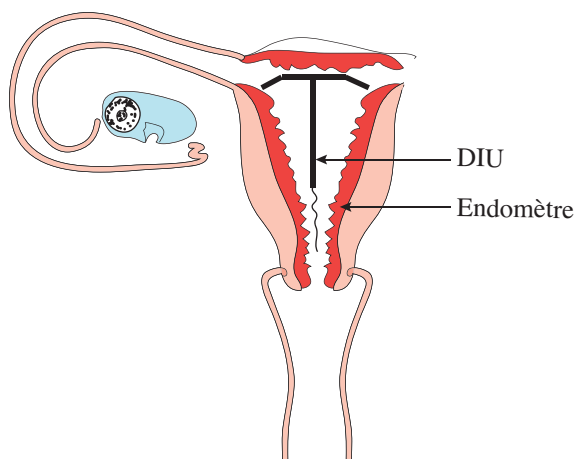


Figure 12.15 – DIU en place dans l'utérus

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Document 2 : Avantages des DIU

On s'intéresse aux avantages des DIU

Un DIU au cuivre n'a pas ou peu d'effet sur l'équilibre hormonal, sur la libido⁷, sur l'acné ou sur une éventuelle prise de poids ; il nécessite une surveillance minime [...], il peut être porté jusqu'à dix ans (alors qu'en France, la pilule n'est délivrée que pour trois mois dans les pharmacies). Le DIU hormonal, efficace pendant cinq ans, a des effets thérapeutiques chez les femmes souffrant de syndrome prémenstruel⁸. Tous deux ont une efficacité supérieure à 99 % (moins de 1 % d'échec) et tous deux protègent contre l'apparition d'un cancer de l'endomètre ! Enfin, et surtout, un DIU apporte à son utilisatrice un confort qu'aucune autre contraception, hormonale ou non, ne lui apporte en dehors de l'implant : il la délivre de toute préoccupation contraceptive.

Source : Martin WINCLER « Contraceptions mode d'emploi » 2007.

Document 3 : Les effets du lévonorgestrel sur l'ovaire et l'utérus

Suite à un traitement au lévonorgestrel, l'épaississement de l'endomètre au cours du cycle est moins important que lors d'un cycle sans traitement.

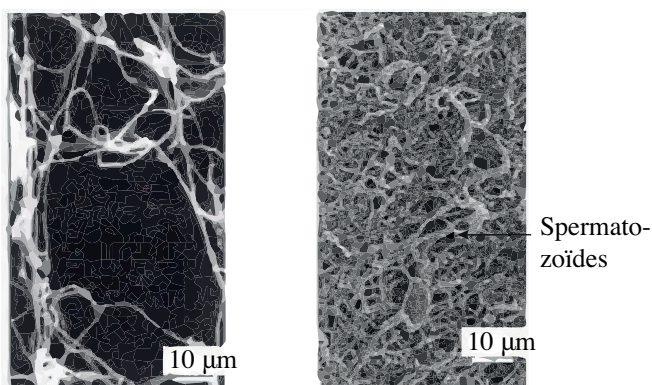


Figure 12.16 – Observation au microscope de la glaire cervicale au milieu du cycle (image de gauche : chez une femme témoin, image de droite : chez une femme traitée au lévonorgestrel)

Voir questions page suivante.

7. Libido : désir sexuel.

8. Syndrome prémenstruel : ensemble de symptômes précédant les règles.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

- 1 Expliquez le mode d'action des différents types de DIU et proposez un argument en faveur du port d'un DIU par rapport à la prise de pilule contraceptive.
- 2 Citez un moyen de contraception qui, de même que le DIU au cuivre, n'utilise pas d'hormone.

8 Pilule contraceptive



10 min

Corrigé
p. 242

Nouveau programme

On a réalisé des dosages hormonaux chez une femme avant et après le début de la prise d'une pilule contraceptive. Les résultats sont donnés dans les graphiques ci-dessous.

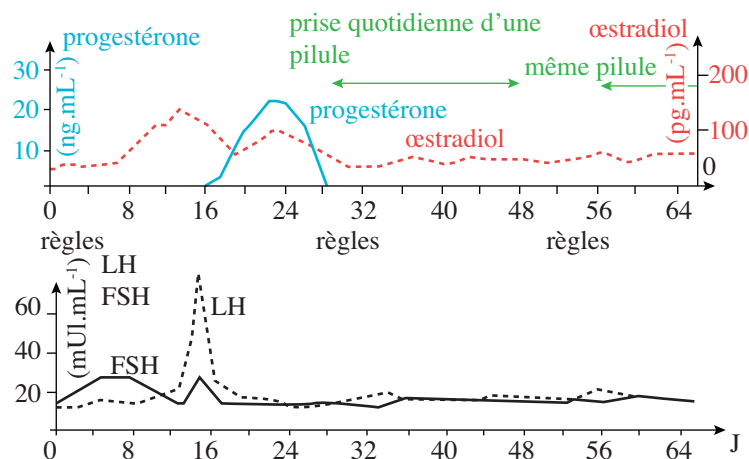


Figure 12.17 – Concentration des hormones ovariennes et hypophysaires lors d'un cycle normal puis après prise d'une pilule contraceptive

Répondez par vrai ou faux à chacune des propositions et justifiez votre réponse à l'aide du document :

- 1 La pilule contraceptive mime le cycle naturel des hormones ovariennes.
- 2 La pilule contraceptive supprime le pic de LH.
- 3 La pilule contraceptive bloque l'activité du complexe hypothalamo-hypophysaire.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

9 Fertilité



10 min

Corrigé
p. 242

Nouveau programme

Trois couples consultent un médecin car ils ne parviennent pas à avoir d'enfant. Le médecin fait faire des examens à l'homme et à la femme de chaque couple. Les femmes ne présentent aucun trouble. Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses concernant les hommes.

Paramètres	Mr. M	Mr. L	Mr. O	Paramètres minimaux de fertilité
Volume de l'éjaculat (mL)	1,9	1,6	1,7	Egal ou supérieur à 1,5
Nombre de spermatozoïdes (en millions)	2	0	35	Egal ou supérieur à 39 millions
Concentration des spermatozoïdes (en millions par mL)	27,4	0	20,6	Egale ou supérieure à 15 millions/mL
Morphologie des spermatozoïdes (en %)	12	0	3,5	Egale ou supérieure à 4 % de forme normale
Mobilité totale (en %)	45	0	30	Egale ou supérieure à 40 %
Vitalité des spermatozoïdes (en %)	62	0	45	Egale ou supérieure à 58 % de spermatozoïdes vivants

Tableau 12.1 – Résultats des spermogrammes des trois hommes

Exploitez les résultats afin d'expliquer l'infertilité des trois couples.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

1 QCM Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 228

- 1 Réponse exacte : **a**.
- 2 Réponses exactes : **b** et **d**.
- 3 Réponses exactes : **c** et **d**.

2 V/F Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 228

- 1 FAUX : les hormones sexuelles féminines sont les œstrogènes (le principal étant l'œstradiol) et la progestérone.
- 2 FAUX : la testostérone est produite de manière continue et constante chez l'homme à partir de la puberté.
- 3 FAUX : ces deux structures se trouvent dans le crâne.
- 4 VRAI.
- 5 VRAI.

3 Vérification des connaissances

→ Enoncé
p. 228

Une hormone est une substance produite et sécrétée par un organe, transportée par le sang vers tous les organes et qui agit sur des cellules cibles possédant des récepteurs (voir définition dans le chapitre 10).

L'ovulation est l'expulsion d'un ovocyte hors de l'ovaire vers la trompe.

Un rétrocontrôle est une action, positive ou négative, exercée par une hormone sur l'organe qui contrôle sa production. Ainsi, l'œstradiol agit sur l'hypophyse en contrôlant la production des hormones LH et FSH. Ces hormones stimulent l'activité ovarienne.

IST est l'acronyme d'infection sexuellement transmissible. C'est une maladie due à un agent microbien ou viral, qui se transmet lors d'un rapport sexuel.

4 Nouveau programme Syndrome prémenstruel

→ Enoncé
p. 229

- 1 Réponse exacte : **d**.

Justification : le document 2 montre que le syndrome prémenstruel correspond aux jours où les concentrations hormonales sont les plus basses.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

- 2 Réponse exacte : **a**.

Justification : le document 1 indique que l'œstradiol stimule la production de sérotonine par le cerveau et la sérotonine améliore l'état émotionnel.

- 3 Réponse exacte : **d**.

Justification : en fin de cycle, la concentration d'œstradiol est faible comme le montre le graphique du document 2. Il y a donc peu de production de sérotonine. Le document 1 indique qu'un taux faible de ce neurotransmetteur est souvent associé à un état dépressif.

- 4 On observe dans le document 3 que la proportion de femmes ayant un rapport sexuel diminue 2 jours après l'ovulation : elle passe de 35 à 25 %. Or le syndrome prémenstruel a lieu 10 à 12 jours après l'ovulation d'après le document 2. On peut donc réfuter le lien de cause à effet entre la baisse du nombre de rapports sexuels et le syndrome.

5 Œstrogènes et soja

➔ **Énoncé**
p. 231

Nouveau programme

- 1 Réponses exactes : **b** et **c**.

Justification : le document 1 montre un pic d'œstrogènes vers le jour 13 et on sait que l'ovulation a lieu environ au 14^{ème} jour du cycle. La progestérone a un taux supérieur à zéro dans la 2^{ème} partie du cycle, donc après l'ovulation.

- 2 Réponses exactes : **a** et **c**.

Justification : LH et FSH sont sécrétées par l'hypophyse.

- 3 Réponse exacte : **d**.

Justification : le document 1 indique que le taux d'œstrogènes sécrétés lors de la ménopause est constant et faible.

- 4 Réponse exacte **c**.

Justification : la ressemblance de certaines parties de la molécule d'isoflavone avec l'œstrogène suggère que la molécule provenant du soja pourrait se fixer dans le même récepteur. D'après le document 2, on apprend qu'un déficit d'œstrogènes est responsable des symptômes de la ménopause.

- 5 Les femmes ménopausées ont un taux d'œstrogènes compris entre 30 et 50 pg/mL. (données sur la progestérone inutiles ici). En comparant avec les femmes non ménopausées (doc. 1), on s'aperçoit que ces valeurs sont basses. De plus, la concentration d'œstrogènes varie de manière cyclique chez une femme avant sa ménopause et elle atteint 350 pg/mL avant l'ovulation.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

Le document 2 nous indique que les œstrogènes contrôlent le renouvellement osseux et la température corporelle. On comprend donc qu'une femme ménopausée qui a un déficit en œstrogènes aura une fragilité osseuse et une mauvaise régulation de sa température corporelle.

Dans le soja se trouve la molécule d'isoflavone (doc. 3). Cette molécule ressemble du point de vue de sa structure à la molécule d'œstrogène. Comme l'œstrogène se lie à des récepteurs au niveau des cellules de l'appareil génital, des os et du centre de régulation de la température, on comprend que l'isoflavone peut aussi se lier à ce récepteur et jouer le rôle de l'œstrogène.

Les femmes asiatiques qui consomment beaucoup de soja ont beaucoup de molécules d'isoflavone dans le corps, qui peuvent remplacer l'œstrogène au moment de la ménopause et diminuer les symptômes de la ménopause comme les bouffées de chaleur et l'ostéoporose.

6 Hypophyse et testicules

Enoncé
p. 234

Lycée Albert Einstein, Sainte Geneviève des Bois

MÉTHODE

L'exercice ne présente qu'une seule question à laquelle il faut répondre à partir de l'exploitation de trois graphiques. Il est conseillé d'exploiter chaque graphique en relevant les différences entre les trois situations (protocole de l'expérience, amplitude et fréquence des pics de LH et de testostérone).

