

Fiche : La cellule, unité du vivant

FICHE • S01 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- La théorie cellulaire affirme que tout être vivant est formé de cellules, que la cellule est l'unité structurale et fonctionnelle du vivant et que toute cellule provient d'une cellule préexistante.
- Toutes les cellules possèdent une membrane plasmique, un cytoplasme, de l'ADN et des ribosomes, ce qui témoigne d'une origine commune.
- Une cellule procaryote (bactérie, archée) n'a pas de noyau : son chromosome circulaire est dans le nucléoïde, et elle n'a pas d'organites membranaires.
- Une cellule eucaryote possède un noyau limité par une enveloppe nucléaire et un cytoplasme compartimenté en organites.
- La cellule végétale chlorophyllienne possède en plus une paroi pectocellulosique, des chloroplastes et une grande vacuole ; elle possède aussi des mitochondries.
- Le noyau contient l'ADN, le RE rugueux synthétise les protéines sécrétées, le Golgi les modifie et les trie, les lysosomes digèrent, les mitochondries respirent, les chloroplastes photosynthétisent.
- Mitochondries et chloroplastes ont deux membranes, leur propre ADN circulaire et des ribosomes de type procaryote, ce qu'explique la théorie endosymbiotique.
- Le microscope optique a une limite de résolution d'environ $0,2\text{ }\mu\text{m}$; le MET, de l'ordre du nanomètre, révèle l'ultrastructure ; le MEB montre les surfaces en relief.
- La membrane plasmique, épaisse de 7 à 8 nm, est une bicouche de phospholipides amphiphiles dans laquelle sont insérées des protéines intrinsèques et extrinsèques.
- Le modèle de la mosaïque fluide (Singer et Nicolson, 1972) décrit une bicouche fluide où lipides et protéines se déplacent latéralement.
- L'expérience de Frye et Edidin montre que les protéines membranaires diffusent latéralement, d'autant mieux que la température est élevée, sans consommer d'ATP.
- Les glucides membranaires ne sont présents que sur la face externe (glycocalyx) : la membrane est asymétrique.
- Les transports passifs (diffusion simple, osmose, diffusion facilitée) suivent le gradient sans énergie ; le transport actif va contre le gradient en consommant de l'ATP.
- La diffusion facilitée passe par des canaux ou des transporteurs et présente une saturation.



- En milieu hypotonique, l'eau entre (hémolyse de l'hématie, turgescence de la cellule végétale) ; en milieu hypertonique, elle sort (hématie crénelée, plasmolyse).

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Relation ou valeur	Remarque
Unités	$1 \text{ mm} = 1\,000 \mu\text{m}$; $1 \mu\text{m} = 1\,000 \text{ nm}$	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
Taille réelle (grossissement)	taille réelle = taille sur l'image / G	mêmes unités avant de diviser
Taille réelle (barre d'échelle)	(longueur objet / longueur barre) × valeur de la barre	longueurs mesurées dans la même unité
Limite de résolution	optique : $0,2 \mu\text{m}$; MET : environ 1 nm	décide de ce qui est visible
Pompe Na^+/K^+ -ATPase	3 Na^+ sortent, 2 K^+ entrent pour 1 ATP	transport actif
Solution isotonique pour l'hématie	NaCl à $9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (0,9 %)	pas de flux net d'eau

- **Osmose** : diffusion de l'eau à travers une membrane semi-perméable vers le milieu le plus concentré en solutés.
- **Amphiphile** : molécule possédant une partie hydrophile et une partie hydrophobe.
- **Organite** : compartiment intracellulaire spécialisé, délimité par une ou deux membranes.

Pièges à éviter

- Confondre grossissement et pouvoir de résolution.
- Dire qu'une bactérie n'a pas d'ADN ou pas de ribosomes : elle n'a ni noyau ni organites membranaires.
- Oublier les mitochondries dans la cellule végétale.



- Raisonner sur le déplacement des solutés au lieu de celui de l'eau dans l'osmose.
- Appeler « plasmolyse » le gonflement d'une hématie : en milieu hypotonique, l'hématie subit l'hémolyse.
- Oublier de convertir les longueurs dans la même unité avant un calcul de taille réelle.

Je me teste

1. Combien de nanomètres dans $1\text{ }\mu\text{m}$? $\rightarrow 1\ 000\text{ nm}$.
2. Où se trouve l'ADN d'une bactérie ? $\rightarrow$ Dans le cytoplasme, au niveau du nucléoïde (plus d'éventuels plasmides).
3. Quel microscope pour voir un ribosome ? $\rightarrow$ Le microscope électronique à transmission.
4. Quel organite est le siège de la respiration cellulaire ? $\rightarrow$ La mitochondrie.
5. Qui a proposé le modèle de la mosaïque fluide, et quand ? $\rightarrow$ Singer et Nicolson, en 1972.
6. Pourquoi les phospholipides forment-ils une bicouche dans l'eau ? $\rightarrow$ Ils sont amphiphiles : têtes hydrophiles vers l'eau, queues hydrophobes au centre.
7. Quel caractère d'une courbe signale une diffusion facilitée ? $\rightarrow$ Un plateau de saturation du débit.
8. Que subit une cellule d'oignon dans une solution hypertonique ? $\rightarrow$ Une plasmolyse.
9. Que fait la pompe Na^+/K^+ -ATPase pour une molécule d'ATP ? $\rightarrow$ Elle fait sortir 3 Na^+ et entrer 2 K^+ .
10. Une mitochondrie de $24\text{ }\mu\text{m}$ sur une image à $\times 16\ 000$ mesure combien ? $\rightarrow 1,5\text{ }\mu\text{m}$.

Fiche : Réplication de l'ADN et division cellulaire

FICHE • S02 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- L'ADN est un polymère de nucléotides, chacun formé d'un phosphate, d'un désoxyribose et d'une base (A, T, G ou C) ; l'information est portée par la séquence.
- La double hélice associe deux brins antiparallèles dont les bases sont complémentaires : A avec T (2 liaisons hydrogène), G avec C (3 liaisons hydrogène).
- Dans un ADN double brin, $A = T$ et $G = C$ (règles de Chargaff), mais $(A + T)/(G + C)$ varie selon l'espèce.
- Un chromosome est une molécule d'ADN associée à des protéines ; après la réplication, il possède deux chromatides sœurs identiques réunies au centromère.
- Le caryotype humain compte 46 chromosomes (23 paires : 22 paires d'autosomes et XX ou XY) ; une cellule diploïde a $2n$ chromosomes, un gamète haploïde en n .
- Le cycle cellulaire comprend l'interphase (G1, S, G2) et la phase M (mitose puis cytotodièrese).
- La quantité d'ADN passe de Q à $2Q$ pendant la phase S et revient à Q à la fin de la mitose.
- L'expérience de Meselson et Stahl (^{15}N puis ^{14}N , centrifugation) rejette l'hypothèse conservative à la génération 1 et l'hypothèse dispersive à la génération 2.
- La réplication est semi-conservative : chaque molécule fille contient un brin parental et un brin neuf.
- L'ADN polymérase ajoute des nucléotides complémentaires à la matrice, toujours dans le sens 5' vers 3', et relit son travail.
- La réplication démarre à des origines et progresse par deux fourches en sens opposés ; les chromosomes eucaryotes ont des milliers d'origines.
- La mitose comprend la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase, puis la cytotodièrese.
- En anaphase, les chromatides sœurs se séparent : chaque pôle reçoit un lot complet de chromosomes à une chromatide.
- La cytotodièrese se fait par étranglement chez l'animal et par formation d'une plaque cellulaire chez le végétal.



- Réplication et mitose produisent des cellules filles génétiquement identiques (un clone), aux rares erreurs de réplication près.

Formules et définitions à connaître

Notion	Relation ou valeur	Condition
Complémentarité	$\%A = \%T$; $\%G = \%C$; $A + G = T + C$	ADN double brin
Liaisons hydrogène	2 par paire A-T, 3 par paire G-C	
Meselson et Stahl	ADN intermédiaire = $2/2^n$ après n générations sur ^{14}N	réplication semi-conservative
Durée d'une phase	$\text{durée} = (\text{cellules dans la phase} / \text{cellules comptées}) \times \text{durée du cycle}$	population asynchrone
Index mitotique	cellules en mitose / cellules comptées	
Durée de réplication	$(\text{longueur} / 2) / \text{vitesse d'une fourche}$	une origine bidirectionnelle
Croissance d'un clone	$N = N_0 \times 2^n$	n divisions, toutes les cellules se divisent

- **Chromatides sœurs** : les deux copies identiques d'une molécule d'ADN, issues de la réplication.
- **Chromosomes homologues** : les deux chromosomes d'une paire, d'origine paternelle et maternelle.

Pièges à éviter

- Croire que le nombre de chromosomes double en phase S : c'est le nombre de chromatides qui double.
- Confondre chromatides sœurs et chromosomes homologues.
- Penser que la génération 1 de Meselson et Stahl suffit à valider la réplication semi-conservative.



- Écrire le brin complémentaire sans respecter l'antiparallélisme ni indiquer les extrémités 5' et 3'.
- Dire que l'ADN polymérase synthétise dans le sens 3' vers 5'.
- Oublier que le palier haut d'une courbe d'ADN regroupe G2 et la mitose.

Je me teste

1. Complémentaire de 5' AACG 3' ? → 5' CGTT 3'.
2. Un ADN double brin a 22 % de G : combien de A ? → 28 %.
3. Que se passe-t-il pendant la phase S ? → La réplication de l'ADN.
4. Quel résultat à la génération 2 de Meselson et Stahl ? → 50 % d'ADN intermédiaire et 50 % d'ADN léger.
5. Quelle enzyme assemble le brin neuf ? → L'ADN polymérase.
6. Dans quel sens se fait la synthèse ? → De 5' vers 3'.
7. Quelle phase voit les chromosomes alignés à l'équateur ? → La métaphase.
8. Combien de chromatides dans une cellule humaine en métaphase ? → 92.
9. Comment se partage le cytoplasme d'une cellule végétale ? → Par une plaque cellulaire formée à l'équateur.
10. Pourquoi les cellules filles sont-elles identiques ? → Réplication semi-conservative fidèle, puis répartition d'une chromatide de chaque chromosome dans chaque cellule.



Fiche : Mutations, réparation et variabilité génétique

FICHE • S03 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Une mutation est une modification rare, accidentelle et héréditaire de la séquence de l'ADN ; elle est aléatoire et ne répond à aucun besoin de l'organisme.
- Les mutations ponctuelles sont des substitutions, des insertions ou des délétions d'un ou de quelques nucléotides.
- Une substitution peut être silencieuse (même acide aminé, grâce à la redondance du code), faux-sens (autre acide aminé) ou non-sens (codon stop).
- Une insertion ou une délétion d'un nombre de nucléotides non multiple de 3 décale le cadre de lecture et modifie tous les codons en aval.
- La drépanocytose résulte d'une substitution GAG → GUG qui remplace le 6^e acide aminé de la β -globine, un glutamate, par une valine.
- Les mutations chromosomiques sont des délétions, duplications, inversions, translocations de fragments, ou des anomalies du nombre de chromosomes.
- Les mutations spontanées proviennent surtout d'erreurs de réplication non corrigées et de lésions spontanées de l'ADN.
- Un agent mutagène augmente la fréquence des mutations : UV (dimères de thymine), rayonnements ionisants (cassures), agents chimiques (adduits, agents alkylants, analogues de bases).
- Une lésion ne devient mutation que si elle n'est pas réparée, ou mal réparée, avant la réplication.
- Les systèmes de réparation (relecture, mésappariements, excision, cassures) utilisent la complémentarité des bases ; leur déficit, comme dans le xeroderma pigmentosum, augmente la fréquence des mutations.
- Une mutation somatique forme un clone de cellules mutantes dans l'individu (mosaïque) et n'est pas transmise à la descendance ; une accumulation de mutations dans un clone peut conduire à un cancer.
- Une mutation germinale peut être transmise par un gamète et se retrouve alors dans toutes les cellules du descendant.