Chez le bélier adulte normal (témoin), on observe la présence de 5 pics de concentration de LH au cours des 24 heures de la mesure. Après chacun de ces pics, on observe un pic de concentration de testostérone. On comprend que l'hypophyse stimule la production de testostérone par les testicules grâce à l'hormone LH.

Après castration du bélier, il n'y a plus de testostérone, ce qui est normal. On observe la présence de nombreux pics de LH : la concentration moyenne a augmenté à environ 20 ng.mL⁻¹ et la fréquence des pics est très élevée. On comprend que l'absence de testostérone a supprimé un blocage de l'hypophyse. En situation normale, la testostérone freine l'activité de l'hypophyse.

Cela est confirmé par la 3ème situation : le bélier castré qui reçoit de la testostérone grâce à un implant retrouve une concentration de LH comparable à la situation témoin.

On en conclut que la testostérone agit sur l'hypophyse en freinant la libération de LH.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

7 Contraception, dispositif intra-utérin

Enoncé
p. 235

Nouveau programme

- 1 Il existe deux types de dispositifs intra-utérins (DIU) : le DIU au cuivre et le DIU hormonal.

D'après le document 1 ; le DIU au cuivre possède des fils de cuivre qui rendent les spermatozoïdes inactifs. Il est dans l'utérus : son action est de tuer les spermatozoïdes avant qu'ils n'atteignent l'ovule.

Le DIU hormonal contient du lévonorgestrel dans un réservoir. D'après le document 3, on observe que la glaire cervicale au milieu du cycle est beaucoup plus épaisse (serrée) chez une femme traitée que chez une femme témoin. Cela empêche les spermatozoïdes de la traverser et ils ne peuvent donc pas atteindre l'ovule. En effet, au milieu du cycle a lieu l'ovulation.

- 2 Un argument en faveur du port d'un DIU par rapport à la prise de pilule contraceptive (parmi ceux qui sont énumérés ci-après) : pas d'effet sur la libido ; pas d'effet sur l'acné ; pas d'effet sur la prise de poids ; reste en place pendant 5 ou 10 ans donc délivre d'une contrainte quotidienne ; soigne le syndrome prémenstruel dans le cas du DIU hormonal ; protège du cancer de l'endomètre.

8 Pilule contraceptive

Enoncé
p. 237

Nouveau programme

- 1 Affirmation fausse : on observe sur le premier graphique que la concentration d'oestradiol devient constante à partir de la prise de la pilule et la concentration de la progestérone est nulle.
- 2 Affirmation vraie : on observe sur le second graphique un pic de concentration de LH au jour 15 du cycle normal. Avec la prise de pilule, la concentration de LH devient constante et faible.
- 3 Affirmation vraie : la pilule réduit la production d'hormones par l'hypophyse puisqu'on observe une baisse significative de concentration de LH et FSH à partir de la prise de pilule.

9 Fertilité

Enoncé
p. 238

Nouveau programme

MÉTHODE

avant de rédiger votre réponse, il est conseillé d'entourer ou de surligner les paramètres anormaux par rapport à la référence pour chacun des hommes dans le tableau. Ensuite, déterminez l'origine du problème, qui entraîne l'anomalie de tous les paramètres.

HORMONES ET PROCRÉATION HUMAINE • CHAP. 12

Monsieur M a un spermogramme normal puisque tous les paramètres sont supérieurs aux minimaux nécessaires pour être fertile. Cela signifie que l'anomalie ne provient pas de son sperme. Comme sa conjointe n'a pas d'anomalie non plus, il est possible que Monsieur M ait une anomalie anatomique qui empêche la sortie des spermatozoïdes lors d'un rapport sexuel. Cela peut être par exemple les canaux (spermiductes) bouchés.

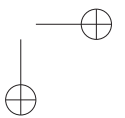
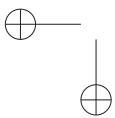
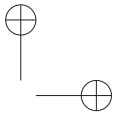
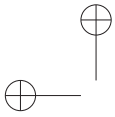
Monsieur L n'a aucun spermatozoïde dans son sperme, ce qui explique son infertilité. Il ne pourra pas avoir d'enfant biologique.

Monsieur O a des spermatozoïdes mais ceux-ci sont peu nombreux : 35 millions alors que le seuil minimal est de 39. Leur morphologie est anormale puisque 3,5 % seulement ont une forme normale, ils sont peu mobiles et 45 % seulement sont vivants au lieu de 58 % au minimum pour être fertile. Monsieur O a donc trop peu de spermatozoïdes normaux et mobiles.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Agents pathogènes et maladies vectorielles

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Une maladie à transmission vectorielle : le paludisme
3. Une maladie à transmission directe : l'infection par le VIH
4. Les dispositifs de lutte contre les maladies dues à des pathogènes

1 Introduction

Parmi les maladies causées par des agents pathogènes, certaines sont transmises directement entre êtres humains, alors que d'autres nécessitent une espèce animale intermédiaire, indispensable au cycle de vie du pathogène. Dans ce dernier cas, on parle de maladie *vectorielle*.

? PROBLÉMATIQUE

Qu'il s'agisse d'une maladie à transmission directe ou vectorielle, comment les connaissances sur sa transmission sont-elles utilisées pour envisager des dispositifs de lutte ?

2 Une maladie à transmission vectorielle : le paludisme

2.1 La maladie et ses symptômes

Le paludisme est une maladie parasitaire transmise à l'Homme par un moustique. Le parasite en cause est un protozoaire (animal eucaryote unicellulaire) du genre *Plasmodium*, transmis d'Homme à Homme par la piqûre d'un moustique femelle. Le moustique vecteur appartient au genre *Anophèle*. La maladie se manifeste chez l'Homme par une anémie (faible taux d'hémoglobine dans le sang), de la fièvre et des troubles digestifs pouvant entraîner des complications importantes allant jusqu'au décès. Le paludisme sévit dans les zones marécageuses de l'ensemble du globe. Près de 80 % des cas et 90 % de la mortalité concernent l'Afrique.

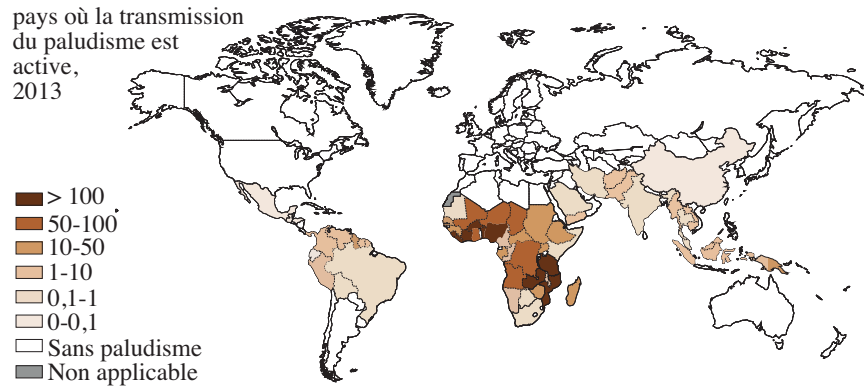


Figure 13.1 – Répartition du paludisme dans le monde

2.2 Le cycle évolutif du parasite

2.2.1 - Chez l'Homme : la multiplication asexuée du parasite

Après son introduction dans l'organisme humain via la piqûre du moustique vecteur, le *Plasmodium* emprunte la circulation sanguine et gagne les cellules du foie. Il s'y multiplie intensément pendant plusieurs jours sans provoquer de symptômes. Ensuite, les milliers de parasites formés sortent des cellules du foie et pénètrent dans les hématies. Là, les *Plasmodium* se nourrissent d'hémoglobine, se multiplient à nouveau, détruisent les hématies dans lesquelles ils se trouvent et en infectent de nouvelles.

2.2.2 - Chez le moustique : la reproduction sexuée du parasite

Lorsqu'un Anophèle pique une personne malade, il ingère des formes mâles et femelles du *Plasmodium* présentes dans le sang. Les parasites se reproduisent dans le tube digestif de l'insecte puis migrent dans ses glandes salivaires, ce qui leur permet d'infecter d'autres individus lors d'une piqûre ultérieure.

Voir figure page suivante.

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

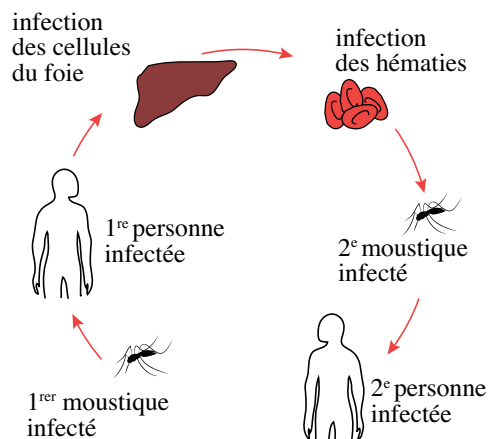


Figure 13.2 – Représentation simplifiée du cycle de vie du *Plasmodium*

À RETENIR

L'agent pathogène du paludisme est un eucaryote vivant aux dépens de son hôte, l'Homme, tout en lui portant préjudice (symptômes du paludisme). La propagation du pathogène se fait par changement d'hôte et exige un vecteur biologique, un insecte, qui est l'agent transmetteur indispensable du pathogène et assure sa multiplication.

Retrouvez la vidéo : « Le paludisme : le corps » avec

3 Une maladie à transmission directe : l'infection par le VIH

3.1 La « maladie » et ses symptômes

Le sida est une maladie provoquée par le VIH (virus de l'immunodéficience humaine) qui infecte une catégorie de cellules immunitaires, les LT CD4, connue pour jouer un rôle pivot dans les réponses immunitaires.

Comme tout virus, le VIH est un parasite intracellulaire qui utilise la « machine-rie » de ses cellules-cibles pour se reproduire.

Voir figure page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

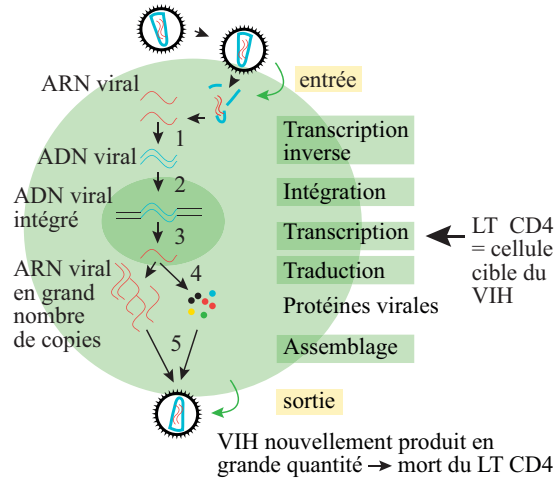


Figure 13.3 – La reproduction du VIH dans un LT CD4 qu'il a infecté

 Comprendre le paludisme en vidéo avec

Certaines personnes, bien qu'infectées par le VIH, ne développent pas la maladie. Dans le cas contraire, le système immunitaire est déficient et l'individu, en l'absence de traitement, décède de maladies opportunistes.

En 2017, l'infection par le VIH concernait 36,0 millions de personnes dans le monde avec un nombre plus important de cas en Afrique. Il s'agit d'une pandémie (épidémie étendue sur une large zone géographique).

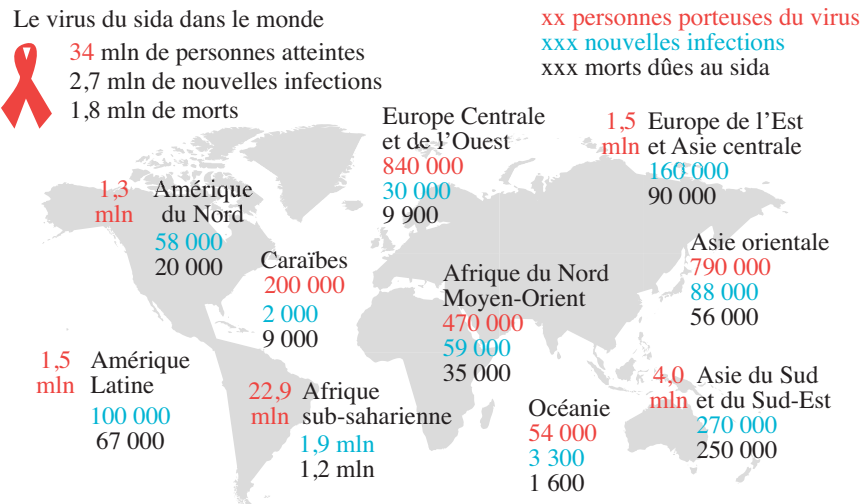


Figure 13.4 – Répartition de l'infection par le VIH dans le monde en 2010

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

3.2 Le cycle évolutif du virus

Comme le Plasmodium, le VIH se propage par changement d'hôte. La transmission se fait par l'intermédiaire des liquides corporels.

Mode de transmission	Voie sexuelle	Voie sanguine	De la mère à l'enfant
Liquide(s) impliqué(s) dans la transmission	Sperme Sécrétions vaginales Liquide rectal	Sang (la contamination se fait par utilisation d'une seringue)	Sang (grossesse et accouchement) et lait maternel

Tableau 13.1 – La transmission du VIH d'un hôte à l'autre

➔ À RETENIR

Dans le cas d'une maladie comme le SIDA, dont l'agent pathogène est un virus, la propagation est rapide et provoque une épidémie.

4 Les dispositifs de lutte contre les maladies dues à des pathogènes

On parle de *prophylaxie* pour désigner tout procédé ayant pour but de prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation d'une maladie.

4.1 Gestes de protection et mesures d'hygiène dans le cas des maladies vectorielles

Dans le cas de la lutte contre le paludisme, des mesures environnementales sont prises : assainissement des zones humides, lutte anti-moustique par épandage d'insecticides, protection des habitations par des moustiquaires. Pour l'individu, des produits répulsifs anti-moustiques et de vêtements couvrants sont nécessaires pour limiter le risque de piqûre.

4.2 Les conduites limitant la propagation de la maladie dans le cas du VIH

Le nombre de nouvelles infections par le VIH est en diminution dans le monde, grâce à des campagnes de prévention massive qui incitent d'une part à l'utilisation du préservatif, d'autre part au test du dépistage du VIH.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

4.3 Prophylaxie médicamenteuse

a) Contre le paludisme

La quinine et la chloroquine sont les médicaments antipaludiques les plus anciennement utilisés, ils ont été progressivement remplacés par de nouveaux traitements pour pallier un problème d'apparition de résistances.

b) Contre le VIH

Selon l'OMS, entre 2000 et 2016, 13,1 millions de vies ont été sauvées grâce aux traitements antirétroviraux. Ces traitements ne permettent pas l'éradication du virus mais empêchent sa reproduction (blocage de l'intégration du génome viral dans celui des cellules infectées et de blocage de la formation de nouvelles particules virales), ils doivent donc être pris à vie. L'accès à ces traitements, coûteux, demeure inégal dans le monde puisque seulement 41 des personnes porteuses du VIH sont traitées par antirétroviral.

4.4 Vaccination ?

Il n'existe pas, actuellement, de vaccin contre le paludisme. Des recherches sont menées au niveau mondial pour en mettre au point. En attendant, la prévention du paludisme reste basée sur la prise de médicaments et sur les mesures de protection contre les piqûres de moustique. Il n'existe pas non plus, à ce jour, de vaccin contre le VIH, même si les recherches se poursuivent.

➡ À RETENIR

Des comportements individuels et collectifs permettent de limiter la propagation d'un pathogène.

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 258

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition.

- 1 Le paludisme :
 - a n'est pas dû à un agent pathogène ;
 - b est une maladie transmise à l'Homme par une levure ;
 - c est une maladie transmise à l'Homme par un insecte, la mouche tsé-tsé ;
 - d est une maladie transmise à l'Homme par un insecte, l'anophèle.
- 2 Une maladie est dite vectorielle si :
 - a elle est transmise directement à l'Homme sans autre espèce intermédiaire ;
 - b elle est provoquée par un agent pathogène ;
 - c elle est mortelle ;
 - d elle est transmise à l'être humain par l'intermédiaire d'une autre espèce animale.
- 3 L'infection par le VIH :
 - a est une maladie vectorielle ;
 - b peut provoquer une épidémie ;
 - c est due à un parasite, le plasmodium ;
 - d est combattue par la vaccination.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 258

Choisir, pour chaque question, celle des deux propositions qui est exacte :

- 1 Le plasmodium :
 - a est le virus responsable du SIDA ;
 - b est l'organisme eucaryote animal responsable du paludisme.
- 2 Pour se reproduire l'agent pathogène responsable du paludisme doit :
 - a infester les hématies de l'Homme ;
 - b infester les hématies d'un moustique.

INTERROS

- 3 Le VIH :
- ☐ a parasite les hématies de l'Homme ;
 - ☐ b parasite les LT CD4 de l'Homme.
- 4 Pour se protéger du paludisme, il est conseillé de :
- ☐ a dormir les fenêtres grandes ouvertes ;
 - ☐ b mettre des vêtements couvrants.

3 Qui suis-je ?



5 min

→ Corrigé
p. 258

- 1 Une prophylaxie.
- 2 Une maladie due à un agent pathogène transmis à l'Homme par une espèce animale intermédiaire.
- 3 Un exemple de maladie à transmission directe.

4 Vérification des connaissances



5 min

→ Corrigé
p. 258

Répondez brièvement aux questions suivantes :

- 1 En vacances en Papouasie Nouvelle-Guinée, Monsieur X se fait piquer par un moustique du genre anophèle. Quinze jours après, il exprime les symptômes du paludisme. Après avoir présenté ce qu'est le paludisme, expliquez comment la piqûre du moustique participe à la reproduction de l'agent pathogène responsable de la maladie.
- 2 Pour lutter contre les maladies dues à des agents pathogènes, l'Homme développe des procédés de prophylaxie. Qu'il s'agisse de maladies à transmission directe ou vectorielles, présentez les différents dispositifs de lutte déployés par l'Homme.

5 Transmission du paludisme



10 min

→ Corrigé
p. 259

Nouveau programme

En intégrant l'iconographie proposée, expliquer comment le plasmodium, agent responsable du paludisme, accomplit son cycle évolutif chez ses deux hôtes.

Voir illustrations page suivante.

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

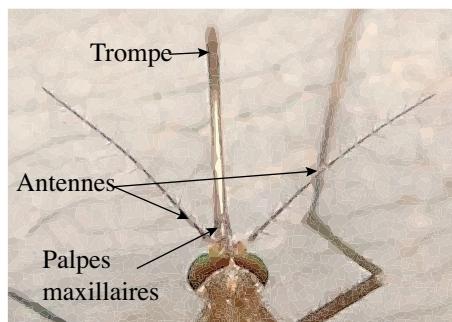


Figure 13.5 – Appareil buccal d'un moustique femelle

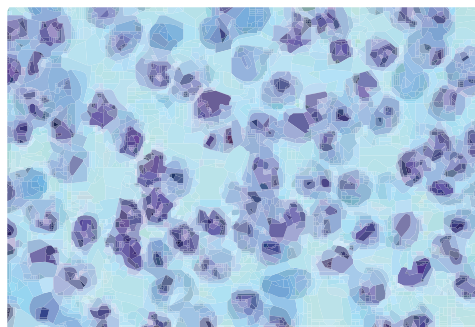


Figure 13.6 – Hématies d'un individu atteint de paludisme

6 Une maladie vectorielle, le chikungunya



10 min

Corrigé
p. 260

Nouveau programme

« Le chikungunya est une maladie infectieuse tropicale provoquée par le virus CHIKV (dit virus du chikungunya) et transmise par des moustiques du genre *Aedes*. L'infection par le CHIKV entraîne, après un délai d'incubation de quelques jours, des atteintes articulaires souvent invalidantes et des maux de tête, accompagnés de fièvre et de douleurs musculaires.

La première épidémie due au virus chikungunya a été décrite sur le continent africain, en 1952. L'infection par le virus chikungunya a depuis continué à évoluer sur un mode endémo-épidémique sur les continents africain et asiatique. En 2007, le chikungunya a fait son apparition en Europe, touchant plusieurs centaines de personnes durant le mois de septembre dans le Nord-Est de l'Italie. En 2010, les deux premiers cas autochtones de chikungunya ont été recensés en France, dans le Var. La prise en charge médicale est purement symptomatique, reposant sur des traitements anti-douleurs et anti-inflammatoires. La prévention de cette infection est à la fois collective et individuelle, reposant sur la lutte anti-vectorielle. À l'échelle individuelle, il s'agit de limiter sa propre exposition au moustique vecteur, en portant des

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

vêtements longs, en s'appliquant des répulsifs cutanés, et en utilisant des insecticides sur les vêtements et les moustiquaires. Collectivement, une lutte anti-vectorielle à large échelle consiste en des épandages précautionneux d'insecticides et une élimination des gîtes larvaires potentiels, particulièrement autour des habitations (pots de fleur, récipients divers, pneus usagés, déchets encombrants, etc.). »

D'après le site de l'Institut Pasteur, modifié.

- 1 Organisez dans un tableau une comparaison entre le chikungunya et le paludisme.
- 2 Présentez la notion de prophylaxie à partir de l'exemple du chikungunya.

7 Eviter la toxoplasmose



10 min

Corrigé
p. 261

Nouveau programme

La toxoplasmose est une maladie due à l'infection par un parasite eucaryote unicellulaire (*Toxoplasma gondii*). Elle est habituellement transmise à l'Homme par les animaux domestiques, en particulier les chats, ou par l'ingestion de viande mal cuite. C'est une maladie bénigne pour la plupart des êtres humains, mais elle peut parfois causer certains symptômes semblables à ceux de la grippe. Des complications peuvent survenir chez le fœtus des femmes enceintes n'ayant jamais été au contact du parasite avant leur grossesse.

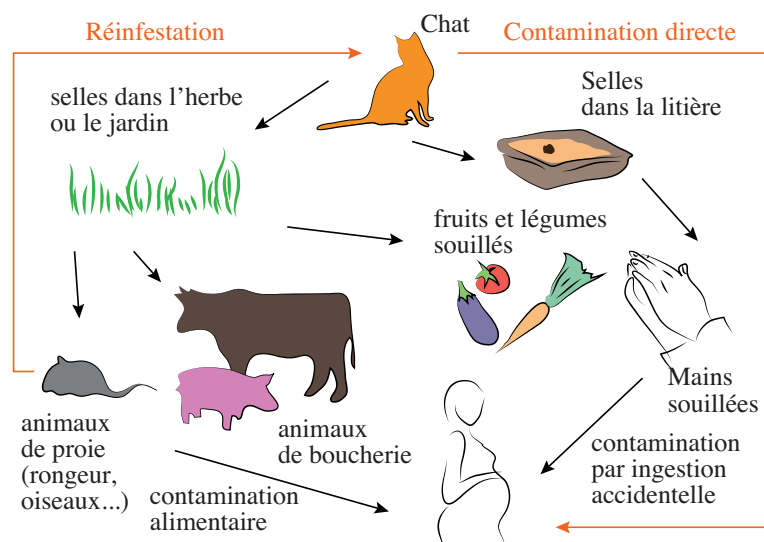


Figure 13.7 – Affiche destinée à informer le grand public sur la toxoplasmose

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

- 1 Déterminez, en justifiant les réponses, si la toxoplasmose est une maladie à transmission directe ou une maladie vectorielle.
- 2 À partir des informations contenues dans l’affiche, élaborez une liste de conseils à destination des femmes enceintes pour éviter la contamination par le pathogène responsable de la toxoplasmose.