- Les allèles sont les versions d'un même gène ; ils sont issus de mutations germinales accumulées au fil des générations.
- Un gène est polymorphe s'il possède au moins deux allèles dont le plus fréquent est à moins de 99 % dans la population.
- La plupart des mutations sont neutres ; l'effet d'une mutation dépend du génotype et de l'environnement (exemple de l'allèle S et du paludisme).

Formules et définitions à connaître

Notion	Formule ou définition	Condition
Fréquence d'un allèle a	nombre d'allèles a / (2 × nombre d'individus)	gène autosomique, diploïde
Fréquence de mutants	mutants / survivants	expérience avec un agent mutagène
Survie	colonies obtenues / cellules étalées	
Gène polymorphe	allèle le plus fréquent < 99 %	à l'échelle d'une population
Mutations attendues	taux par nucléotide × nombre de nucléotides	taux moyen

- **Agent mutagène** : facteur physique ou chimique qui augmente la fréquence des mutations.
- **Clone cellulaire** : ensemble de cellules issues d'une même cellule par mitoses.
- **Homozygote / hétérozygote** : deux allèles identiques / deux allèles différents d'un même gène.

Pièges à éviter

- Croire qu'une substitution change toujours la protéine : elle peut être silencieuse.
- Oublier de vérifier si une insertion ou une délétion est un multiple de 3.
- Confondre lésion de l'ADN et mutation.



- Dire qu'un agent mutagène ou un antibiotique « crée » la mutation utile : il augmente la fréquence ou sélectionne des mutants préexistants.
- Comparer des nombres bruts de mutants au lieu de fréquences rapportées aux survivants.
- Croire qu'une mutation somatique peut être transmise aux enfants.

Je me teste

1. GAG → GAA : quel type de mutation ? → Substitution silencieuse (glutamate conservé).
2. UGG → UAG ? → Mutation non-sens (codon stop).
3. Quel effet a la délétion d'un nucléotide dans une séquence codante ? → Un décalage du cadre de lecture.
4. Quelle lésion provoquent les UV ? → Des dimères de thymine.
5. Quel système répare les dimères de thymine ? → La réparation par excision.
6. Une mutation dans une cellule du foie est-elle transmise aux enfants ? → Non, elle est somatique.
7. Que forme une cellule mutée qui se divise ? → Un clone de cellules mutantes.
8. 300 allèles a sur 400 individus : fréquence de a ? → $300/800 = 0,375$.
9. Quand un gène est-il polymorphe ? → Quand son allèle le plus fréquent a une fréquence inférieure à 99 %.
10. Quelle est la source primaire de la diversité des allèles ? → Les mutations germinales.



Fiche : Expression du patrimoine génétique

FICHE • S04 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Chez les eucaryotes, l'ADN reste dans le noyau et les protéines sont fabriquées dans le cytoplasme : l'ARN messager transporte l'information entre les deux.
- L'ARN diffère de l'ADN par son sucre (ribose), sa base uracile à la place de la thymine, son unique brin, sa petite taille et sa durée de vie brève.
- La transcription est réalisée par l'ARN polymérase, qui se fixe au promoteur et synthétise l'ARN de 5' vers 3' par complémentarité avec le brin transcrit.
- L'ARNm a la séquence du brin non transcrit, avec U à la place de T.
- Un gène est transcrit simultanément par de nombreuses ARN polymérases, ce qui amplifie son expression.
- Chez les eucaryotes, l'ARN pré-messager est mûré : l'épissage élimine les introns et raboute les exons.
- L'épissage alternatif permet à un même gène de produire plusieurs ARNm, donc plusieurs protéines, selon le type cellulaire.
- Le code génétique associe à chacun des 64 codons un acide aminé (61 codons) ou un signal d'arrêt (UAA, UAG, UGA) ; AUG code la méthionine et sert de codon d'initiation.
- Le code est redondant, non ambigu, lu par triplets sans chevauchement et quasi universel.
- La traduction se fait sur les ribosomes du cytoplasme, en trois étapes : initiation au codon AUG, élongation codon par codon, terminaison au codon stop.
- L'ARN de transfert porte un acide aminé et un anticodon complémentaire du codon : il fait la correspondance entre codon et acide aminé.
- Plusieurs ribosomes lisent un même ARNm (polysome), ce qui amplifie encore la production de protéines.
- La séquence des acides aminés détermine le repliement tridimensionnel de la protéine, donc sa fonction.



- Le phénotype se décrit à l'échelle moléculaire, cellulaire et de l'organisme ; il dépend du génotype et de l'environnement.
- Toutes les cellules d'un individu ont le même génome mais n'expriment pas les mêmes gènes.

Formules et définitions à connaître

Notion	Relation ou définition	Remarque
ARNm à partir du brin transcrit	complémentaire, antiparallèle, U au lieu de T	lu de 5' vers 3'
ARNm à partir du brin non transcrit	même séquence, U au lieu de T	
Nombre de codons	$4^3 = 64$	61 sens, 3 stop
Longueur de la séquence codante	$3 \times (\text{nombre d'acides aminés} + 1)$	le + 1 compte le codon stop
Longueur de la portion transcrite	exons + introns	chez les eucaryotes

- **Codon** : triplet de nucléotides de l'ARNm qui code un acide aminé ou un arrêt.
- **Anticodon** : triplet de l'ARNt complémentaire et antiparallèle d'un codon.
- **Exon / intron** : séquence conservée dans l'ARNm mature / séquence transcrite puis éliminée par épissage.
- **Génotype / phénotype** : ensemble des allèles / ensemble des caractères observables.

Pièges à éviter

- Confondre brin transcrit et brin non transcrit.
- Commencer la lecture ailleurs qu'au premier AUG, ou chevaucher les codons.
- Traduire un codon stop en acide aminé ou le compter dans la longueur de la protéine.



- Confondre codon et anticodon.
- Croire qu'on peut retrouver le gène exact à partir de la protéine : le code est redondant et les introns ne sont pas traduits.
- Dire que des cellules qui produisent des protéines différentes ont des génomes différents.

Je me teste

1. Quelle base remplace la thymine dans l'ARN ? → L'uracile.
2. Quelle enzyme réalise la transcription ? → L'ARN polymérase.
3. Brin non transcrit 5' ATGCCA 3' : quel ARNm ? → 5' AUGCCA 3'.
4. Qu'élimine l'épissage ? → Les introns.
5. Combien de protéines peut donner un gène soumis à épissage alternatif ? → Plusieurs.
6. Quels sont les codons stop ? → UAA, UAG et UGA.
7. Que code AUG ? → La méthionine ; c'est le codon d'initiation.
8. Anticodon qui reconnaît le codon 5' UGG 3' ? → 3' ACC 5'.
9. Combien de nucléotides codants pour une protéine de 100 acides aminés (méthionine comprise) ? → 303, codon stop inclus.
10. Pourquoi le chat siamois a-t-il les extrémités foncées ? → Sa tyrosinase n'est active qu'à basse température : le phénotype dépend aussi de l'environnement.

Fiche : Enzymes et métabolisme

FICHE • S05 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	2

L'essentiel

- Une enzyme est un catalyseur biologique, presque toujours une protéine, qui accélère une réaction sans être consommée ni modifier son bilan.
- Une enzyme agit en très faible quantité car elle est retrouvée intacte et recyclée après chaque cycle catalytique.
- La séquence d'acides aminés de l'enzyme, codée par un gène, détermine son repliement et donc sa structure tridimensionnelle.
- Le site actif est une petite poche formée d'acides aminés parfois éloignés dans la séquence, rapprochés par le repliement.
- Le site actif comprend un site de fixation, complémentaire du substrat, et un site catalytique, qui transforme le substrat.
- La catalyse passe par un complexe enzyme-substrat transitoire : $E + S \rightleftharpoons E-S \rightarrow E + P$.
- La spécificité de substrat (quel substrat) dépend du site de fixation ; la spécificité d'action (quelle réaction) dépend du site catalytique.
- La vitesse initiale V_0 se mesure sur la partie rectiligne du début de la courbe $[P] = f(t)$.
- Quand la concentration en substrat augmente, V_0 augmente puis atteint un plateau, $V_{\max}$, car tous les sites actifs sont occupés : l'enzyme est saturée.
- Le froid ralentit l'activité de façon réversible ; une température trop élevée dénature l'enzyme de façon irréversible.
- Chaque enzyme a un pH optimal adapté à son lieu d'action ; des pH extrêmes la dénaturent.
- Le métabolisme est l'ensemble des réactions d'une cellule, organisées en voies métaboliques où chaque étape est catalysée par une enzyme spécifique.
- Les voies sont compartimentées : photosynthèse dans le chloroplaste (cellules autotrophes), respiration surtout dans la mitochondrie (toutes les cellules).
- Une enzyme déficiente bloque une voie : le métabolite situé avant s'accumule, le produit situé après manque.
- Un allèle muté peut coder une enzyme inactive et modifier le phénotype aux échelles moléculaire, cellulaire et macroscopique (phénylcétonurie, albinisme).



Formules et définitions à connaître

Notion	Expression ou définition	Unité ou remarque
Vitesse initiale	$V_0 = \Delta[P] / \Delta t$ sur la partie initiale rectiligne	$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ou $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$
Vitesse maximale	V_{max} : plateau de $V_0 = f([S])$	proportionnelle à la quantité d'enzyme
Complexe enzyme-substrat	$E + S \rightleftharpoons E-S \rightarrow E + P$	transitoire
Photosynthèse	$6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$	lumière, chloroplaste
Respiration	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	mitochondrie, production d'ATP
Anabolisme	synthèse de molécules complexes	consomme de l'énergie
Catabolisme	dégradation de molécules complexes	libère de l'énergie

Pièges à éviter

- Calculer V_0 entre le premier et le dernier point au lieu de la partie rectiligne initiale.
- Confondre le plateau de $[P] = f(t)$ (substrat épuisé) avec le plateau de $V_0 = f([S])$ (enzyme saturée).
- Écrire que le froid dénature l'enzyme : il l'inactive de façon réversible.
- Oublier le témoin sans enzyme avant de conclure à une catalyse.
- Croire que toutes les enzymes ont un optimum à 37 °C et pH 7.
- Confondre spécificité de substrat et spécificité d'action.

Je me teste

1. Une enzyme est-elle consommée par la réaction ? → Non, elle est retrouvée intacte et réutilisée.
2. Que contient le site actif ? → Un site de fixation et un site catalytique.
3. Pourquoi des acides aminés éloignés dans la séquence forment-ils le site actif ? → Le repliement de la protéine les rapproche.
4. Quelle spécificité dépend du site catalytique ? → La spécificité d'action.
5. Où mesure-t-on V_0 ? → Sur la partie rectiligne initiale de la courbe $[P] = f(t)$.
6. Pourquoi V_0 plafonne-t-elle à forte concentration en substrat ? → Tous les sites actifs sont occupés, l'enzyme est saturée.
7. Effet d'un passage à 0 °C puis à 37 °C ? → Activité retrouvée : inactivation réversible.
8. pH optimal de la pepsine ? → Environ 2, celui de l'estomac.
9. Où se déroule la photosynthèse ? → Dans les chloroplastes des cellules autotrophes.
10. Quelle enzyme est déficiente dans la phénylcétonurie ? → La phénylalanine hydroxylase, la phénylalanine s'accumule.

Fiche : L'immunité innée

FICHE • S06 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Le système immunitaire défend l'organisme contre le non-soi dangereux (pathogènes, cellules anormales) tout en tolérant le soi.
- L'immunité innée est présente dès la naissance chez tous les animaux ; elle est immédiate, peu spécifique et sans mémoire au sens strict.
- Les barrières naturelles sont physiques (peau, mucus, cils), chimiques (lysozyme, acidité, peptides antimicrobiens) et biologiques (microbiote).
- Les cellules sentinelles (macrophages, cellules dendritiques, mastocytes) résident dans les tissus près des portes d'entrée.
- Leurs récepteurs PRR, codés par des gènes hérités et peu nombreux, reconnaissent des motifs moléculaires communs à de nombreux pathogènes (LPS, flagelline, ARN double brin).
- La fixation d'un motif sur un PRR active la cellule sentinelle, qui libère des médiateurs chimiques.
- Les médiateurs (histamine, prostaglandines, cytokines) provoquent vasodilatation, augmentation de la perméabilité capillaire et recrutement des leucocytes.
- Les leucocytes adhèrent à la paroi des vaisseaux puis la traversent par diapédèse, attirés vers le foyer par chimiotactisme ; les neutrophiles arrivent en premier, puis les monocytes devenus macrophages.
- Les symptômes de la réaction inflammatoire aiguë sont la rougeur, la chaleur, le gonflement et la douleur, conséquences des mécanismes de défense.
- Certaines cytokines agissent à distance : fièvre et augmentation de la production de neutrophiles par la moelle osseuse.
- La phagocytose comporte quatre étapes : adhésion, ingestion (phagosome), digestion (phagolysosome), rejet des débris.
- La réaction inflammatoire aiguë est limitée dans le temps et se termine par une résolution et une réparation du tissu.
- Les AINS inhibent la cyclooxygénase, donc la synthèse des prostaglandines ; les corticoïdes réduisent plus largement la production de médiateurs.
- Les anti-inflammatoires traitent les symptômes, pas la cause, et ont des effets indésirables.



- Les cellules dendritiques migrent vers les ganglions lymphatiques et présentent l'antigène aux lymphocytes T : l'immunité innée déclenche l'immunité adaptative.

Formules et définitions à connaître

Terme	Définition
PRR	récepteur de reconnaissance de motifs moléculaires associés aux pathogènes
Cellule sentinelle	macrophage, cellule dendritique ou mastocyte résidant dans les tissus
Médiateur chimique	molécule libérée par une cellule, agissant sur des cellules cibles porteuses de récepteurs
Vasodilatation	augmentation du diamètre des vaisseaux : rougeur, chaleur
Perméabilité capillaire accrue	sortie de plasma dans le tissu : œdème
Diapédèse	traversée de la paroi des capillaires par les leucocytes
Phagocytose	ingestion et digestion d'un élément par un phagocyte
AINS	inhibiteur de la cyclooxygénase, réduit la synthèse des prostaglandines
Valeur absolue d'une population de leucocytes	nombre total × pourcentage

Pièges à éviter

- Dire que l'immunité innée ne reconnaît rien : elle reconnaît des motifs conservés grâce aux PRR.
- Confondre diapédèse et phagocytose.



- Attribuer le gonflement à la vasodilatation : il vient de l'augmentation de la perméabilité.
- Présenter les symptômes comme des dégâts du microbe : ce sont des effets des mécanismes de défense.
- Confondre anti-inflammatoire et antibiotique.
- Comparer des pourcentages de leucocytes sans calculer les valeurs absolues.

Je me teste

1. Cite une barrière biologique. → Le microbiote, qui entre en compétition avec les pathogènes.
2. Que reconnaissent les PRR ? → Des motifs moléculaires communs à de nombreux pathogènes.
3. Quelles cellules libèrent l'histamine ? → Les mastocytes.
4. Cause de la rougeur ? → La vasodilatation.
5. Cause du gonflement ? → L'augmentation de la perméabilité des capillaires.
6. Premiers leucocytes recrutés ? → Les granulocytes neutrophiles.
7. Nom de la vésicule où le micro-organisme est digéré ? → Le phagolysosome.
8. Cible des AINS ? → La cyclooxygénase.
9. Un anti-inflammatoire élimine-t-il le pathogène ? → Non, il atténue seulement les symptômes.
10. Quelle cellule fait le lien avec l'immunité adaptative ? → La cellule dendritique, qui présente l'antigène dans les ganglions.

Fiche : L'immunité adaptative et la vaccination

FICHE • S07 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- L'immunité adaptative, propre aux vertébrés, est très spécifique, se met en place en quelques jours au premier contact et possède une mémoire.
- Chaque lymphocyte porte un récepteur unique (BCR pour les LB, TCR pour les LT) ; la diversité de ces récepteurs est produite au hasard avant tout contact avec l'antigène.
- Les lymphocytes reconnaissant le soi sont en grande partie éliminés pendant leur maturation (moelle osseuse pour les LB, thymus pour les LT).
- Les LB reconnaissent l'antigène natif ; les LT reconnaissent un peptide présenté sur une molécule du CMH.
- Les cellules dendritiques phagocytent l'antigène dans le tissu, migrent vers un ganglion et y présentent les peptides aux LT.
- Toute réponse adaptative suit trois étapes : sélection clonale, amplification clonale, différenciation en cellules effectrices et en cellules mémoire.
- Les LT CD4 deviennent des LT auxiliaires qui sécrètent des interleukines (dont l'interleukine 2), indispensables à l'amplification des LB et des LT CD8.
- Les LB activés se différencient en plasmocytes, qui sécrètent des anticorps de même spécificité que leur BCR.
- Un anticorps est formé de deux chaînes lourdes et deux chaînes légères ; ses parties variables forment deux sites identiques de fixation de l'antigène.
- Les immunocomplexes neutralisent virus et toxines et favorisent la phagocytose par les macrophages.
- Les LT CD8 deviennent des LT cytotoxiques qui détruisent, grâce à la perforine, les cellules infectées présentant le peptide viral sur leur CMH.
- La réponse secondaire est plus rapide, plus ample et plus durable que la réponse primaire, grâce aux cellules mémoire nombreuses et rapidement activables.



- Un vaccin provoque une réponse primaire sans maladie pour produire des cellules mémoire ; adjuvants et rappels renforcent cette réponse.
- L'immunité de groupe protège indirectement les non-immunisés quand la proportion d'immunisés dépasse $1 - 1/R_0$ (modèle simple).
- Le VIH infecte les LT CD4 ; leur diminution progressive conduit au SIDA et aux maladies opportunistes ; les antirétroviraux bloquent la multiplication du virus sans guérir.

Formules et définitions à connaître

Notion	Expression ou définition	Remarque
Amplification clonale	nombre de cellules = 2^n après n divisions	si toutes les cellules se divisent
Contaminations par malade	$R_0 \times (1 - p)$	p : proportion immunisée
Seuil d'immunité de groupe	$p > 1 - 1/R_0$	vaccin efficace à 100 %, population homogène
Couverture vaccinale minimale	$c > (1 - 1/R_0) / \text{efficacité}$	efficacité exprimée en proportion
Antigène	molécule reconnue spécifiquement par un récepteur de lymphocyte ou un anticorps	porte un ou plusieurs épitopes
Immunocomplexe	anticorps fixés sur des antigènes	neutralisation, phagocytose facilitée
Seuil du SIDA	LT CD4 inférieurs à environ 200 par mm^3	valeur habituelle 500 à 1 500 par mm^3

Pièges à éviter

- Croire que l'antigène fabrique ou instruit un lymphocyte : il sélectionne un clone préexistant.
- Confondre antigène et anticorps.
- Dire que les anticorps tuent les pathogènes : ils neutralisent et désignent aux phagocytes.
- Oublier que les anticorps n'atteignent pas les virus intracellulaires, éliminés par les LT cytotoxiques.



- Affirmer que le VIH tue directement : il détruit les LT CD4 et ouvre la voie aux maladies opportunistes.
- Présenter le vaccin comme un traitement d'une maladie déclarée.

Je me teste

1. Où les LT achèvent-ils leur maturation ? → Dans le thymus.
2. Que reconnaît le TCR d'un LT ? → Un peptide associé à une molécule du CMH.
3. Quelles sont les trois étapes d'une réponse adaptative ? → Sélection, amplification et différenciation clonales.
4. Quelle cellule sécrète les anticorps ? → Le plasmocyte, issu d'un LB.
5. Combien de sites de fixation porte un anticorps ? → Deux sites identiques.
6. Quel est le rôle de l'interleukine 2 ? → Stimuler l'amplification des LB et LT CD8 sélectionnés.
7. Comment le LTc détruit-il la cellule infectée ? → Par la perforine et des enzymes qui déclenchent sa mort programmée.
8. Pourquoi la réponse secondaire est-elle plus rapide ? → Les cellules mémoire sont plus nombreuses et plus vite activables.
9. Seuil d'immunité de groupe pour $R_0 = 4$? → $1 - 1/4 = 75 \%$.
10. Quelles cellules le VIH infecte-t-il principalement ? → Les LT CD4.



Fiche : Variation génétique et santé

FICHE • S08 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Le phénotype, observable aux échelles moléculaire, cellulaire et macroscopique, résulte de l'interaction entre le génotype et l'environnement.
- Une mutation germinale est transmissible à la descendance ; une mutation somatique ne touche qu'un clone de cellules et n'est jamais transmise.
- La mucoviscidose est due à des mutations du gène CFTR (chromosome 7), qui code un canal à ions chlorure des cellules épithéliales.
- Sans canal CFTR fonctionnel, les ions Cl^- et l'eau ne sortent plus : le mucus s'épaissit, obstrue bronches et pancréas et favorise les infections.
- La mutation la plus fréquente, F508del, est une délétion de trois nucléotides qui supprime la phénylalanine 508 : la protéine mal repliée n'atteint pas la membrane.
- La mucoviscidose est autosomique récessive : deux parents porteurs sains ont un risque de 1/4 d'avoir un enfant atteint à chaque naissance.
- Les traitements agissent sur les symptômes (kinésithérapie, antibiotiques, enzymes), sur la protéine (modulateurs de CFTR) ou sur le gène (thérapie génique, encore en recherche).
- Une maladie multifactorielle résulte de l'interaction de plusieurs gènes de susceptibilité et de facteurs environnementaux.
- Un facteur de risque augmente la probabilité d'une maladie dans une population, sans déterminer le sort d'un individu.
- L'épidémiologie compare des groupes (risque relatif) et des jumeaux (taux de concordance), mais une corrélation ne prouve pas une causalité.
- Un cancer résulte de l'accumulation de mutations somatiques dans une même lignée cellulaire, qui fait perdre le contrôle de la division.
- Un proto-oncogène muté devient un oncogène (gain de fonction, un allèle suffit) ; un gène suppresseur de tumeurs comme TP53 est inactivé (perte de fonction, deux allèles).



- Les agents mutagènes (UV, rayonnements ionisants, tabac, amiante, certains virus) augmentent le risque de cancer ; la prévention réduit l'exposition, vaccine et dépiste.
- Hériter d'un allèle muté d'un gène suppresseur (BRCA1, RB1) donne une prédisposition, pas un cancer.
- La résistance aux antibiotiques vient de mutations aléatoires préexistantes ou de transferts de gènes (plasmides) ; l'antibiotique sélectionne les résistantes.
- Le microbiote intestinal (de l'ordre de 10^{13} bactéries) vit en mutualisme avec l'hôte : digestion des fibres, vitamines, effet barrière, maturation immunitaire.

Formules et définitions à connaître

Notion	Formule ou définition
Risque d'enfant atteint (deux hétérozygotes)	1/4 à chaque naissance
Probabilité qu'un enfant non atteint de deux hétérozygotes soit porteur	2/3
Événements indépendants	$P(A \text{ et } B) = P(A) \times P(B)$
Risque relatif	$RR = \text{fréquence chez les exposés} / \text{fréquence chez les non-exposés}$
Taux de concordance	paires où les deux jumeaux sont atteints / paires où au moins un est atteint
Croissance bactérienne	$N = N_0 \times 2^n$, n = nombre de générations
Antibiogramme	grand diamètre d'inhibition : sensible ; pas de zone : résistant
Dysbiose	déséquilibre de la composition du microbiote

Pièges à éviter

- Donner 1/2 au lieu de 2/3 pour la probabilité qu'un frère ou une sœur non atteint soit porteur.
- Confondre mutation germinale (transmise) et mutation somatique (non transmise).
- Inverser oncogène (gain de fonction, dominant) et gène suppresseur de tumeurs (perte de fonction, récessif).
- Écrire que l'antibiotique provoque la résistance : il la sélectionne.
- Croire qu'un antibiotique agit sur un virus.
- Conclure à une causalité à partir d'une simple corrélation statistique.