8 Se faire piquer par la mouche tsé-tsé ★ 10 min ➔ Corrigé p. 261

Nouveau programme

La mouche tsé-tsé (dont le nom scientifique est la glossine) transmet par sa piqûre, à l’Homme et à l’animal, le parasite responsable de la maladie du sommeil, *Trypanosoma brucei*. Le parasite envahit le sang puis le système nerveux de son hôte, provoquant ainsi une inversion du cycle du sommeil auquel s’ajoutent des troubles sensoriels, moteurs, psychiques et neurologiques.

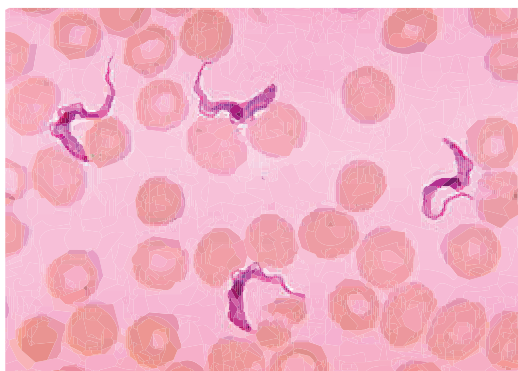


Figure 13.8 – Sang d’un individu infecté par le trypanosome

Présente en Afrique subsaharienne, la maladie du sommeil affecte principalement les populations rurales vivant des activités agricoles, de la pêche et de l’élevage. Mais le dépistage et le traitement de la maladie sont coûteux, pénibles et toxiques, ce qui fait que lutte antivectorielle demeure aujourd’hui le seul moyen de rompre le cycle de transmission. Cette méthode a permis de faire baisser le nombre de cas de 40 000 en 1998 à 10 000 en 2009.

- 1 Expliquez ce qu’est une lutte anti-vectorielle par rapport aux autres prophylaxies.
- 2 En vous appuyant sur vos connaissances sur le paludisme, proposez des idées de lutte anti-vectorielle dans le cas de la maladie du sommeil.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

9 Une voie de recherche pour stopper le paludisme



10 min

Corrigé
p. 261

Nouveau programme

Les approches de vaccination contre le paludisme sont vouées à l'échec du fait de la grande capacité de mutation du plasmodium. Par conséquent, de nouvelles approches thérapeutiques sont en cours.

Une équipe de chercheurs australiens a découvert récemment que le *Plasmodium berghei* (parasite du paludisme chez la souris) produit une toxine, la GPI (Glycosyl Phosphatidyl Inositol), responsable de la virulence du parasite chez la souris, mais aussi chez l'Homme. Cette toxine serait responsable des accès de fièvre, des complications pulmonaires ou cérébrales, et plus généralement du décès des individus atteints.

Les chercheurs ont eu l'idée de synthétiser une version artificielle de la GPI, de l'associer à des transporteurs suffisamment gros pour susciter une réponse immunitaire et d'injecter ce cocktail à des souris saines.

Les résultats sont les suivants :

- 75 % des souris vaccinées ont survécu à l'injection massive de *Plasmodium berghei*.
- aucune souris vaccinée n'a développé de complication grave (acidose sanguine, œdème pulmonaire, paludisme cérébral ou décès).
- toutes les souris non vaccinées sont mortes.

- 1** Expliquez en quoi la découverte relatée est prometteuse pour lutter contre le paludisme.
- 2** Indiquez, en justifiant la réponse, quelle réserve on peut émettre.

10 De la piqûre de tique à la maladie de Lyme



10 min

Corrigé
p. 262

Nouveau programme

La maladie de Lyme se transmet lors d'une piqûre de tique infectée par une bactérie de la famille des spirochètes. Les tiques vivent dans des zones boisées et humides, les herbes hautes des prairies, les jardins et les parcs forestiers ou urbains.



Photo : Marion Brusch

Figure 13.9 – Une tique

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

Toutes les tiques ne sont pas infectées et l'infection est souvent sans symptôme. Mais la piqûre en question peut provoquer une maladie parfois invalidante : douleurs articulaires durables, paralysie partielle des membres.

Il ne s'agit pas d'une maladie contagieuse.

En période estivale, le ministère des Solidarités et de la Santé publie les conseils suivants :

Conseils pour se protéger des tiques

- Avant une activité en nature :
Je couvre mes bras et mes jambes avec des vêtements longs.
- Après une activité en nature :
J'inspecte soigneusement mon corps.
- Après avoir été piqué par une tique :
Je surveille la zone piquée pendant un mois. Si une plaque rouge et ronde s'étend en cercle à partir de la zone de piqûre, je dois consulter un médecin rapidement.

- 1 Expliquez pourquoi la maladie de Lyme n'est pas contagieuse.
- 2 Justifiez les conseils donnés aux vacanciers.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

1 V/F Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 251

Affirmations exactes :

- 1 ☐ d.
- 2 ☐ d.
- 3 ☐ b.

2 QCM Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 251

Seule proposition exacte pour chaque question :

- 1 ☐ b.
- 2 ☐ a.
- 3 ☐ b.
- 4 ☐ b.

3 Qui suis-je ?

➔ Enoncé
p. 252

- 1 Un procédé ayant pour but de prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation d'une maladie.
- 2 Le paludisme.
- 3 Le SIDA.

4 Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 252

- 1 Monsieur X a les symptômes du paludisme : il est anémié (faible taux d'hémoglobine dans le sang), a de la fièvre et des troubles digestifs. Le paludisme est une maladie parasitaire transmise à l'Homme par un moustique. Le parasite en cause est un protozoaire (animal eucaryote unicellulaire) du genre *Plasmodium*, transmis d'Homme à Homme par la piqûre d'un moustique femelle. Le moustique vecteur appartient au genre Anophèle. Après son introduction dans l'organisme humain via la piqûre du moustique vecteur, le *Plasmodium* emprunte la circulation sanguine et gagne les cellules du foie. Il s'y multiplie intensément pendant plusieurs jours sans provoquer de symptômes. Ensuite, les milliers de parasites formés sortent des cellules du foie et pénètrent dans les hématies. Là, les *Plasmodium* se nourrissent d'hémoglobine, se multiplient à nouveau, détruisent les hématies dans lesquelles ils se trouvent et en infectent de nouvelles. Cette multiplication du plasmodium dans l'organisme de Monsieur X est dite asexuée. Pour que le plasmodium se reproduise

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

par voie sexuée, il faut que le moustique pique une personne malade et ingère des formes mâles et femelles du *Plasmodium* présentes dans le sang. Les parasites se reproduisent dans le tube digestif de l'insecte puis migrent dans ses glandes salivaires, ce qui leur permet d'infecter d'autres individus lors d'une piqûre ultérieure.

- 2** La prophylaxie peut tout d'abord consister en des gestes de protection et mesures d'hygiène dans le cas des maladies vectorielles. Par exemple, dans le cas de la lutte contre le paludisme, des mesures environnementales sont prises : assainissement des zones humides, lutte anti-moustique par épandage d'insecticides, protection des habitations par des moustiquaires. Pour l'individu, des produits répulsifs anti-moustiques et de vêtements couvrants sont nécessaires pour limiter le risque de piqûre.

La prophylaxie consiste aussi à adopter des conduites limitant la propagation de la maladie. Dans le cas du SIDA, Le nombre de nouvelles infections par le VIH est en diminution dans le monde, grâce à des campagnes de prévention massive qui incitent d'une part à l'utilisation du préservatif, d'autre part au test du dépistage du VIH.

Enfin, la prophylaxie peut être médicamenteuse. Contre le paludisme, la quinine et la chloroquine sont les médicaments antipaludiques les plus anciennement utilisés, ils ont été progressivement remplacés par de nouveaux traitements pour pallier un problème d'apparition de résistances. Contre le VIH, on propose des traitements antirétroviraux qui ne permettent pas l'éradication du virus mais empêchent sa reproduction (blocage de l'intégration du génome viral dans celui des cellules infectées et de blocage de la formation de nouvelles particules virales). L'accès à ces traitements, coûteux, demeure inégal dans le monde.

5 Transmission du paludisme

➔ Enoncé
p. 252

Nouveau programme

La microphotographie des hématies d'un individu atteint de paludisme montre la présence, dans le cytoplasme des hématies, de formes de *Plasmodium* c'est-à-dire du parasite responsable du paludisme. Chez l'Homme, après un passage dans les cellules du foie, les *Plasmodium* se nourrissent d'hémoglobine, se multiplient dans les hématies, les détruisent et en infectent de nouvelles. Lorsqu'un moustique femelle du genre Anophèle pique une personne malade, il ingère des formes mâles et femelles du *Plasmodium* présentes dans le sang. Les parasites se reproduisent dans le tube digestif de l'insecte puis migrent dans ses glandes salivaires, ce qui leur permet d'infecter d'autres individus lors d'une piqûre ultérieure. L'image de l'appareil buccal d'un moustique femelle montre son organisation fonctionnelle : la forme allongée des pièces buccales permet de forer la peau et d'assurer le prélèvement du sang.

Le cycle évolutif du parasite, pour s'accomplir, comporte donc une multiplication asexuée chez l'Homme et une reproduction sexuée chez un insecte.

En somme, les deux images proposées illustrent le fait que le paludisme est une maladie vectorielle : la maladie de l'Homme, causée par le plasmodium, est transmise par le biais d'un autre animal (le moustique *Anophèle*) qui sert donc de vecteur.

6 Une maladie vectorielle, le chikungunya

Enoncé
p. 253

Nouveau programme

- 1 Le tableau ci-après établit la comparaison entre le chikungunya et le paludisme :

Caractéristiques \ Maladie	paludisme	chikungunya
Pathogène responsable de la maladie	protozoaire (animal eucaryote unicellulaire) du genre <i>Plasmodium</i>	<i>virus CHIKV</i>
Symptômes de la maladie	Anémie (faible taux d'hémoglobine dans le sang), fièvre et troubles digestifs pouvant entraîner des complications importantes allant jusqu'au décès.	Atteintes articulaires souvent invalidantes et des maux de tête, accompagnés de fièvre et de douleurs musculaires.
Hôtes du parasite	Homme Animal vecteur : moustique du genre <i>Anophèle</i>	Homme Animal vecteur : moustique du genre <i>Aedes</i>

Tableau 13.2 – Comparaison entre le chikungunya et le paludisme

- 2 On parle de prophylaxie pour désigner tout procédé ayant pour but de prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation d'une maladie. Dans le cas de la lutte contre le chikungunya, on relève dans le texte proposé les méthodes suivantes :
- des gestes de protection et mesures d'hygiène : le port des vêtements longs pour éviter les piqûres de moustique, l'application de répulsifs cutanés, l'utilisation d'insecticides sur les vêtements et les moustiquaires, l'élimination des gîtes larvaires potentiels, particulièrement autour des habitations ;
 - une prophylaxie médicamenteuse via les traitements anti-douleurs et anti-inflammatoires.

AGENTS PATHOGÈNES ET MALADIES VECTORIELLES • CHAP. 13

7 Éviter la toxoplasmose

➔ Enoncé
p. 254

Nouveau programme

- 1 On sait que parmi les maladies causées par des agents pathogènes, certaines sont transmises directement entre êtres humains alors que d'autres nécessitent une espèce animale intermédiaire, indispensable au cycle de vie du pathogène. Dans ce dernier cas, on parle de maladie vectorielle.