Je me teste

1. Sur quel chromosome se trouve le gène CFTR ? → Le chromosome 7.
2. Quelle est la fonction de la protéine CFTR ? → C'est un canal à ions chlorure de la membrane des cellules épithéliales.
3. Mode de transmission de la mucoviscidose ? → Autosomique récessif.
4. Risque d'enfant atteint pour deux porteurs sains ? → 1/4 à chaque naissance.
5. Que montre une concordance plus forte chez les jumeaux monozygotes ? → L'existence d'une composante génétique.
6. Qu'est-ce qu'un oncogène ? → La forme mutée trop active d'un proto-oncogène qui stimule la division.
7. Pourquoi les cancers sont-ils plus fréquents avec l'âge ? → Parce que les mutations somatiques s'accumulent au fil des divisions.
8. Rôle de l'antibiotique dans l'apparition des résistances ? → Il sélectionne des bactéries résistantes préexistantes.
9. Comment une bactérie acquiert-elle un gène de résistance d'une autre bactérie ? → Par transfert horizontal, par exemple d'un plasmide par conjugaison.
10. Citer deux fonctions du microbiote intestinal. → La digestion des fibres et l'effet barrière contre les pathogènes.



Fiche : La Terre : structure du globe et dynamique de la lithosphère

FICHE • S09 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Les ondes P (compression, les plus rapides) traversent solides et liquides ; les ondes S (cisaillement, plus lentes) ne traversent pas les liquides.
- Le Moho sépare la croûte du manteau : environ 30 km sous les continents (60 à 70 km sous les chaînes), environ 7 km sous le plancher océanique.
- La discontinuité de Gutenberg, vers 2 900 km, limite le manteau et le noyau ; elle crée une zone d'ombre des ondes P entre 105° et 142°.
- L'absence d'ondes S au-delà de 105° montre que le noyau externe est liquide ; Lehmann a mis en évidence une graine solide vers 5 150 km.
- La croûte continentale est granitique (densité 2,7), la croûte océanique basaltique et gabbroïque (2,9), le manteau péridotitique (3,3 en surface), le noyau fait de fer et de nickel.
- La lithosphère, rigide, comprend la croûte et le manteau lithosphérique ; sa base correspond à l'isotherme 1 300 °C environ ; l'asthénosphère est solide mais ductile.
- Le flux géothermique moyen vaut environ $0,09 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$; il provient de la radioactivité (U, Th, K) et de la chaleur initiale de la Terre.
- La chaleur traverse la lithosphère par conduction et le manteau par convection, mode beaucoup plus efficace.
- Le flux est élevé aux dorsales et aux arcs volcaniques, faible aux fosses et sur les vieux continents.
- Aux dorsales, la péridotite qui remonte subit une fusion partielle par décompression ; le magma donne des gabbros en profondeur et des basaltes en surface.
- En vieillissant, la lithosphère océanique se refroidit, s'épaissit, devient plus dense et s'enfonce, jusqu'à pouvoir plonger en subduction.
- Les anomalies magnétiques symétriques de part et d'autre des dorsales prouvent l'expansion océanique et permettent de calculer sa vitesse.



- En subduction, la plaque plongeante se déshydrate ; l'eau libérée fait fondre partiellement la péridotite du coin de manteau, ce qui alimente un volcanisme explosif.
- Le plan de Wadati-Benioff, incliné, dessine la plaque plongeante par ses foyers sismiques, jusqu'à 700 km.
- Wegener (1912) a proposé la dérive des continents sans mécanisme acceptable ; la tectonique des plaques (1967-1968) s'appuie sur l'expansion océanique et la subduction.
- L'isostasie est l'équilibre de la lithosphère sur l'asthénosphère : à la surface de compensation, toutes les colonnes ont la même masse.

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Formule	Unité	Condition
Vitesse d'une onde	$v = d / t$	$\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	milieu homogène
Distance au foyer	$d = \Delta t / (1/v_S \text{ moins } 1/v_P)$	km	vitesse constantes
Gradient géothermique	$\Delta T / \Delta z$	°C par km	environ 30 °C par km dans la croûte
Demi-vitesse d'expansion	distance à l'axe / âge	cm par an	une seule moitié de la dorsale
Vitesse d'un point chaud	distance entre volcans / différence d'âge	cm par an	point chaud supposé fixe
Racine d'Airy	$r = h \times \rho_c / (\rho_m \text{ moins } \rho_c)$, soit environ 4,5 h	km	densité de la croûte uniforme
Pratt	$\rho \times (H + h) = \rho_0 \times H$	sans unité	bases des blocs à la même profondeur

Pièges à éviter

- Dire que le manteau est liquide : il est solide, ductile dans l'asthénosphère ; seul le noyau externe est liquide.
- Confondre la limite croûte-manteau (chimique, le Moho) et la limite lithosphère-asthénosphère (thermique et mécanique).
- Attribuer la fusion des dorsales à un apport d'eau ou celle des subductions à une décompression : c'est l'inverse.
- Oublier de convertir km et millions d'années en cm et en années pour une vitesse en cm par an.

- Confondre demi-vitesse et vitesse totale d'expansion.
- Croire que ce sont les continents seuls qui bougent : ce sont des plaques lithosphériques entières.

Je me teste

1. Quelles ondes ne traversent pas les liquides ? → Les ondes S.
2. À quelle profondeur est la limite manteau-noyau ? → Vers 2 900 km.
3. Quelle observation prouve que le noyau externe est liquide ? → L'absence d'ondes S directes au-delà de 105° de l'épicentre.
4. Quelle roche compose le manteau ? → La péridotite.
5. Quelle isotherme marque la base de la lithosphère ? → L'isotherme 1 300 °C environ.
6. Deux origines du flux géothermique ? → La désintégration radioactive et la chaleur initiale de la Terre.
7. Cause de la fusion partielle sous une dorsale ? → La décompression de la péridotite qui remonte.
8. Cause de la fusion partielle en subduction ? → L'eau libérée par la plaque plongeante, qui abaisse la température de fusion du manteau.
9. Que prouvent les anomalies magnétiques symétriques ? → L'expansion des fonds océaniques à partir de l'axe des dorsales.
10. Racine d'une chaîne de 2 km d'altitude dans le modèle d'Airy ($\rho_c = 2,7$, $\rho_m = 3,3$) ? → Environ 9 km.



Fiche : Écosystèmes et services environnementaux

FICHE • S10 • PREMIÈRE

Spécialité de première, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Un écosystème est formé d'une biocénose (les êtres vivants), d'un biotope (le milieu) et des interactions qui les relient ; c'est un système ouvert.
- Les facteurs abiotiques (lumière, eau, température, sels minéraux) limitent les populations ; le plus éloigné de l'optimum est le facteur limitant.
- Les interactions interspécifiques se classent selon l'effet sur chaque espèce : compétition (moins, moins), prédation et parasitisme (+, moins), mutualisme (+, +), commensalisme (+, 0).
- La symbiose est un mutualisme durable et étroit : lichens, mycorhizes, nodosités des Fabacées à Rhizobium.
- Selon le principe d'exclusion compétitive, deux espèces de même niche écologique ne coexistent pas durablement quand la ressource est limitée.
- Les producteurs autotrophes fabriquent la matière organique par photosynthèse ; les consommateurs la mangent ; les décomposeurs la minéralisent.
- Dans un réseau trophique, les flèches vont du mangé vers le mangeur ; un réseau diversifié est plus stable qu'une chaîne isolée.
- Le rendement écologique entre deux niveaux est de l'ordre de 10 %, car l'essentiel de l'énergie est perdu par respiration (chaleur) et dans la matière non consommée ou non assimilée.
- L'énergie traverse l'écosystème et se dissipe en chaleur, alors que la matière y circule en cycles.
- Le cycle du carbone repose sur la photosynthèse, la respiration, la décomposition et des stockages à long terme (sols, tourbes, roches, combustibles fossiles).
- Le cycle de l'azote repose sur des bactéries : fixation de N_2 , ammonification, nitrification, dénitrification.
- Un écosystème est en équilibre dynamique : ses populations fluctuent, avec des oscillations décalées proie-prédateur.
- La résilience est la capacité à retrouver un fonctionnement comparable après une perturbation ; une succession écologique reconstruit progressivement la végétation.



- Les services écosystémiques sont d'approvisionnement, de régulation, culturels ou de soutien.
- La pollinisation animale contribue à environ un tiers de la production agricole mondiale en volume.
- La gestion durable (agroécologie, quotas, aires protégées, corridors écologiques, ingénierie écologique) préserve la capacité des écosystèmes à fournir des services.

Formules et définitions à connaître

Notion	Définition ou formule
Rendement écologique	production du niveau $n + 1$ / production du niveau n (souvent environ 10 %)
Production	matière organique ou énergie produite par unité de surface et de temps ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$)
Photosynthèse	$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
Fixation de l'azote	N_2 atmosphérique transformé en azote utilisable par des bactéries
Nitrification	ammonium $\rightarrow$ nitrites $\rightarrow$ nitrates, par des bactéries du sol aéré
Dénitrification	nitrates $\rightarrow \text{N}_2$, par des bactéries en milieu pauvre en dioxygène
Bioamplification	concentration croissante d'une substance peu dégradable le long d'une chaîne
Prélèvement durable	prélèvement inférieur ou égal à l'accroissement naturel de la population

Pièges à éviter

- Orienter les flèches du mangeur vers le mangé.
- Dire que l'énergie est recyclée : seule la matière l'est.
- Confondre fixation, nitrification et dénitrification dans le cycle de l'azote.
- Nommer une interaction sans avoir déterminé l'effet sur chacune des deux espèces.

- Conclure d'une expérience sans la comparer à son témoin.
- Croire qu'un équilibre dynamique signifie des effectifs constants.

Je me teste

1. Biocénose + biotope = ? → Un écosystème.
2. Effets d'un parasitisme sur les deux espèces ? → Bénéfique pour le parasite, néfaste pour l'hôte.
3. Qu'échangent la plante et le champignon dans une mycorhize ? → Eau et ions (phosphates) contre glucides.
4. Rendement si les herbivores produisent 300 et les végétaux $3\,000\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$? → 10 %.
5. Pourquoi les chaînes alimentaires sont-elles courtes ? → Parce qu'environ 90 % de l'énergie est perdue à chaque niveau.
6. Quelles bactéries rendent le diazote utilisable par le pois ? → Les Rhizobium des nodosités.
7. Quelle étape rend l'azote à l'atmosphère ? → La dénitrification.
8. Qu'est-ce que la résilience ? → La capacité d'un écosystème à retrouver son fonctionnement après une perturbation.
9. Catégorie de l'épuration de l'eau par une zone humide ? → Service de régulation.
10. Quelle règle fonde un quota de pêche durable ? → Prélever moins que l'accroissement naturel de la population.



Fiche : Méiose, fécondation et brassages génétiques

FICHE • S11 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Une cellule diploïde ($2n$) possède des paires de chromosomes homologues ; une cellule haploïde (n) n'en possède qu'un exemplaire de chaque ; chez l'espèce humaine, $2n = 46$ et $n = 23$.
- Dans un cycle de vie diplophasique, la méiose produit des gamètes haploïdes et la fécondation rétablit la diploïdie : leur alternance maintient le caryotype de l'espèce.
- La méiose suit une réplication de l'ADN et comporte deux divisions successives sans réplication entre elles ; elle produit quatre cellules haploïdes à chromosomes à une chromatide.
- La première division est réductionnelle : les homologues, appariés en bivalents en prophase I, se séparent en anaphase I.
- La deuxième division est équationnelle : les chromatides sœurs se séparent en anaphase II.
- La quantité d'ADN passe de Q ($G1$) à $2Q$ (après la phase S), puis Q à la fin de la méiose I et $Q/2$ dans chaque gamète.
- Le brassage interchromosomique résulte de la répartition aléatoire et indépendante des homologues de chaque paire en anaphase I ; il permet 2^n combinaisons de gamètes, soit environ 8,4 millions chez l'espèce humaine.
- Le brassage intrachromosomique résulte des crossing-over entre chromatides non sœurs en prophase I ; il crée de nouvelles combinaisons d'allèles sur un même chromosome.
- Un crossing-over entre deux loci n'affecte que deux chromatides sur quatre ; la fréquence de recombinaison est donc toujours inférieure ou égale à 50 % et augmente avec la distance entre les loci.
- La fécondation réunit au hasard deux gamètes tous différents ; elle amplifie la diversité et rend chaque individu génétiquement unique, sauf les vrais jumeaux.
- Dans un croisement test, l'individu testé est croisé avec un homozygote récessif : les phénotypes des descendants et leurs proportions traduisent directement les gamètes de l'individu testé.
- Deux gènes indépendants donnent, en croisement test d'un double hétérozygote, quatre phénotypes à 25 % chacun.



- Deux gènes liés donnent deux phénotypes parentaux majoritaires et deux phénotypes recombinés minoritaires, issus de crossing-over.
- Une non-disjonction en anaphase I donne deux gamètes $n + 1$ et deux gamètes $n - 1$; en anaphase II, elle donne un gamète $n + 1$, un gamète $n - 1$ et deux gamètes normaux.
- La trisomie 21 (47 chromosomes) résulte le plus souvent d'une non-disjonction au cours de la méiose maternelle, plus fréquente quand l'âge maternel augmente.
- Un crossing-over inégal produit une duplication sur une chromatide et une délétion sur l'autre ; les duplications sont à l'origine des familles multigéniques.

Formules et définitions à connaître

Notion	Formule ou définition	Condition ou remarque
Combinaisons de gamètes	2^n	n paires, sans crossing-over
Combinaisons de cellules-œufs	$2^n \times 2^n$	fécondation au hasard, sans crossing-over
Fréquence de recombinaison	recombinés / total	croisement test ; au plus 50 %
Distance génétique	1 % de recombinaison = 1 cM	loci assez proches
Croisement test	individu testé × homozygote récessif	phénotypes = gamètes de l'individu testé
Gènes indépendants	4 classes à 25 %	deux paires de chromosomes différentes
F2 de deux gènes indépendants	9/16, 3/16, 3/16, 1/16	dominance complète
Notation des génotypes	(A//a ; B//b) indépendants, (A B // a b) liés	phénotype entre crochets [A B]

Pièges à éviter

- En anaphase I se séparent les chromosomes homologues, pas les chromatides sœurs.
- Une cellule issue de la méiose I est déjà haploïde, même si ses chromosomes ont encore deux chromatides.
- Des recombinés existent aussi pour des gènes indépendants (50 %), par brassage interchromosomique.
- Pour la fréquence de recombinaison, additionne les deux classes recombinées et divise par l'effectif total.
- Le mâle de drosophile ne fait pas de crossing-over : un mâle F1 en croisement test ne donne que les deux phénotypes parentaux.



- Pour situer une non-disjonction, deux homologues différents dans un gamète signent l'anaphase I, deux chromatides identiques l'anaphase II.

Je me teste

1. Combien de chromosomes et de chromatides par chromosome dans une cellule humaine en fin de télophase I ? → 23 chromosomes à deux chromatides.
2. À quelle phase a lieu le brassage intrachromosomique ? → En prophase I, par crossing-over.
3. À quelle phase a lieu le brassage interchromosomique ? → En anaphase I.
4. Combien de combinaisons de gamètes pour $2n = 8$, sans crossing-over ? → $2^4 = 16$.
5. Que révèle un croisement test ? → Les types de gamètes produits par l'individu testé et leurs proportions.
6. Croisement test d'un double hétérozygote : 4 classes à 25 %. Conclusion ? → Les deux gènes sont indépendants.
7. 390 recombinés sur 2 300 descendants : fréquence de recombinaison ? → Environ 17 %.
8. Quels gamètes donne une non-disjonction en anaphase I ? → Deux gamètes $n + 1$ et deux gamètes $n - 1$.
9. Quelle anomalie correspond au caryotype 45, X ? → Le syndrome de Turner, une monosomie.
10. Quelle est la quantité d'ADN d'un gamète si une cellule en G1 en contient Q ? → $Q/2$.



Fiche : Complexification des génomes et mécanismes de l'évolution

FICHE • S12 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Un transfert horizontal est le passage de matériel génétique d'un organisme à un autre sans reproduction ; le transfert vertical va des parents aux descendants.
- Les bactéries échangent des gènes par transformation (ADN libre), conjugaison (plasmide transmis par contact) et transduction (fragment d'ADN transporté par un bactériophage).
- Les transferts horizontaux expliquent la diffusion rapide des gènes de résistance aux antibiotiques, souvent portés par des plasmides.
- Chez les eucaryotes, des rétrovirus intégrés dans les cellules germinales ont laissé des séquences héréditaires ; les syncytines, issues de gènes viraux, servent à la formation du placenta.
- Les mitochondries dérivent d'une bactérie proche des alpha-protéobactéries et les chloroplastes d'une cyanobactérie, intégrées par endosymbiose.
- Double membrane, ADN circulaire, ribosomes de type bactérien, division par scission et parenté des séquences soutiennent l'origine endosymbiotique de ces organites.
- Une duplication de gène, par exemple par crossing-over inégal, suivie de mutations indépendantes, peut aboutir à une nouvelle fonction ou à un pseudogène.
- Une famille multigénique regroupe des gènes homologues d'une même espèce issus d'un même gène ancestral ; plus deux gènes se ressemblent, plus leur duplication est récente.
- L'évolution d'une population se traduit par la modification de ses fréquences alléliques au fil des générations.
- Dans le modèle de Hardy-Weinberg (grande population, panmixie, ni mutation, ni migration, ni sélection), les fréquences alléliques restent constantes et les fréquences génotypiques valent p^2 , $2pq$ et q^2 .
- Un écart au modèle signale l'action d'une force évolutive : sélection, dérive, migration, mutation ou accouplements non aléatoires.



- La dérive génétique est une variation aléatoire des fréquences alléliques, d'autant plus forte que la population est petite ; elle mène à la fixation ou à la perte d'allèles.
- L'effet fondateur et le goulot d'étranglement amplifient la dérive.
- La sélection naturelle augmente la fréquence des allèles qui confèrent un meilleur succès reproducteur dans un milieu donné ; le milieu trie des variations apparues au hasard.
- Une espèce est un ensemble de populations interfécondes, à descendance viable et fertile, isolées sur le plan reproductif des autres.
- La spéciation résulte de l'arrêt des échanges de gènes entre populations, puis de leur divergence jusqu'à un isolement reproducteur.

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Formule	Condition
Fréquence de l'allèle A	$p = (2 N(AA) + N(Aa)) / 2N$	N individus diploïdes
Relation entre fréquences	$p + q = 1$	gène à deux allèles
Fréquences génotypiques attendues	$p^2, 2pq, q^2$	équilibre de Hardy-Weinberg
Fréquence d'un allèle récessif	$q = \sqrt{f(aa)}$	équilibre supposé
Fréquence des porteurs	$2pq$	équilibre supposé
Gène lié à l'X	hommes atteints : q ; femmes atteintes : q^2	équilibre supposé
Probabilité de fixation d'un allèle neutre	égale à sa fréquence initiale	dérive seule
Homologie de séquences	plus de 20 % d'identité	séquences protéiques

Pièges à éviter

- Compter les allèles (2N), pas les individus, pour calculer une fréquence allélique.
- N'utiliser $q = \sqrt{f(aa)}$ que si l'équilibre de Hardy-Weinberg est plausible.
- Le milieu ne provoque pas les mutations utiles : il sélectionne des variations préexistantes.
- La dérive n'est pas orientée et dépend de la taille de la population ; la sélection dépend du phénotype et du milieu.



- Dans une matrice de similitude, le plus fort pourcentage d'identité désigne la duplication la plus récente.
- Des caractères bactériens des mitochondries ne suffisent pas seuls : il faut aussi la parenté des séquences.

Je me teste

1. Quel mécanisme de transfert nécessite un contact entre bactéries ? → La conjugaison.
2. De quel type de bactérie dérivent les chloroplastes ? → D'une cyanobactérie.
3. Comment appelle-t-on une copie de gène devenue non fonctionnelle ? → Un pseudogène.
4. 180 AA, 240 Aa, 80 aa : fréquence de A ? → $p = 600/1\ 000 = 0,6$.
5. Fréquence des hétérozygotes à l'équilibre si $p = 0,6$? → $2pq = 0,48$.
6. Une maladie récessive touche 1 personne sur 3 600 : fréquence des porteurs ? → Environ 1 sur 30.
7. Dans quelles populations la dérive est-elle la plus forte ? → Dans les petites populations.
8. Probabilité de fixation d'un allèle neutre de fréquence 0,05 ? → 0,05.
9. Quelles sont les trois conditions de la sélection naturelle ? → Variabilité, hérédité de cette variabilité, avantage reproductif.
10. Le mulet est stérile : que montre-t-il ? → Que le cheval et l'âne sont deux espèces isolées sur le plan reproductif.



Fiche : Évolution, parentés et lignée humaine

FICHE • S13 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Deux espèces sont d'autant plus apparentées qu'elles partagent un ancêtre commun plus récent ; aucune espèce actuelle n'est l'ancêtre d'une autre.
- Des structures homologues ont la même position, les mêmes connexions et le même développement, hérités d'un ancêtre commun ; des structures analogues ont la même fonction par convergence et ne renseignent pas sur la parenté.
- Seuls les états dérivés partagés témoignent d'une parenté ; l'état ancestral est identifié grâce à un groupe externe.
- Un groupe monophylétique réunit un ancêtre commun et tous ses descendants ; les « poissons » et les « reptiles » traditionnels ne sont pas monophylétiques.
- Sur un arbre, chaque nœud est un ancêtre commun hypothétique et les innovations sont placées sur les branches ; l'ordre des feuilles de gauche à droite n'a pas de sens.
- Le principe de parcimonie retient l'arbre qui demande le moins de changements d'état.
- Dans un arbre moléculaire, on regroupe d'abord les espèces les moins différentes ; l'horloge moléculaire suppose des différences proportionnelles au temps de divergence et donne un ordre de grandeur.
- L'espèce humaine est un mammifère, un primate (pouce opposable, ongles plats, vision stéréoscopique) et un hominoïde (absence de queue).
- Le chimpanzé et le bonobo sont les plus proches parents actuels de l'espèce humaine ; leur ancêtre commun aurait vécu en Afrique il y a environ 7 millions d'années.
- Le chromosome 2 humain résulte de la fusion de deux chromosomes ancestraux : 46 chromosomes chez l'espèce humaine, 48 chez les chimpanzés.
- Les hominins se reconnaissent à la bipédie (trou occipital avancé, bassin court et large, fémur oblique, gros orteil aligné) et à une arcade dentaire parabolique avec des canines réduites.
- Les australopithèques, comme Lucy (environ 3,2 millions d'années), étaient bipèdes mais encore en partie arboricoles, avec un cerveau d'environ 400 cm³.



- Le genre Homo apparaît en Afrique il y a environ 2,8 à 2,4 millions d'années, avec un volume crânien accru ; Homo sapiens existe depuis environ 300 000 ans.
- L'histoire humaine est un buisson : plusieurs espèces d'homininés ont coexisté, et Homo sapiens s'est métissé avec les Néandertaliens et les Denisoviens.
- Les antibiotiques sélectionnent les bactéries résistantes préexistantes ; un mauvais usage accélère la diffusion des résistances.
- La persistance de la lactase et le maintien de l'allèle HbS dans les régions à paludisme (avantage des hétérozygotes) illustrent la sélection naturelle chez l'espèce humaine.

Formules et définitions à connaître

Notion	Définition ou formule	Remarque
Caractère homologue	hérité d'un ancêtre commun	même position, connexions, développement
Convergence	ressemblance acquise indépendamment	analogie, sans valeur de parenté
Groupe monophylétique	ancêtre commun et tous ses descendants	défini par une innovation partagée
Parcimonie	arbre au plus petit nombre de changements	hypothèse la plus économique
Horloge moléculaire	$\text{date} \approx (\text{différence} / \text{différence de référence}) \times \text{date de référence}$	taux de substitution supposé constant
Homininé	plus proche de l'espèce humaine que des chimpanzés	caractères de la bipédie
Volumes crâniens	chimpanzé et Lucy environ 400 cm ³ ; Homo sapiens environ 1 350 cm ³	valeurs moyennes

Pièges à éviter

- Ne regroupe jamais des espèces sur un état ancestral partagé ou sur l'absence d'un caractère.
- N'écris jamais que l'espèce humaine descend du chimpanzé : elles partagent un ancêtre commun.
- Ne lis pas la parenté à la position des feuilles, mais aux nœuds.
- Une date issue de l'horloge moléculaire est une estimation à confronter aux fossiles.
- Pour identifier un homininé, cite plusieurs caractères de la bipédie, pas un seul.