Dans le cas de la toxoplasmose, l'agent infectieux est le parasite eucaryote unicellulaire *Toxoplasma gondii* et la maladie est transmise à l'Homme par les animaux domestiques, en particulier les chats, ou par l'ingestion de viande mal cuite. Il s'agit donc bien d'une maladie vectorielle.

- 2 Liste de conseils à destination des femmes enceintes pour éviter la contamination par le pathogène responsable de la toxoplasmose :
- Nettoyer méticuleusement les fruits et légumes, surtout s'ils proviennent du potager ;
 - Éviter les contacts avec les animaux domestiques (en particulier les chats) et, le cas échéant, se laver soigneusement les mains ;
 - Faire bien cuire la viande avant de la consommer.

8 Se faire piquer par la mouche tsé-tsé

➔ Enoncé
p. 255

Nouveau programme

- 1 Une lutte anti-vectorielle est destinée à prévenir la maladie en luttant contre l'insecte vecteur responsable de transmission à l'Homme. Il ne s'agit pas de prophylaxie médicamenteuse pour atténuer la maladie.
- 2 Pour éviter les piqûres de glossine susceptibles transmettre à l'Homme le parasite responsable de la maladie du sommeil, *Trypanosoma brucei*, on pourrait proposer une lutte anti-moustique par épandage d'insecticides et une protection des habitations par des moustiquaires. À l'échelle de l'individu, des produits répulsifs anti-moustiques et de vêtements couvrants sont nécessaires pour limiter le risque de piqûre.

9 Une voie de recherche pour stopper le paludisme

➔ Enoncé
p. 256

Nouveau programme

- 1 Les chercheurs ont imaginé une sorte de vaccin contre le paludisme, basée sur l'injection d'une version synthétique de la toxine fabriquée par le *Plasmodium berghei*, parasite responsable du paludisme chez la souris. Pour tester leur vaccin, ils ont infecté des souris avec *Plasmodium berghei*. 75 % des souris ont survécu à cette injection, ce qui montre

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

que l'injection de la toxine synthétique les a bien protégés contre le paludisme. Il s'agit donc d'une découverte prometteuse pour lutter contre cette maladie parasitaire.

- 2 Les résultats obtenus sont encourageants mais ils ont été obtenus chez des souris. Rien ne permet d'affirmer qu'ils seraient reproductibles chez l'Homme. De plus, 25 % de souris n'ont pas survécu à l'injection massive de *Plasmodium berghei*. Il faudrait donc « retravailler » l'efficacité de la GPI synthétique à déclencher une réponse immunitaire.

10 De la piqûre de tique à la maladie de Lyme

→ Enoncé
p. 256

Nouveau programme

- 1 La maladie de Lyme, pour être transmise à l'Homme, nécessite un animal vecteur qui est la tique. L'agent infectieux, qui est une bactérie, se transmet donc de la tique à l'Homme et non de l'Homme à l'Homme. La maladie de Lyme n'est donc pas une maladie contagieuse.
- 2 Puisque les tiques vivent dans zones boisées, les herbes hautes des prairies, les jardins et les parcs, on conseille aux vacanciers, lors d'activités en nature, de couvrir leurs bras et leurs jambes avec des vêtements longs pour leur éviter les piqûres de tiques. Une fois l'activité en nature terminée, il est recommandé d'inspecter soigneusement son corps ce qui permet de repérer, le cas échéant, un corps de tique accroché à la peau : il existe d'ailleurs des « tire-tiques » pour retirer les tiques ! Enfin, si la piqûre de tique est avérée et si une réaction inflammatoire est visible dans un délai d'un mois, il faut impérativement consulter un médecin.

Microbiote humain et santé

Plan du chapitre

1. Introduction
2. Mise en place du microbiote
3. Une symbiose entre le microbiote et son hôte
4. Les variations de la composition du microbiote : influence des fibres alimentaires, influence de la prise d'antibiotiques
5. Une corrélation entre dysbioses et maladies

1 Introduction

Des communautés de micro-organismes vivent sur (microbiote cutané) et dans (microscope buccal, microscope intestinal ...) le corps humain, en harmonie entre eux et avec l'hôte. L'étude du microbiote et de ses fonctions physiologiques suscite actuellement l'engouement des chercheurs. C'est un domaine de recherche en plein essor.

? PROBLÉMATIQUE

Comment le microbiote humain se met-il en place ? En quoi le microbiote est-il un allié pour la santé de l'Homme ? Quelles sont les facteurs susceptibles de faire varier sa composition ?

2 Mise en place du microbiote

2.1 La composition du microbiote de l'adulte : unicité et diversité du microbiote

Notre microbiote comporte des bactéries, des virus et des champignons non pathogènes.

À titre d'exemple, le microbiote intestinal serait composé de 10^{12} à 10^{14} micro-organismes. Pour ce qui est des bactéries, on y recense quatre grands groupes : les Firmicutes, les Bacteroidetes, les Actinobacteria et les Proteobacteria qui sont systématiquement retrouvés en majorité chez l'adulte. Parmi ces quatre groupes,

les Firmicutes et les Bacteroidetes sont de loin les plus abondants. Néanmoins, la proportion des représentants de chaque groupe varie d'un individu à l'autre.

2.2 La mise en place du microbiote

L'intestin du bébé *in utero* est dépourvu de microbiote et sa colonisation débute lors de la naissance, avec l'allaitement, que ce dernier soit maternel ou avec des formules infantiles. Ensuite, le sevrage et l'évolution vers une alimentation solide favorisent la colonisation par d'autres bactéries. Le microbiote se diversifie ainsi peu à peu pour atteindre sa composition adulte vers l'âge de 2-3 ans.

À RETENIR

Le microbiote humain représente l'ensemble des microorganismes qui vit sur et dans le corps humain. Il se met en place dès la naissance. La composition en microorganismes et la diversité du microbiote sont des indicateurs de santé.

 Retrouvez la notion de microbiote intestinal en vidéo avec 

3 Une symbiose entre le microbiote et son hôte

3.1 Les leçons apportées par les souris axéniques

Les souris dites axéniques sont élevées dès la naissance en milieu stérile et sont donc exemptes de tout microorganisme : elles n'ont pas de microbiote. Des études ont montré que :

- le système immunitaire de souris axéniques est immature et incomplet par rapport à celui de souris élevées normalement ;
- la motricité de leur tube digestif est ralentie et la différenciation des cellules qui composent leur épithélium intestinal est inachevée. Leurs villosités intestinales sont « rabougries »
- ces souris axéniques sont maigres. Les rongeurs sans microbiote ont besoin de 30 % de calories supplémentaires pour maintenir leur masse corporelle par rapport à des animaux témoins.

Tout ceci suggère a minima deux rôles joués par le microbiote dans la physiologie de son hôte : une fonction digestive et une fonction intestinale.

3.2 La fonction digestive du microbiote

Nos propres enzymes ne permettent pas la digestion de la totalité des protéides et glucides que nous ingérons. La partie non digérée - en particulier les fibres

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

alimentaires - se retrouve dans le côlon, où le microbiote colique entre en action. Des réactions de fermentation portant sur ces glucides et protides permettent aux bactéries d'obtenir l'énergie nécessaire à leur croissance et entraînent de ce fait la production d'une diversité de nutriments qui sont absorbés et utilisés par l'hôte.

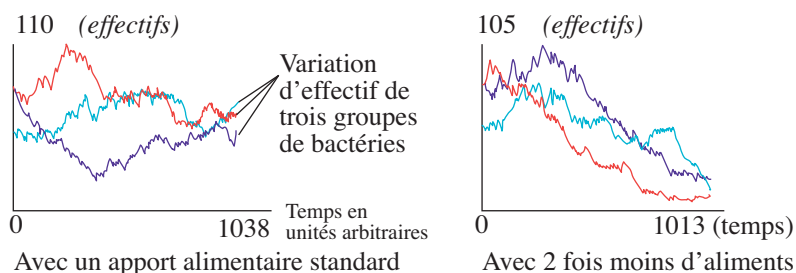


Figure 14.1 – Effet d'un apport alimentaire plus ou moins important sur les effectifs de trois populations de bactéries du microbiote intestinal

Les lipides non absorbés dans l'intestin grêle subissent eux aussi des transformations opérées par les bactéries du microbiote colique, qui jouent donc un rôle important dans le métabolisme des graisses.

En plus des glucides, des protéines et des lipides, de nombreux microconstituants sont présents dans les aliments que nous consommons. Une part importante parvient au côlon où ils sont transformés par le microbiote. Cela permet la détoxification de composés potentiellement nocifs.

3.3 La fonction immunitaire du microbiote

3.3.1 - Microbiote et barrière naturelle contre les bactéries pathogènes

Les micro-organismes commensaux, non pathogènes, naturellement présents à la surface de la peau ou au niveau des muqueuses, occupent l'espace et limitent ainsi l'installation (effet barrière) et le développement de potentiels pathogènes. Il est établi que le microbiote stimule la production par les cellules épithéliales de molécules « antimicrobiennes » appelées bactériocines. Certaines souches de bactéries du microbiote sécrètent d'ailleurs elles-mêmes les bactériocines. Enfin, le microbiote favorise le bon fonctionnement des jonctions qui unissent les cellules épithéliales, ce qui diminue l'invasion par des bactéries pathogènes.

Voir graphique page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

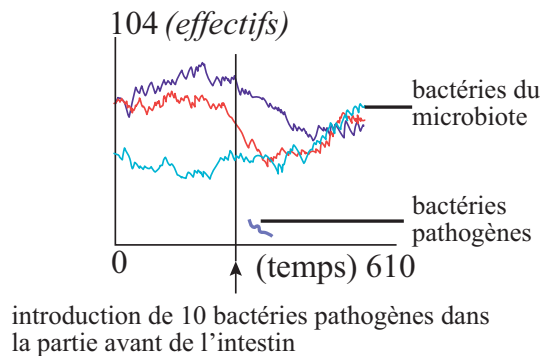


Figure 14.2 – Effet de la présence du microbiote sur les bactéries pathogènes.

3.3.2 - Microbiote et stimulation du système immunitaire

Des travaux récents montrent que certains lymphocytes, les lymphocytes Th17, produits dans l'intestin grêle, auraient des propriétés effectrices anti-inflammatoires et seraient impliqués dans les réponses intestinales à certaines bactéries pathogènes. La composition du microbiote intestinal, et en particulier la présence de certaines espèces de bactéries, régulerait le taux de lymphocytes Th17 et pourrait donc influencer sur l'immunité intestinale.

➔ À RETENIR

Le microbiote intestinal a un rôle indispensable dans l'immunité et dans la digestion. Certaines bactéries ont des propriétés anti-inflammatoires. La relation entre le microbiote et son hôte peut être qualifiée de symbiotique, dans la mesure où chaque partenaire en retire un bénéfice réciproque.

4 Les variations de la composition du microbiote : influence des fibres alimentaires, influence de la prise d'antibiotiques

4.1 L'influence de la présence de fibres dans l'alimentation

Un certain nombre d'aliments, d'origine végétale, contiennent des fibres. On peut citer les légumes, les légumineuses, les fruits et les produits céréaliers complets car les fibres sont particulièrement représentées par les molécules de cellulose contenues dans la paroi des cellules végétales.

Une expérimentation menée chez des sujets adultes en bonne santé a conduit aux observations suivantes :

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

- les individus consommant peu de fibres ont un microbiote peu diversifié alors que celui des individus ayant l'habitude de consommer beaucoup de fibres est riche ;
- à la suite d'un régime plus ou moins riche en fibres, on assiste à une augmentation de la richesse du microbiote des individus, proportionnellement à la quantité de fibres absorbées.