- L'antibiotique ne crée pas la résistance : il sélectionne des bactéries déjà résistantes.

Je me teste

1. Aile d'oiseau et aile de papillon : homologues ou analogues ? → Analogues, par convergence.
2. À quoi sert le groupe externe ? → À identifier l'état ancestral des caractères.
3. Que représente un nœud d'un arbre ? → Un ancêtre commun hypothétique.
4. Le groupe des « poissons » est-il monophylétique ? → Non, il exclut les tétrapodes issus du même ancêtre.
5. Quel est le plus proche parent actuel de l'espèce humaine ? → Le chimpanzé, avec le bonobo.
6. Pourquoi 46 chromosomes chez l'espèce humaine et 48 chez le chimpanzé ? → Le chromosome 2 humain résulte de la fusion de deux chromosomes ancestraux.
7. Où se situe le trou occipital d'un bipède ? → Sous le crâne, en position avancée et centrée.
8. Différence de 1,2 % pour une référence de 3,1 % à 16 millions d'années : date de divergence ? → Environ 6,2 millions d'années.
9. Quelles espèces du genre Homo vivaient il y a 50 000 ans ? → Homo sapiens, les Néandertaliens, les Denisoviens et Homo floresiensis.
10. Pourquoi l'allèle HbS reste-t-il fréquent dans les régions à paludisme ? → Les hétérozygotes résistent mieux aux formes graves du paludisme.



Fiche : Vie fixée et reproduction des plantes

FICHE • S14 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Une plante à fleurs est autotrophe et fixée : elle obtient sur place matière et énergie, supporte sur place les contraintes et confie à d'autres le transport du pollen et des graines.
- Les méristèmes, cellules indifférenciées qui se divisent toute la vie, assurent une croissance indéfinie.
- Les feuilles (limbe plat, stomates, lacunes) et les racines (ramifications, poils absorbants, mycorhizes) forment de très grandes surfaces d'échange.
- Les stomates règlent les échanges gazeux et la transpiration : ils se ferment en cas de sécheresse, ce qui arrête aussi l'entrée de CO_2 .
- Le xylème conduit la sève brute (eau et ions) des racines vers les feuilles, dans des cellules mortes lignifiées, grâce surtout à l'aspiration foliaire.
- Le phloème conduit la sève élaborée (saccharose) des organes sources vers les organes puits, dans des cellules vivantes, vers le haut ou vers le bas.
- La photosynthèse convertit l'énergie lumineuse en énergie chimique dans le chloroplaste.
- La phase photochimique (thylakoïdes) oxyde l'eau, dégage l' O_2 et produit ATP et RH_2 ; la phase chimique (stroma, cycle de Calvin) fixe le CO_2 sur le RuBP grâce à la rubisco.
- Les produits de la photosynthèse deviennent saccharose (transport), amidon (réserve), cellulose (paroi), lignine (bois), lipides, protéines et métabolites secondaires.
- La plante se défend sur place : vie ralentie, structures protectrices, molécules toxiques, défenses induites et signaux d'alerte volatils.
- La multiplication végétative produit des clones, sans diversité génétique.
- Une fleur comporte quatre verticilles : sépales, pétales, étamines, carpelles ; leur identité dépend des gènes A, B et C.
- La pollinisation croisée, favorisée par l'auto-incompatibilité, brasse les génomes ; le vent ou les animaux transportent le pollen.



- La double fécondation donne le zygote (2n) et l'albumen (3n) ; l'ovule devient la graine, l'ovaire devient le fruit.
- La graine, en vie ralentie, est dispersée par le vent, l'eau ou les animaux, puis germe quand les conditions sont favorables.
- La domestication sélectionne des caractères utiles (graines qui restent sur l'épi, gros organes, perte de dormance et de toxicité) et réduit la diversité génétique.

Formules et définitions à connaître

Notion	Contenu	Localisation ou condition
Photosynthèse	$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$	chloroplaste, lumière et chlorophylle
Photolyse de l'eau	$2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$	membrane des thylakoïdes
Cycle de Calvin	$\text{CO}_2 + \text{RuBP (C5)} \rightarrow 2 \text{ APG (C3)}$, puis trioses phosphates	stroma, consomme ATP et RH_2
Spectre d'absorption	pics dans le bleu et le rouge	le vert est réfléchi
Modèle ABC	A : sépales ; A + B : pétales ; B + C : étamines ; C : carpelles	A et C s'inhibent mutuellement
Double fécondation	gamète mâle + oosphère $\rightarrow$ zygote (2n) ; gamète mâle + cellule centrale $\rightarrow$ albumen (3n)	dans l'ovule
Devenir des organes	ovule $\rightarrow$ graine ; ovaire $\rightarrow$ fruit	après fécondation

Pièges à éviter

- Le dioxygène dégagé vient de l'eau, jamais du CO_2 .
- La phase chimique se déroule le jour : elle dépend de l'ATP et du RH_2 produits à la lumière.



- Ne confonds pas sève brute (xylème, montante) et sève élaborée (phloème, des sources vers les puits).
- Pollinisation (transport du pollen) et fécondation (fusion des gamètes) sont deux étapes distinctes.
- L'albumen est triploïde ; les téguments de la graine et la paroi du fruit sont des tissus maternels diploïdes.
- Dans un mutant floral, raisonne verticille par verticille sans oublier l'inhibition mutuelle de A et C.

Je me teste

1. Quel tissu conduit la sève brute ? → Le xylème.
2. Où a lieu le cycle de Calvin ? → Dans le stroma du chloroplaste.
3. D'où vient l'O₂ de la photosynthèse ? → De l'oxydation de l'eau.
4. Quelle enzyme fixe le CO₂ ? → La rubisco, sur le RuBP.
5. Forme de transport des glucides dans le phloème ? → Le saccharose.
6. Rôle de la lignine ? → Rigidifier et imperméabiliser les parois, former le bois.
7. Fleur d'un mutant sans gène C ? → Sépales, pétales, pétales, sépales.
8. Ploïdie de l'albumen ? → 3n.
9. Que devient l'ovaire après fécondation ? → Le fruit.
10. Un caractère de domestication du blé ? → L'épi qui ne libère pas ses grains à maturité.

Fiche : Géologie : datation et histoire de la Terre

FICHE • S15 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- La chronologie relative ordonne les événements ; la radiochronologie leur attribue un âge chiffré ; on combine les deux pour encadrer les âges.
- Superposition : une couche non renversée est plus récente que celle qu'elle recouvre ; continuité : une même couche a le même âge partout.
- Recoupement : ce qui recoupe est plus récent ; inclusion : ce qui est inclus est plus ancien.
- Identité paléontologique : deux couches aux mêmes fossiles stratigraphiques (espèces brèves, répandues, abondantes) ont le même âge.
- Une discordance enregistre dépôt, déformation, érosion puis nouveau dépôt, et encadre l'âge de la déformation.
- Les grandes coupures de l'échelle des temps (252 Ma, 66 Ma) correspondent à des crises biologiques ; la Terre a 4,56 Ga.
- La désintégration radioactive suit $N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$, avec une constante λ indépendante des conditions physiques et chimiques.
- L'horloge démarre à la fermeture du système (cristallisation, mort) et n'est juste que si le système est resté clos.
- Le carbone 14 ($T = 5\,730$ ans) date la mort d'êtres vivants jusqu'à environ 50 000 ans.
- Le couple K-Ar date les laves, car l'argon s'échappe du magma : le fils initial est nul.
- La méthode Rb-Sr utilise une droite isochrone : la pente donne l'âge, l'ordonnée à l'origine le rapport initial.
- Une faille normale traduit une extension, une faille inverse, un pli, un chevauchement ou une nappe traduisent une compression.
- Les chaînes de collision montrent un raccourcissement et un épaississement de la croûte (racine crustale).
- Ophiolites, roches de haute pression (schistes bleus, éclogites, coésite) et structures compressives racontent ouverture, subduction puis collision.



- Érosion, réajustement isostatique et effondrement par failles normales font disparaître les reliefs.

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Formule	Remarque
Décroissance	$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$	λ en an^{-1} , t en ans
Demi-vie	$T = \ln 2 / \lambda$	il reste $N_0/2^n$ après n demi-vies
Âge (N_0 connu)	$t = (1/\lambda) \ln(N_0/N)$	carbone 14 : $t = (T/\ln 2) \ln(A_0/A)$
Âge (fils initial nul)	$t = (1/\lambda) \ln(1 + F/P)$	K-Ar, système clos
Isochrone Rb-Sr	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 + (\exp(\lambda t) - 1) \times ^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	minéraux cogénétiques
Âge par l'isochrone	$t = \ln(a + 1) / \lambda$	a = pente ; $\lambda(\text{Rb}) = 1,42 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}$
Raccourcissement	$(L_0 - L) / L_0$	L_0 : longueur dépliée
Profondeur	$h = P / (\rho g)$	estimation à partir d'un minéral de haute pression

Pièges à éviter

- La superposition ne vaut pas dans une série renversée ou sous une nappe de charriage.
- Ne confonds pas inclusion (plus ancien) et recoupement (plus récent).



- λ et t doivent avoir la même unité de temps.
- Le carbone 14 ne date pas une roche, ni un objet de plus de 50 000 ans environ.
- Dans une isochrone, l'âge vient de la pente, pas de l'ordonnée à l'origine.
- Un point hors de la droite isochrone signale un système ouvert : on l'écarte.

Je me teste

1. Un galet dans un conglomérat est-il plus ancien ou plus récent que lui ? → Plus ancien (inclusion).
2. Qu'est-ce qu'une discordance angulaire ? → Des couches horizontales posées sur une surface d'érosion qui tronque des couches déformées.
3. Fraction restante après 3 demi-vies ? → $1/8$, soit 12,5 %.
4. Demi-vie du carbone 14 ? → 5 730 ans.
5. Pourquoi le fils initial est-il nul en K-Ar ? → L'argon, gazeux, s'échappe du magma.
6. Que donne la pente d'une isochrone ? → $\exp(\lambda t) - 1$, donc l'âge.
7. Allure de l'isochrone au moment de la cristallisation ? → Une droite horizontale.
8. Faille dont le compartiment supérieur descend ? → Faille normale, extension.
9. Que prouvent des ophiolites ? → L'existence d'un ancien océan refermé.
10. Que prouve une éclogite ? → Un enfouissement rapide à grande profondeur, en subduction.



Fiche : Climats passés et changement climatique

FICHE • S16 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Le climat est la description statistique des conditions atmosphériques sur au moins 30 ans ; un épisode météo isolé ne le décrit pas.
- Les indicateurs paléoclimatiques (glaces, sédiments, pollens, moraines, roches, fossiles) s'interprètent grâce au principe d'actualisme.
- Dans la glace polaire, un $\delta^{18}\text{O}$ plus bas signifie un climat plus froid, car la vapeur s'appauvrit en ^{18}O au cours de son refroidissement.
- Dans les carbonates marins, un $\delta^{18}\text{O}$ plus haut signifie un climat plus froid, car les calottes stockent l'eau légère et l'eau froide enrichit le carbonate en ^{18}O .
- Les bulles d'air des glaces conservent l'atmosphère ancienne : sur 800 000 ans, CO_2 et température varient ensemble.
- Un diagramme pollinique donne la végétation passée, donc le climat : steppe froide et sèche, conifères, puis forêt de feuillus tempérée.
- Depuis 800 000 ans, glaciaires et interglaciaires alternent selon des cycles d'environ 100 000 ans ; nous vivons l'interglaciaire holocène depuis 11 700 ans.
- Au dernier maximum glaciaire (21 000 ans), la mer était 120 m plus bas et le CO_2 à environ 180 ppm.
- Les paramètres orbitaux (excentricité, obliquité, précession) déclenchent les glaciations ; les rétroactions (albédo, CO_2 , vapeur d'eau) les amplifient.
- Sur des millions d'années, le CO_2 dépend du volcanisme, de l'altération des silicates et du stockage de matière organique.
- L'effet de serre naturel porte la température moyenne de -18°C à $+15^\circ\text{C}$; les activités humaines le renforcent.
- Environ 45 % du carbone émis par l'humanité reste dans l'atmosphère, le reste est absorbé par l'océan, qui s'acidifie, et par la végétation et les sols.
- Le CO_2 est passé de 280 ppm à plus de 420 ppm ; ce carbone en plus, sans ^{14}C et appauvri en ^{13}C , vient des combustibles fossiles.



- Le réchauffement atteint environ 1,1 °C (2011-2020 par rapport à 1850-1900) et la mer a monté d'environ 20 cm depuis 1901.
- L'atténuation agit sur les causes (émissions, puits) ; l'adaptation agit sur les conséquences (vulnérabilité).

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Formule ou valeur	Remarque
$\delta^{18}\text{O}$	$(R \text{ échantillon} / R \text{ standard} - 1) \times 1\,000$	en ‰, $R = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$
Rayonnement solaire moyen	$340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ au sommet de l'atmosphère	albédo terrestre $\approx 0,30$
Équilibre radiatif sans effet de serre	$\sigma T^4 = S(1 - A)/4$	$T \approx 255 \text{ K}$, soit -18°C
Conversion atmosphérique	$1 \text{ ppm de CO}_2 \approx 2,12 \text{ GtC}$	masse de carbone
Carbone et CO_2	$m(\text{CO}_2) = m(\text{C}) \times 44/12$	facteur $\approx 3,67$
Équivalent CO_2	masse $\times$ PRG	$\text{PRG}(\text{CH}_4) \approx 28$, $\text{PRG}(\text{N}_2\text{O}) \approx 270$ sur 100 ans
Cycles orbitaux	excentricité 100 000 ans, obliquité 41 000 ans, précession environ 20 000 ans	moteur des cycles glaciaires
Temps de résidence	stock / flux sortant	quelques années à des millions d'années

Pièges à éviter

- Le $\delta^{18}\text{O}$ des glaces et celui des carbonates marins varient en sens opposé.
- Ne confonds pas effet de serre naturel (indispensable) et renforcement de l'effet de serre (problème actuel).



- Le trou de la couche d'ozone n'est pas la cause du réchauffement.
- La fonte de la banquise ne fait presque pas monter la mer, contrairement à celle des glaciers et calottes continentales.
- Distingue GtC et Gt de CO₂.
- Une digue relève de l'adaptation, pas de l'atténuation.

Je me teste

1. Durée minimale pour définir un climat ? → 30 ans.
2. $\delta^{18}\text{O}$ d'une glace formée par temps froid ? → Plus bas.
3. $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères en glaciation ? → Plus élevé.
4. Période des cycles glaciaires récents ? → Environ 100 000 ans.
5. Paramètre orbital de période 41 000 ans ? → L'obliquité.
6. Température moyenne sans effet de serre ? → Environ -18°C .
7. Teneur en CO₂ préindustrielle ? → Environ 280 ppm.
8. Part du carbone émis qui reste dans l'atmosphère ? → Environ 45 %.
9. Deux causes de la hausse du niveau marin ? → Dilatation thermique et fonte des glaciers et calottes.
10. Planter des cultures résistantes à la sécheresse : atténuation ou adaptation ? → Adaptation.

Fiche : Comportements, mouvement et système nerveux

FICHE • S17 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Le réflexe myotatique est la contraction d'un muscle en réponse à son propre étirement ; il participe au maintien de la posture.
- L'arc réflexe comprend cinq éléments : fuseaux neuromusculaires (récepteurs), neurone sensoriel, moelle épinière (centre), motoneurone, muscle étiré (effecteur).
- Le corps cellulaire du neurone sensoriel est dans le ganglion rachidien ; celui du motoneurone est dans la corne ventrale de la substance grise de la moelle.
- Le réflexe myotatique est monosynaptique : le délai central, obtenu en retranchant les temps de conduction de la latence, correspond à une seule synapse (0,5 à 1 ms).
- Le relâchement du muscle antagoniste passe par un interneurone inhibiteur : ce circuit est polysynaptique.
- Le potentiel de repos d'un neurone vaut environ -70 mV ; au-delà d'un seuil (vers -50 mV), un potentiel d'action d'environ 1 à 2 ms se déclenche.
- Le potentiel d'action obéit à la loi du tout ou rien : son amplitude est constante, il se propage sans s'affaiblir, plus vite sur une fibre myélinisée (conduction saltatoire).
- Le message nerveux est codé en fréquence de potentiels d'action le long des fibres et en concentration de neurotransmetteur à la synapse.
- À la synapse, le PA provoque l'entrée de Ca^{2+} , l'exocytose du neurotransmetteur, sa fixation sur des récepteurs postsynaptiques, puis son élimination par dégradation ou recapture.
- La jonction neuromusculaire utilise l'acétylcholine, dégradée par l'acétylcholinestérase.
- Un potentiel postsynaptique excitateur (PPSE) dépolarise, un potentiel postsynaptique inhibiteur (PPSI) hyperpolarise ; tous deux sont gradués et locaux.
- Le motoneurone intègre les messages par sommation spatiale et temporelle et n'émet de PA que si le seuil est atteint au segment initial de l'axone : c'est la voie finale commune.
- Le cortex moteur primaire, dans le lobe frontal en avant du sillon central, a une organisation somatotopique (homoncule moteur déformé).



- Les voies motrices se croisent au niveau du bulbe : chaque hémisphère commande la moitié opposée du corps.
- La plasticité cérébrale est la capacité des cartes corticales et des connexions synaptiques à se modifier avec l'apprentissage ou après une lésion ; elle diminue avec l'âge sans disparaître.
- Des substances agissent sur les synapses comme agonistes, antagonistes ou en modifiant libération, dégradation ou recapture du neurotransmetteur.

Formules et définitions à connaître

Terme ou grandeur	Définition ou formule	Remarque
Vitesse de conduction	$v = d / \Delta t$	d en m, Δt en s, v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; de 1 à 100 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Délai central	latence - temps de conduction - délai neuromusculaire	à comparer à 0,5 à 1 ms par synapse
Fréquence de PA	nombre de PA / durée	en Hz (PA par seconde)
Fréquence maximale	1 / période réfractaire	limite haute du codage
Unité motrice	un motoneurone et les fibres musculaires qu'il innerve	petite pour les muscles de précision
Agoniste	molécule qui active un récepteur comme le neurotransmetteur	nicotine, morphine
Antagoniste	molécule qui bloque un récepteur sans l'activer	curare
Somatotopie	correspondance ordonnée entre zones du cortex et régions du corps	homuncule moteur

Pièges à éviter

- Un stimulus plus fort ne donne pas des PA plus grands, mais des PA plus fréquents et plus de fibres actives.
- Le potentiel de récepteur et le potentiel postsynaptique sont gradués et locaux ; seul le PA est tout ou rien et propagé.
- Oublier le croisement des voies : lésion de l'hémisphère gauche, paralysie du côté droit.
- Oublier de convertir les ms en s et les cm en m dans un calcul de vitesse.
- Confondre un blocage de la libération (toxine botulique) et un blocage des récepteurs (curare) : seul le second empêche l'acétylcholine ajoutée d'agir.



- Croire que la plasticité repose surtout sur de nouveaux neurones : elle repose surtout sur la modification des synapses.

Je me teste

1. Quel est le récepteur du réflexe myotatique ? → Le fuseau neuromusculaire du muscle étiré.
2. Où se trouve le corps cellulaire du neurone sensoriel ? → Dans le ganglion rachidien de la racine dorsale.
3. Combien de synapses centrales compte le réflexe myotatique ? → Une seule : il est monosynaptique.
4. Que vaut le potentiel de repos d'un neurone ? → Environ -70 mV, intérieur négatif.
5. Comment est codée l'intensité d'un stimulus le long d'une fibre ? → Par la fréquence des potentiels d'action.
6. Quel ion déclenche l'exocytose des vésicules synaptiques ? → L'ion calcium Ca^{2+} .
7. Quelle enzyme élimine l'acétylcholine de la fente ? → L'acétylcholinestérase.
8. Qu'est-ce que la sommation temporelle ? → L'addition de potentiels postsynaptiques rapprochés produits par une même synapse.
9. Où se situe le cortex moteur primaire ? → Dans le lobe frontal, juste en avant du sillon central.
10. Comment agit la cocaïne ? → Elle bloque la recapture de la dopamine, qui persiste dans la fente synaptique.



Fiche : Contraction musculaire et énergie

FICHE • S18 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Un muscle squelettique est formé de faisceaux de fibres musculaires, cellules géantes plurinucléées remplies de myofibrilles.
- Chaque myofibrille est une succession de sarcomères, unités contractiles délimitées par deux stries Z.
- Le sarcomère comprend des filaments fins d'actine, ancrés sur les stries Z, et des filaments épais de myosine au centre.
- Lors de la contraction, la bande A reste constante tandis que les bandes I et la zone H raccourcissent : les filaments glissent sans changer de longueur.
- Les têtes de myosine se fixent sur l'actine, pivotent, puis se détachent grâce à la fixation d'un ATP, dont l'hydrolyse les réarme.
- Les ions Ca^{2+} , libérés par le réticulum sarcoplasmique après un potentiel d'action musculaire, démasquent les sites de fixation de la myosine sur l'actine.
- Le relâchement exige le repompage actif du Ca^{2+} dans le réticulum ; sans ATP, les ponts restent figés (rigidité cadavérique).
- La réserve d'ATP du muscle est très faible : l'ATP est un intermédiaire régénéré en permanence à partir d'ADP et de Pi .
- La phosphocréatine régénère l'ATP immédiatement et sans dioxygène, pendant quelques secondes d'effort intense.
- La glycolyse, dans le cytoplasme, transforme un glucose en deux pyruvates et produit 2 ATP et 2 RH_2 .
- En présence de O_2 , le pyruvate est oxydé dans la matrice mitochondriale (cycle de Krebs : CO_2 et RH_2), puis les RH_2 sont réoxydés par la chaîne respiratoire de la membrane interne, qui réduit O_2 en H_2O et produit l'essentiel de l'ATP.
- La respiration produit environ 36 ATP par glucose (rendement d'environ 38 %) ; une fermentation n'en produit que 2 (environ 2 %).



- En manque de O_2 , la fermentation lactique réduit le pyruvate en lactate pour réoxyder les RH_2 ; chez les levures, la fermentation alcoolique produit éthanol et CO_2 .
- Les fibres de type I sont lentes, oxydatives et résistantes à la fatigue ; les fibres de type II sont rapides, glycolytiques et fatigables.
- À l'effort, le débit cardiaque ($FC \times VES$) et le débit ventilatoire augmentent, et le sang est redistribué vers les muscles actifs.
- L'entraînement en endurance augmente mitochondries, capillaires, myoglobine et VO_{2max} ; l'entraînement en force augmente le diamètre des fibres.

Formules et définitions à connaître

Grandeur ou réaction	Formule	Unité ou remarque
Hydrolyse de l'ATP	$ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi + \text{énergie}$	environ $30,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
Phosphocréatine	phosphocréatine + ADP $\rightarrow$ créatine + ATP	sans O_2 , immédiat
Respiration	$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$	environ 36 ATP par glucose
Fermentation lactique	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_3H_6O_3$	2 ATP par glucose
Fermentation alcoolique	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$	2 ATP par glucose
Rendement	énergie stockée dans l'ATP / énergie du glucose ($2860 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	en %
Sarcomère	$S = A + I$; actine = $(S - H) / 2$	longueurs en μm
Débit cardiaque	$D = FC \times VES$	$L \cdot \text{min}^{-1}$
Débit ventilatoire	fréquence respiratoire $\times$ volume courant	$L \cdot \text{min}^{-1}$

Pièges à éviter

- Dire que les filaments raccourcissent : ils glissent, seul leur chevauchement change.
- Attribuer l'énergie de la contraction au calcium : le Ca^{2+} est le signal, l'ATP la source d'énergie.
- Placer le cycle de Krebs dans le cytoplasme ou croire qu'il consomme le dioxygène : il se déroule dans la matrice, seule la chaîne respiratoire consomme O_2 .
- Confondre glycolyse (commune aux deux métabolismes) et fermentation (réoxydation des RH_2 par le pyruvate).
- Penser que les mitochondries isolées utilisent le glucose : leur substrat est le pyruvate.