Ces résultats s'expliquent par le rôle des bactéries du microbiote dans la digestion, puisque des bactéries du microbiote (voir paragraphe 3.1), qui opèrent des réactions de fermentation portant sur les fibres alimentaires et en retirent l'énergie nécessaire à leur croissance et donc à leur multiplication. Autrement dit, la consommation régulière de fibres est indispensable pour entretenir la diversité du microbiote.

4.2 L'influence de la prise d'antibiotiques

Des études menées par les scientifiques ont permis d'observer que les traitements antibiotiques provoquent une détérioration du microbiote intestinal. Les effectifs du microbiote peuvent atteindre des seuils très bas à la suite du traitement. Cependant, une fois le traitement antibiotique terminé, le patient retrouve un microbiote similaire à celui d'avant le traitement. Les publications scientifiques sur le microbiote soulignent ce phénomène de résilience, c'est-à-dire le retour à l'équilibre après un événement perturbateur (comme ici la prise d'antibiotiques). Néanmoins, une succession de déséquilibres transitoires peut avoir des conséquences néfastes au point de nécessiter, parfois, de recourir à une greffe de microbiote.

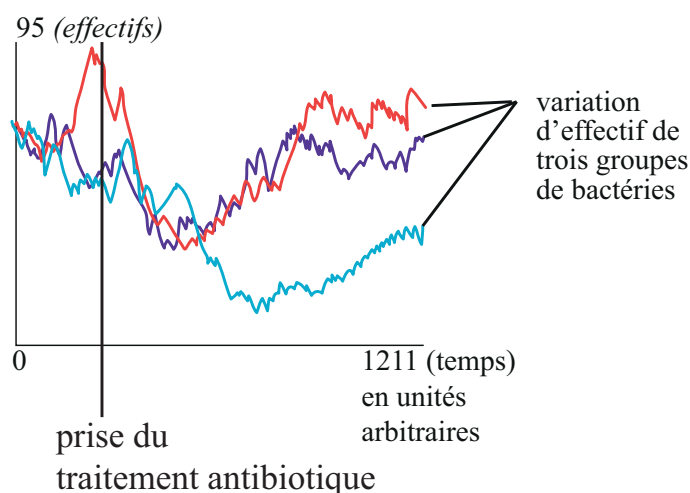


Figure 14.3 – Effet de la prise d'un antibiotique sur les effectifs de 3 groupes de bactéries

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

➔ À RETENIR

Les interactions entre hôte et microbiote jouent un rôle essentiel pour le maintien de la santé et du bien-être de l'hôte. Le microbiote évolue en fonction de différents facteurs comme l'alimentation (présence de fibres), ou les traitements antibiotiques.

5 Une corrélation entre dysbioses et maladies

Quand on leur administre des bactéries de sujets atteints de diabète de type 2, les souris de laboratoire développent rapidement les premiers problèmes de métabolisation des sucres. Quand on leur administre les bactéries intestinales de sujets en surpoids, leur tendance à l'embonpoint augmente aussi. Un déséquilibre du microbiote (prédominance de certaines familles de bactéries, raréfaction d'autres espèces de bactéries) a été décrit chez des personnes atteintes de MICI (maladies inflammatoires chroniques de l'intestin).

On met ainsi en évidence l'idée que la dysbiose, c'est-à-dire l'altération du microbiote intestinal, est une piste pour comprendre l'origine de certaines maladies.

➔ À RETENIR

Les travaux sur le microbiote établissent des corrélations entre des compositions du microbiote et des pathologies. La modulation du microbiote ouvre donc des pistes de traitement dans certains cas de maladies.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

1 V/F Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 279

Répondez par vrai ou faux pour chaque proposition :

- 1 Le microbiote :
 - a est présent uniquement dans l'intestin ;
 - b est présent sur la peau et au niveau des muqueuses ;
 - c est constitué de bactéries, virus et champignons ;
 - d ne comporte que des bactéries, mais elles sont très nombreuses.
- 2 La fonction digestive du microbiote consiste à ce que :
 - a les bactéries se nourrissent des nutriments dont l'hôte a besoin ;
 - b les bactéries digèrent des molécules que son hôte ne peut pas digérer ;
 - c les bactéries interviennent dans le métabolisme des graisses.

2 QCM Vérification des connaissances

5 min

Corrigé
p. 279

Choisir, pour chaque question, celle des deux propositions qui est exacte.

- 1 La composition du microbiote :
 - a ne varie pas malgré la prise prolongée d'antibiotiques ;
 - b est dépendante de la consommation de fibres alimentaires.
- 2 À la suite d'un régime alimentaire riche en fibres, on assiste à :
 - a un appauvrissement du microbiote ;
 - b un enrichissement du microbiote.
- 3 Les bactéries du microbiote intestinal :
 - a n'ont aucun effet sur les bactéries pathogènes ;
 - b nous protègent contre les bactéries pathogènes.
- 4 Les bactéries pathogènes de l'intestin :
 - a sont en compétition avec les bactéries du microbiote pour occuper l'espace ;
 - b sont en symbiose avec les bactéries du microbiote.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

3 Qui suis-je ?



5 min

Corrigé
p. 279

- 1 Deux groupes de bactéries particulièrement représentés dans le microbiote intestinal.
- 2 Un qualificatif désignant le fait de ne pas posséder de microbiote.
- 3 L'effet provoqué par la présence de bactéries commensales dans l'intestin.

4 Vérification des connaissances



5 min

Corrigé
p. 279

Répondez brièvement aux questions suivantes :

- 1 Les scientifiques parlent de symbiose entre le microbiote intestinal et son hôte. Argumentez en faveur de cette idée.
- 2 Présentez les facteurs externes susceptibles de modifier la composition du microbiote d'un organisme adulte.

5 Transfert de microbiote



10 min

Corrigé
p. 281

Nouveau programme

À partir du corpus documentaire proposé, montrer les bienfaits du microbiote intestinal pour la fonction digestive de l'Homme et prouver que le microbiote est différent d'un individu à un autre.

Document 1 Extrait du livre "Le charme discret de l'intestin"

(Giulia Enders, éditions Acte Sud, avril 2015) "Ces souris stériles⁹ sont un peu bizarres (...). Par rapport à leur congénères "habitées", elle mangent plus¹⁰ et mettent plus de temps à digérer. Elles ont des appendices énormes, des intestins rabougris, sans villosités (...). En leur injectant un cocktail de bactéries provenant d'autres souris, on peut observer des effets étonnants. Quand on leur administre des bactéries de sujets diabétiques (de type 2), les souris de laboratoire développent rapidement les premiers problèmes de métabolisation des sucres. Quand on leur administre les bactéries intestinales de sujets en surpoids, leur tendance à l'embonpoint augmente aussi".

9. L'auteur fait référence à des souris de laboratoire dépourvues de microbiote (naissance stérile par césarienne, cages désinfectées au chlore et alimentation à la vapeur, souffle d'air filtré). De tels animaux, vides de tout germe, n'existent pas dans la nature.

10. Des publications scientifiques précisent que des rongeurs sans microbiote ont besoin de 30% de calories supplémentaires pour maintenir leur masse corporelle par rapport à des animaux témoins.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

Document 2 : Expérimentations et mesures

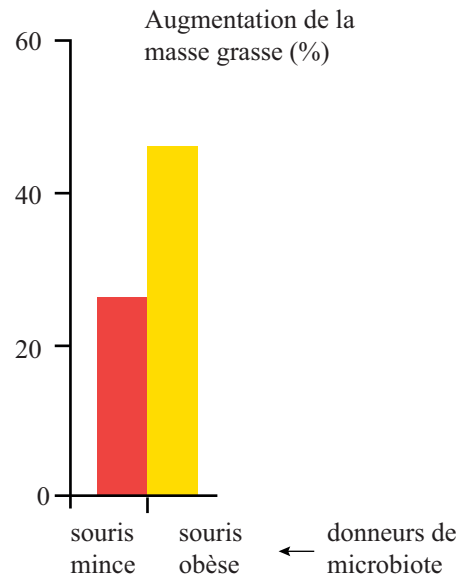


Figure 14.4 – Taux d'augmentation de la masse grasse de souris initialement sans microbiote après 2 semaines de colonisation par un microbiote provenant de souris minces ou obèses

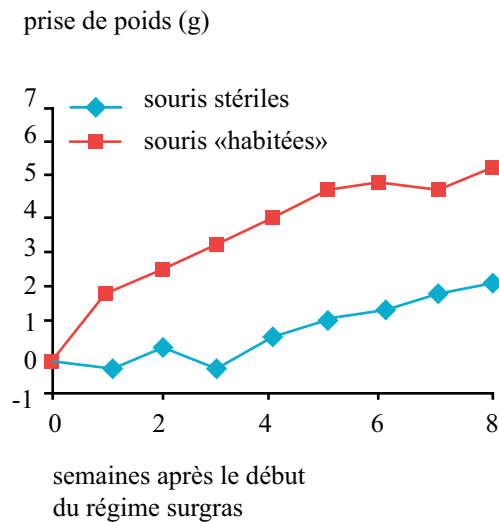


Figure 14.5 – Prise de poids occasionnée par un régime riche en graisses chez des souris stériles (sans microbiote) et des souris "habitées" (avec microbiote)

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

6 Microbiote et obésité



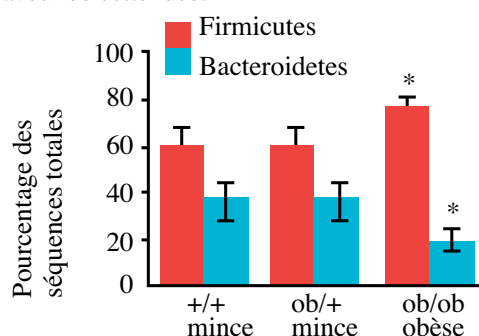
10 min

Corrigé
p. 281

Nouveau programme

De nos jours, les recherches sur le microbiote laissent penser que l'obésité est corrélée à une dysbiose, c'est-à-dire un déséquilibre de la composition du microbiote.

À l'aide d'informations extraites du document scientifique suivant, argumenter en faveur de cette idée.



Analyse de 5088 séquences de gènes de 16S rRNA du microbiote de souris mince, mince ob et ob/ob

Figure 14.6 – Un document brut, extrait d'une communication scientifique

Aide à la lecture du document scientifique

À propos des Firmicutes et des Bacteroidetes

Quatre phyla (les Firmicutes, les Bacteroidetes, les Actinobacteria et les Proteobacteria) sont systématiquement retrouvés en majorité dans le microbiote intestinal d'un sujet adulte. Parmi ces quatre groupes, les Firmicutes et les Bacteroidetes sont de loin les phyla les plus abondants. Pour cette raison, ce document ne prend pas en compte les autres phyla.