- Présenter l'ATP comme une réserve d'énergie : il est régénéré aussi vite qu'il est consommé.

Je me teste

1. Qu'est-ce qu'un sarcomère ? → La portion de myofibrille comprise entre deux stries Z, unité contractile du muscle.
2. Quelle bande garde sa longueur lors de la contraction ? → La bande sombre A.
3. Quel ion déclenche la contraction ? → Le calcium Ca^{2+} , libéré par le réticulum sarcoplasmique.
4. Pourquoi un muscle sans ATP est-il rigide ? → Les têtes de myosine ne peuvent plus se détacher de l'actine.
5. Où se déroule la glycolyse ? → Dans le cytoplasme.
6. Où se trouve la chaîne respiratoire ? → Dans la membrane interne de la mitochondrie, repliée en crêtes.
7. Combien d'ATP par glucose pour la fermentation lactique ? → 2 ATP.
8. Quelle voie régénère l'ATP dans les premières secondes d'un sprint ? → La phosphocréatine.
9. Comment calcule-t-on le débit cardiaque ? → Fréquence cardiaque multipliée par le volume d'éjection systolique.
10. Quel effet a l'entraînement en endurance sur les fibres ? → Plus de mitochondries, de capillaires et de myoglobine.



Fiche : Régulation de la glycémie et diabète

FICHE • S19 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- La glycémie est la concentration de glucose dans le plasma ; à jeun, elle est comprise entre 0,70 et 1,10 g·L⁻¹ environ (3,9 à 6,1 mmol·L⁻¹).
- La glycémie est une constante physiologique maintenue malgré des apports discontinus (repas) et une consommation continue (neurones, hématies, muscles).
- Le sang ne contient qu'environ 5 g de glucose : sa stabilité exige des organes qui stockent et libèrent le glucose.
- Le foie stocke le glucose en glycogène (glycogénogenèse) et le libère par glycogénolyse et néoglucogenèse, grâce à la glucose-6-phosphatase.
- Les muscles stockent du glycogène pour leur propre usage mais ne libèrent pas de glucose dans le sang, faute de glucose-6-phosphatase.
- Le tissu adipeux stocke l'énergie sous forme de triglycérides (lipogenèse) et les hydrolyse en période de jeûne (lipolyse).
- Les îlots de Langerhans forment le pancréas endocrine : les cellules β sécrètent l'insuline, les cellules α le glucagon.
- Une hormone est transportée par le sang et n'agit que sur les cellules cibles qui portent son récepteur spécifique.
- L'insuline, seule hormone hypoglycémiante, favorise l'entrée du glucose (insertion des GLUT4 dans les muscles et adipocytes) et son stockage, et freine la libération de glucose par le foie.
- Le glucagon, hyperglycémiant, agit surtout sur le foie en stimulant glycogénolyse et néoglucogenèse.
- La régulation fonctionne par rétrocontrôle négatif : l'écart de glycémie modifie les sécrétions, qui corrigent l'écart.
- Les expériences d'ablation, de ligature du canal, de greffe et d'injection d'extraits ont prouvé le rôle endocrine des îlots.



- Le diabète est une hyperglycémie chronique : glycémie à jeun d'au moins $1,26 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ à deux reprises, ou d'au moins $2,00 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ deux heures après une HGPO.
- Le diabète de type 1 résulte de la destruction auto-immune des cellules β : le déficit en insuline est absolu et le traitement repose sur l'insuline.
- Le diabète de type 2 associe une insulino-résistance des cellules cibles puis un épuisement des cellules β ; c'est une maladie multifactorielle.
- Un facteur de risque augmente la fréquence d'une maladie dans une population sans déterminer le devenir d'un individu.

Formules et définitions à connaître

Grandeur ou notion	Formule ou définition	Unité ou remarque
Conversion de la glycémie	$c (\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}) = c (\text{g}\cdot\text{L}^{-1}) / 180 \times 1000$	$M(\text{glucose}) = 180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ correspond à $5,56 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
Masse de glucose sanguin	$m = \text{glycémie} \times \text{volume sanguin}$	environ 5 g pour 5 L à $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$
Glycogénogenèse	synthèse de glycogène à partir de glucose	foie, muscles ; stimulée par l'insuline
Glycogénolyse	hydrolyse du glycogène en glucose	foie (sang), muscles (usage local) ; stimulée par le glucagon dans le foie
Néoglucogenèse	synthèse de glucose à partir d'acides aminés, glycérol, lactate	foie ; stimulée par le glucagon
Lipogenèse, lipolyse	synthèse, hydrolyse des triglycérides	tissu adipeux ; l'insuline inhibe la lipolyse
Seuils de diagnostic	à jeun au moins $1,26 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ($7,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) ; HGPO à 2 h au moins $2,00 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	HGPO : 75 g de glucose à jeun
HbA1c	proportion d'hémoglobine glyquée	reflète la glycémie moyenne de 2 à 3 mois

Pièges à éviter

- Confondre glycogène (réserve), glucagon (hormone) et glycogénolyse (réaction).
- Écrire que le muscle libère du glucose dans le sang : il n'a pas de glucose-6-phosphatase.
- Croire qu'un DT2 se traduit toujours par une insulinoémie basse : au début, elle est souvent élevée (insulino-résistance compensée).



- Oublier que capteurs et centre intégrateur sont réunis dans les îlots : il n'y a pas de centre nerveux dans cette boucle.
- Présenter un facteur de risque comme une cause certaine chez un individu.
- Dire que l'insuline « transforme » le glucose : elle agit sur des cellules cibles qui le stockent.

Je me teste

1. Glycémie à jeun de référence ? → Environ $0,70$ à $1,10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.
2. Combien de $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ pour $1,26 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$? → $7,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.
3. Quelles cellules sécrètent l'insuline ? → Les cellules β des îlots de Langerhans.
4. Cible principale du glucagon ? → Le foie.
5. Pourquoi le muscle ne libère-t-il pas de glucose dans le sang ? → Il n'a pas de glucose-6-phosphatase.
6. Comment l'insuline augmente-t-elle l'entrée du glucose dans le muscle ? → Elle fait migrer les transporteurs GLUT4 vers la membrane plasmique.
7. Que prouve la greffe d'un fragment de pancréas sous la peau ? → Le pancréas agit par voie sanguine : c'est une glande endocrine.
8. Cause du diabète de type 1 ? → La destruction auto-immune des cellules β .
9. Deux composantes du diabète de type 2 ? → L'insulinorésistance puis l'épuisement des cellules β .
10. Que mesure l'HbA1c ? → La glycémie moyenne des deux à trois derniers mois.



Fiche : Le stress et l'adaptation de l'organisme

FICHE • S20 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Un agent stresseur est une situation ou un stimulus qui menace, réellement ou en apparence, l'équilibre de l'organisme ; il peut être physique, biologique, psychologique ou social.
- La réponse au stress est adaptative : elle mobilise l'énergie pour faire face, puis ramène l'organisme à son état initial.
- On distingue une phase d'alarme (secondes, adrénaline), une phase de résistance (minutes à heures, cortisol) et, si le stress se prolonge, une phase d'épuisement.
- L'amygdale détecte les menaces et active l'hypothalamus ; l'hippocampe et le cortex préfrontal freinent la réponse.
- Le système nerveux autonome comprend le système sympathique (moelle thoracique et lombaire, noradrénaline) et le système parasympathique (tronc cérébral et moelle sacrée, acétylcholine), aux effets souvent opposés.
- La médullosurrénale, commandée par des neurones sympathiques, libère de l'adrénaline dans le sang.
- L'adrénaline accélère le cœur, dilate les bronches, redistribue le sang vers les muscles et stimule la glycogénolyse hépatique.
- L'axe corticotrope fonctionne en cascade : CRH (hypothalamus), puis ACTH (antéhypophyse), puis cortisol (corticosurrénale).
- Le cortisol, stéroïde à récepteur intracellulaire, agit sur l'expression des gènes : néoglucogenèse, mobilisation des réserves, effets anti-inflammatoire et immunosuppresseur.
- Le cortisol est sécrété en permanence selon un rythme circadien, maximal au réveil.
- Le cortisol exerce un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et l'antéhypophyse, renforcé par l'hippocampe riche en récepteurs au cortisol.
- Le stress chronique réduit les récepteurs au cortisol de l'hippocampe, affaiblit le rétrocontrôle et maintient une cortisolémie élevée, ce qui forme un cercle vicieux.



- La plasticité cérébrale permet une reconstitution partielle des réseaux de l'hippocampe et du cortex préfrontal après la disparition de l'agent stresser.
- Les benzodiazépines anxiolytiques se fixent sur le récepteur GABA-A et renforcent l'effet inhibiteur du GABA ; elles exposent à la tolérance et à la dépendance.
- Un traitement prolongé par corticoïdes de synthèse freine l'axe corticotrope ; son arrêt est donc progressif.

Formules et définitions à connaître

Notion	Définition ou relation	Remarque
Axe corticotrope	CRH → ACTH → cortisol	hypothalamus, antéhypophyse, corticosurrénale
Rétrocontrôle négatif	le cortisol freine la sécrétion de CRH et d'ACTH	relayé par l'hippocampe
Adrénaline	catécholamine de la médullosurrénale, récepteurs membranaires	effets en secondes, durée de quelques minutes
Cortisol	glucocorticoïde stéroïde, récepteur intracellulaire	effets en dizaines de minutes à heures
Variation relative	$(\text{valeur finale} - \text{valeur initiale}) / \text{valeur initiale}$	à exprimer en pourcentage
Concentration massique	$c \text{ (g} \cdot \text{L}^{-1}) = c \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}) \times M$	$M(\text{cortisol}) = 362 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Récepteur GABA-A	canal à Cl^- ; son ouverture hyperpolarise le neurone	site distinct pour les benzodiazépines
Test de freinage à la dexaméthasone	la cortisolémie baisse si le rétrocontrôle fonctionne	absence de baisse : rétrocontrôle défaillant

Pièges à éviter

- Confondre médullosurrénale (adrénaline, commande nerveuse) et corticosurrénale (cortisol, commande par l'ACTH).
- Inverser l'ordre de l'axe : c'est CRH, puis ACTH, puis cortisol.
- Dire que le cortisol se fixe sur un récepteur membranaire : il est liposoluble, son récepteur est intracellulaire.
- Présenter la réponse au stress comme néfaste en elle-même : la réponse aiguë est adaptative.



- Affirmer qu'une benzodiazépine ouvre seule le canal à chlorure : elle renforce l'effet du GABA.
- Oublier le rythme circadien : le cortisol n'est pas sécrété seulement en cas de stress.

Je me teste

1. Quelle structure cérébrale détecte les menaces et active l'hypothalamus ? → L'amygdale.
2. Quelle hormone sécrète l'antéhypophyse dans l'axe corticotrope ? → L'ACTH.
3. Quelle partie de la surrénale sécrète l'adrénaline ? → La médullosurrénale.
4. Quel est l'effet de l'adrénaline sur le foie ? → Elle stimule la glycogénolyse, d'où une hyperglycémie.
5. Où se trouve le récepteur du cortisol ? → Dans la cellule (récepteur intracellulaire).
6. Quel effet du cortisol fait monter la glycémie ? → La stimulation de la néoglucogenèse hépatique.
7. Sur quels étages le cortisol exerce-t-il un rétrocontrôle négatif ? → Sur l'hypothalamus et l'antéhypophyse, avec le relais de l'hippocampe.
8. Pourquoi le stress chronique entretient-il une cortisolémie élevée ? → Les récepteurs au cortisol de l'hippocampe diminuent, le rétrocontrôle s'affaiblit.
9. Comment agissent les benzodiazépines ? → Elles renforcent l'effet inhibiteur du GABA sur le récepteur GABA-A.
10. Pourquoi arrête-t-on progressivement un traitement prolongé par corticoïdes ? → L'axe corticotrope freiné met du temps à redémarrer.