À propos de ce qui figure en abscisse

Le diagramme en bâtons fait allusion à différents génotypes. Il existe en effet des gènes qui, une fois mutés, sont responsables de l'obésité. On note ici "ob" un allèle muté et "+" une version saine du gène. L'écriture du génotype sous la forme d'un trait de fraction conceptualise le fait qu'un individu possède, sur la paire de chromosomes homologues concernée, deux allèles (identiques ou non) d'un gène donné. On trouve également, toujours en abscisse, l'écriture du phénotype, c'est-à-dire des caractéristiques exprimées par l'individu. Les souris qui possèdent l'allèle +, en un seul exemplaire (génotype ob/+) ou en deux exemplaires (génotype +/+) sont "Lean" (c'est-à-dire minces), tandis que les souris de génotype ob/ob sont obèses.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

À propos de ce qui figure en ordonnée

La plus grande partie des bactéries du microbiote intestinal n'est pas cultivable in vitro, ce qui rend délicate l'étude de leur génome. Néanmoins, une discipline appelée métagénomique se propose de séquencer l'ADN de la communauté microbienne complète, cultivable et non cultivable, extraite de son environnement. On s'intéresse ici aux séquences des gènes qui codent certains ARN présents dans les ribosomes, l'ARNr 16S ("16S rRNA"). Indépendamment de leur rôle, il s'agit de gènes intéressants à séquencer car, bien que présents chez toutes les bactéries, ils montrent néanmoins des régions variables caractéristiques des différents phyla. Finalement, l'ordonnée du graphique nous indique, parmi les 5088 séquences traitées extraites du microbiote de souris minces ou obèses, le pourcentage de celles qui sont spécifiques du phylum des Firmicutes et le pourcentage de celles qui sont spécifiques du phylum des Bacteroidetes. En extrapolant puisqu'on n'a pas travaillé sur le génome complet, on admettra que ces pourcentages fournissent une représentation des proportions de Firmicutes et de Bacteroidetes dans le microbiote.

7 Microbiote et immunité



10 min

Corrigé
p. 282

Nouveau programme

À la fin des années 80, l'immunologiste Iyaylo Ivanov s'est penché sur le rôle d'une espèce de bactérie filamenteuse segmentée (notée SFB dans cet exercice), qui fait naturellement partie du microbiote intestinal (famille des clostridiales). On émet l'hypothèse que cette bactérie favorise l'immunité intestinale. On évalue la réponse immunitaire intestinale par la mesure du nombre de LTh17, qui sont des cellules immunitaires produites par l'intestin et qui jouent un rôle dans la lutte contre des bactéries pathogènes. Les expériences sont menées chez des souris dites conventionnelles (avec microbiote) et chez des souris « germ-free » (sans microbiote) ayant éventuellement bénéficié d'un transfert de SFB.

- 1 Exploitez avec méthode les résultats obtenus.
- 2 Dites si ces résultats valident l'hypothèse émise.

Voir graphiques page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

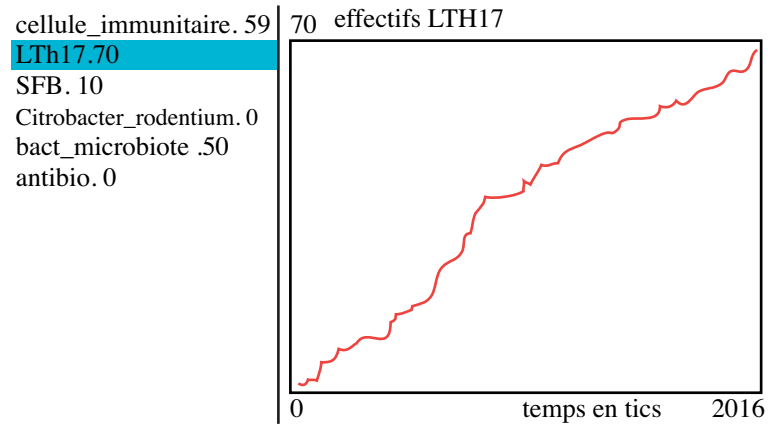


Figure 14.7 – Evolution du nombre de LTh17 produits par la paroi intestinale d'une souris conventionnelle

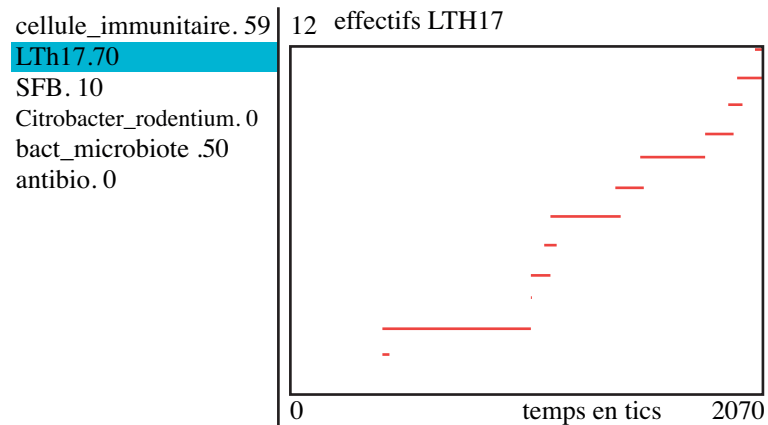


Figure 14.8 – Evolution du nombre de LTh17 produits par la paroi intestinale d'une souris « germ-free »

Voir dernier graphique page suivante.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

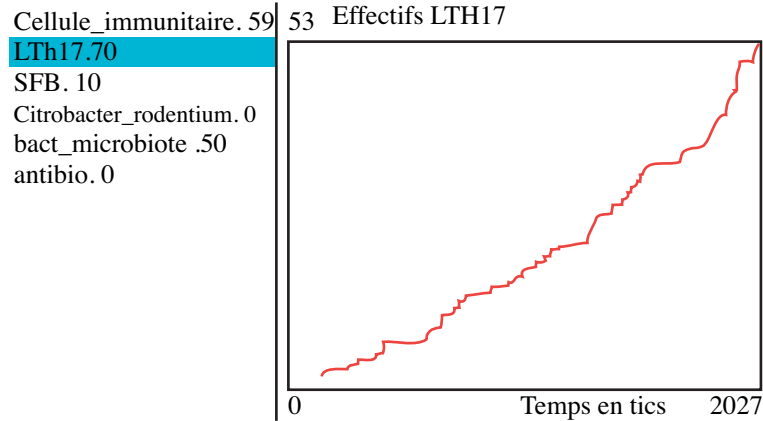


Figure 14.9 – Evolution du nombre de LTh17 produits par la paroi intestinale d'une souris "germ-free" ayant subi un transfert de SFB

8 Microbiote et alimentation



10 min

Corrigé
p. 282

Nouveau programme

Une expérience a été réalisée sur des souris de 4 semaines, dont la flore intestinale était identique à celle de l'Homme, selon le protocole suivant :

- Les souris ont d'abord été soumises à un régime riche en fibres (polysaccharides) pendant 6 semaines. Séparées en deux groupes, elles ont soit continué à consommer le même régime (groupe de contrôle) soit été soumises à un nouveau régime pauvre en fibres (groupe test) pendant 7 semaines, puis retour au régime normal pendant encore 6 autres semaines.
- L'expérience s'est alors poursuivie jusqu'à 4 générations (pour chacun des deux groupes), chacune d'elle consommant la même alimentation que la génération parente avec une période de reprise d'un régime riche en fibres.

Voir résultats page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

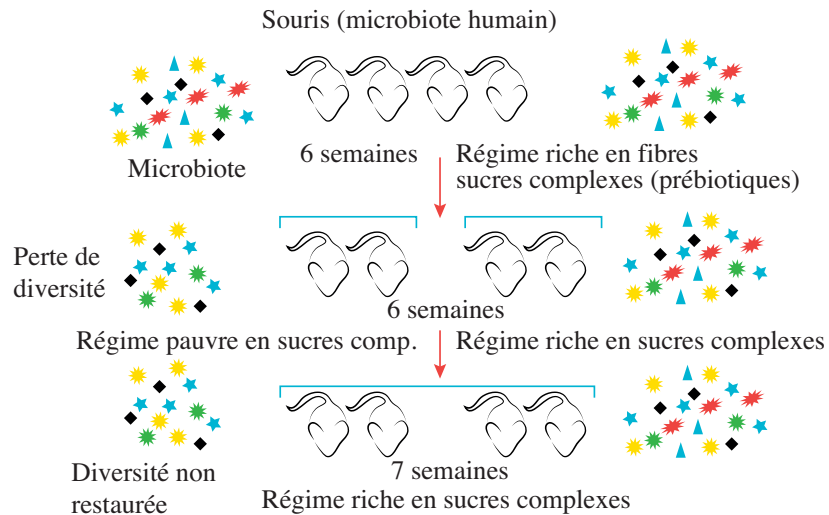


Figure 14.10 – Résultats sur plusieurs semaines

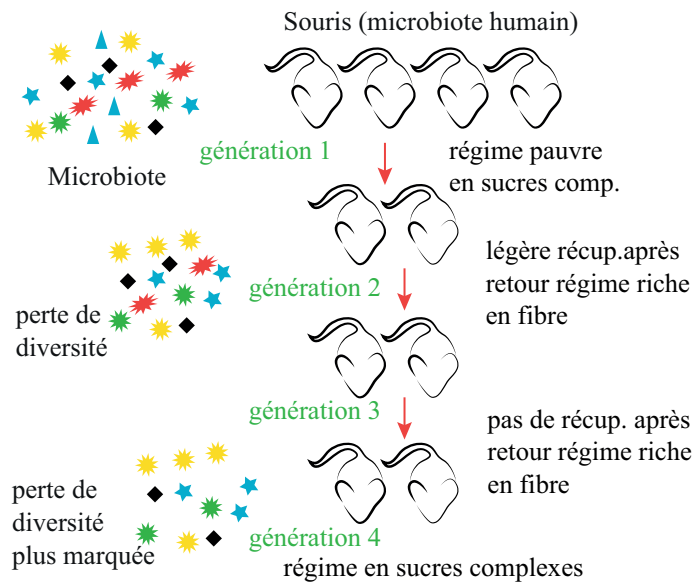


Figure 14.11 – Résultats sur plusieurs générations

- 1 Décrivez les résultats de l'expérimentation aux deux échelles de temps.
- 2 Démontrez, à l'aide de ces résultats, l'influence d'un régime pauvre en fibres sur la composition du microbiote.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

9 Le microbiote des marathoniens



10 min

Corrigé
p. 283

Nouveau programme

Des chercheurs se sont penchés sur le microbiote intestinal des coureurs de l'édition 2015 du marathon de Boston. Des échantillons fécaux ont été récupérés avant et après la course, et ont été comparés à ceux de personnes sédentaires.

Les chercheurs se sont aperçus que la bactérie *Veillonella atypica* était :

- plus abondante dans le microbiote intestinal après la course ;
- plus fréquente chez les marathoniens que les personnes sédentaires.

D'autre part, chez des souris, les chercheurs ont noté une augmentation des capacités de course quand dès lors qu'on leur transférait la bactérie *Veillonella atypica*, isolée chez les marathoniens.

Veillonella métabolise l'acide lactique produit par les muscles lors de l'exercice et le convertit en propionate, un acide gras à chaîne courte. C'est avantageux pour les marathoniens pour deux raisons :

- l'acide lactique est un déchet dont l'accumulation est responsable de la fatigue musculaire ressentie lors de la course ;
- l'organisme peut utiliser le propionate issu de la transformation de l'acide lactique par les bactéries pour améliorer ses capacités physiques.

Les chercheurs ont de plus démontré que l'acide lactique est l'unique source de carbone pour la bactérie identifiée chez les marathoniens.

À partir de toutes ces informations, choisir pour chacune des questions suivantes la seule proposition exacte :

1 *Veillonella atypica* :

- ☐ a est une espèce pathogène spécifique du microbiote des marathoniens
- ☐ b est une espèce non pathogène abondante dans le microbiote des marathoniens
- ☐ c est une espèce non pathogène rare dans le microbiote des marathoniens
- ☐ d est une espèce pathogène abondante dans le microbiote des marathoniens

2 L'acide lactique :

- ☐ a est une molécule produite par la bactérie *Veillonella atypica*
- ☐ b est une molécule produite par les muscles lors de l'effort
- ☐ c est une molécule produite lors la transformation du propionate par la bactérie *Veillonella atypica*
- ☐ d est une molécule nocive pour la bactérie *Veillonella atypica*

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

INTERROS

- 3 La symbiose entre la bactérie *Veillonella atypica* et le marathonien est illustrée par :
- a l'approvisionnement en carbone chez la bactérie et la dégradation de l'acide lactique chez le marathonien
 - b l'approvisionnement en acide gras chez la bactérie et la fatigue musculaire chez le marathonien
 - c l'approvisionnement en carbone chez la bactérie et la production d'acide lactique chez le marathonien
 - d la plus grande fréquence de la bactérie *Veillonella atypica* chez les marathoniens que chez les personnes sédentaires.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

1 V/F Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 269

Vrai ou faux :

- | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|---|----------------------------|-------|
| 1 | ☐ a | Faux. | 2 | ☐ a | Faux. |
| | ☐ b | Vrai. | | ☐ b | Vrai. |
| | ☐ c | Vrai. | | ☐ c | Vrai. |
| | ☐ d | Faux. | | | |

2 QCM Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 269

Seule proposition exacte pour chaque question :

- 1 ☐ b.
- 2 ☐ b.
- 3 ☐ b.
- 4 ☐ a.

3 Qui suis-je ?

➔ Enoncé
p. 270

- 1 Les Firmicutes et les Bacteroidetes.
- 2 Axénique.
- 3 Effet barrière.

4 Vérification des connaissances

➔ Enoncé
p. 270

- 1 On parle de symbiose pour désigner une association intime entre deux espèces, conférant à chaque membre un bénéfice. Il s'agit donc de montrer que les bactéries du microbiote intestinal tout comme leur hôte sont bénéficiaires de l'association.
 - *Avantages de l'association pour l'hôte*
Le microbiote joue un rôle dans la digestion chez son hôte, car nos propres enzymes ne permettent pas la digestion de la totalité des protéides et glucides que nous ingérons. La partie non digérée-en particulier les fibres alimentaires- se retrouve dans le côlon, où le microbiote colique entre en action. Les lipides non absorbés dans l'intestin grêle subissent eux aussi des transformations opérées par les bactéries du microbiote colique, qui jouent donc un rôle important dans le métabolisme des graisses.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

Le microbiote a d'autre part une fonction immunitaire. Les bactéries du microbiote intestinal occupent l'espace et limitent ainsi l'installation (effet barrière) et le développement de potentiels pathogènes. De plus, le microbiote stimule de son hôte : les lymphocytes Th17, produits dans l'intestin grêle sous l'influence de certaines bactéries du microbiote, auraient des propriétés effectrices anti-inflammatoires et seraient impliqués dans les réponses intestinales à certaines bactéries pathogènes.

- *Avantages de l'association pour les bactéries du microbiote intestinal*
Dans l'intestin, les réactions de fermentation portant sur les glucides et protides non digérés par l'Homme permettent aux bactéries d'obtenir l'énergie nécessaire à leur croissance. Cela entraîne d'ailleurs la production d'une diversité de nutriments qui sont absorbés et utilisés par l'hôte, ce qui renforce l'idée de symbiose !

2 La composition du microbiote d'un organisme adulte peut être modifiée d'une part par la prise d'antibiotiques, d'autre part par l'alimentation avec notamment l'influence des fibres alimentaires.

- *L'influence de la prise d'antibiotiques*

Les traitements antibiotiques provoquent une détérioration du microbiote intestinal. Les effectifs du microbiote peuvent atteindre des seuils très bas à la suite du traitement. Cependant, une fois le traitement antibiotique terminé, le patient retrouve un microbiote similaire à celui d'avant le traitement. On parle de résilience, c'est-à-dire de retour à l'équilibre après l'événement perturbateur que représente la prise d'antibiotiques. Mais une succession de déséquilibres transitoires peut avoir des conséquences néfastes au point de nécessiter, parfois, de recourir à une greffe de microbiote.

- *L'influence de la présence de fibres dans l'alimentation*

Un certain nombre d'aliments, d'origine végétale, contiennent des fibres. On peut citer les légumes, les légumineuses, les fruits et les produits céréaliers complets car les fibres sont particulièrement représentées par les molécules de cellulose contenues dans la paroi des cellules végétales. Les bactéries du microbiote opèrent des réactions de fermentation portant sur les fibres alimentaires et en retirent l'énergie nécessaire à leur croissance et donc à leur multiplication. Autrement dit, la consommation régulière de fibres est indispensable pour entretenir la diversité du microbiote. Les individus consommant peu de fibres ont un microbiote peu diversifié alors que celui des individus ayant l'habitude de consommer beaucoup de fibres est riche.

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

5 Transfert de microbiote

Enoncé
p. 270

Nouveau programme

D'après le texte du document 1, il est indiqué que des souris sans microbiote mettent plus de temps à digérer que les autres. De plus, ces mêmes souris ont des intestins peu développés et sans villosités. Cela prouve les bienfaits du microbiote (lorsqu'il est présent) vis-à-vis de la fonction digestive. D'autre part, avec le document 3, on voit qu'en cas d'application d'un régime surgras, au bout de 8 semaines la prise de poids est deux fois plus importante chez des souris témoins (pourvues de microbiote) que chez des souris sans microbiote. Cela montre l'importance du microbiote dans la digestion des graisses.

Prouvons maintenant que le microbiote est différent d'un individu à un autre. Selon l'histogramme du document 2, le transfert d'un microbiote à une souris dépourvue de microbiote ne donne pas les mêmes résultats selon que le microbiote implanté provient d'une souris normale ou obèse. On observe qu'après 2 semaines de colonisation, la masse grasse de la souris augmenté de 25% si elle reçu un microbiote de souris normale et de 45% si elle a reçu un microbiote de souris obèse. C'est donc que chez la souris, la composition du microbiote est différente d'un individu à l'autre.

6 Microbiote et obésité

Enoncé
p. 272

Nouveau programme

Le schéma ci-dessous correspond à une interprétation du document brut, appuyée par l'aide à la lecture. Les mesures réalisées montrent que le ratio Firmicutes/Bacteroidetes dans le microbiote est plus important chez les sujets de génotype (ob/ob) que chez les sujets d'un autre génotype. Les individus ob/ob ont 3 fois plus de Firmicutes que de Bacteroidetes dans leur microbiote, alors que le individus (+/+) ou (ob/+) ont seulement 1,5 fois plus de Firmicutes que de Bacteroidetes dans leur microbiote. L'allèle ob étant impliqué dans une forme grave d'obésité, on en déduit qu'il y a bien une corrélation entre une composition inhabituelle du microbiote et l'obésité.

Voir illustration page suivante.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS

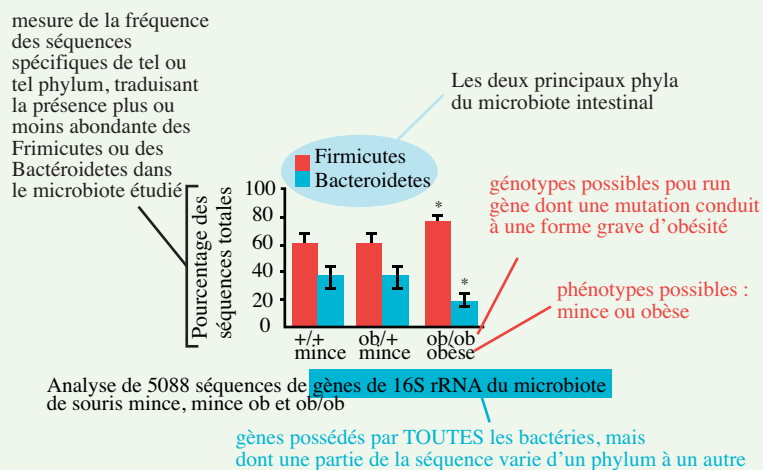


Figure 14.12 – Clé de lecture du document scientifique

7 Microbiote et immunité

Enoncé
p. 273

Nouveau programme

- 1 La comparaison des mesures chez les souris conventionnelles et chez les souris « germ-free » indique que :
 - le nombre de LTh17 produits par la paroi intestinale des souris conventionnelles est largement supérieur au le nombre de LTh17 produits par la paroi intestinale des souris « germ-free » ;
 - chez des souris « germ-free » ayant bénéficié d'un transfert de bactéries SFB, le nombre de LTh17 produits par la paroi intestinale est supérieur à celui d'avant le transfert.
- 2 On sait que LTh17, cellules immunitaires produites par l'intestin, jouent un rôle dans la lutte contre des bactéries pathogènes. La production des LTh17 étant améliorée en présence de SFB, on peut valider l'hypothèse selon laquelle que cette bactérie favorise l'immunité intestinale.

8 Microbiote et alimentation

Enoncé
p. 275

Nouveau programme

- 1 Pour ce qui est de l'expérience menée sur plusieurs semaines, on voit que le microbiote des deux groupes, identique au départ, a montré une perte de biodiversité chez le groupe soumis à un régime pauvre en fibres ¹¹, qui s'est maintenue bien après la reprise du régime d'origine.

11. groupe test

MICROBIOTE HUMAIN ET SANTÉ • CHAP. 14

Pour ce qui est de l'expérience menée sur plusieurs générations, on observe chez le groupe soumis à un régime pauvre en fibres une perte de biodiversité qui s'intensifie à chaque descendance, sans correction possible avec reprise d'un régime alimentaire riche en fibres.

- 2** On peut en conclure qu'une alimentation pauvre en fibres appauvrit le microbiote intestinal. Cependant, selon la durée de la privation de fibres, les individus peuvent retrouver un microbiote similaire à celui d'avant la privation. Il y aurait donc un phénomène de résilience, c'est-à-dire un retour à l'équilibre après un événement perturbateur. Néanmoins, une succession de déséquilibres transitoires peut avoir des conséquences néfastes comme le montre l'effet d'un régime pauvre en fibres sur plusieurs générations.

9 Le microbiote des marathonien

Nouveau programme

→ **Enoncé**
p. 277

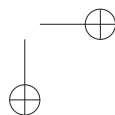
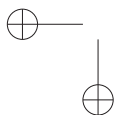
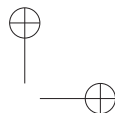
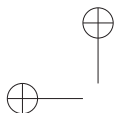
Seule proposition exacte pour chaque question :

- 1** ☐ **b**.
2 ☐ **b**.
3 ☐ **a**.

COURS

INTERROS

CORRIGÉS



Annexe

Liste des références Nathan Live



Chapitre	Titre	Page
Chapitre 1	Organisation microscopique des organes humains	7
Chapitre 1	Histoire de la découverte de la structure de l'ADN	9
Chapitre 2	Définition du métabolisme	27
Chapitre 2	Comparaison des métabolismes animal et végétal	29
Chapitre 3	Définitions de la notion d'espèce	47
Chapitre 4	Les cinq grandes crises biologiques	62
Chapitre 5	Naissances de nouvelles espèces	83
Chapitre 6	La sélection sexuelle vue par Charles Darwin	103
Chapitre 8	Compléments sur la notion d'agrosystème	141
Chapitre 8	Exercice 3 : les interactions abeilles/produits phytosanitaires	143
Chapitre 9	Les animaux du sol	162
Chapitre 9	Données actuelles sur l'érosion des sols agricoles	163
Chapitre 10	Mise en place de l'appareil génital	183
Chapitre 10	Exercice 7 : l'histoire des athlètes intersexués	190
Chapitre 11	Exercice 8 : le circuit de récompense chez le rat	213

Chapitre	Titre	Page
Chapitre 12	Les différentes méthodes contraceptives	224
Chapitre 12	La procréation médicalement assistée	227
Chapitre 13	Vidéo sur le paludisme	247
Chapitre 13	Cycle de réplication du virus VIH	248
Chapitre 14	La notion de microbiote intestinal	264

