Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

Lycée Valentine LABBE
41 rue Paul DOUMER – BP 20226
59563 LA MADELEINE CEDEX
CLASSE PREPARATOIRE TB
(Technologie & Biologie)

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°

Complément BIO1

Les êtres vivants et leur étude

Objectifs et introduction

Pour appréhender correctement l'étude des êtres vivants, il convient de :
- Comprendre ce qu'est un **être vivant** et de connaître les caractéristiques qui permettent de le **définir**.
- Comprendre les **fondements intellectuels** de la **science** et en particulier des **sciences du vivant**, ce qu'on appelle au sens le plus large la **biologie**.

L'ensemble des notions élémentaires présentées dans ce document vous permettront aussi bien de **structurer votre pensée biologique** que, plus pragmatiquement, de faciliter votre **apprentissage** de toutes les notions du programme en fournissant un **cadre de pensée** à la fois simple, solide et opérationnel. Les modes de pensée ici présentés trouveront également un utile prolongement dans les **épreuves académiques de concours**, que ce soit dans la conception de certains **plans de synthèse** ou la production d'un **raisonnement scientifique rigoureux** et **argumenté**.

Comment (par quelles caractéristiques, quels attributs, quelles propriétés…) peut-on définir le vivant ? Comment peut-on construire une connaissance scientifique du monde vivant ?

I. Les caractéristiques du vivant

A. L'unité du vivant : éléments d'une définition du vivant

- Définir la notion d'**être vivant** est une tâche difficile. Nous proposons la définition suivante : il s'agit d'une ***entité matérielle dont l'unité de base est la cellule, capable d'échanger de la matière et de l'énergie avec son environnement et de se reproduire seul ou avec un partenaire, transmettant une information héréditaire (codée par de l'ADN) à sa descendance***.

1. L'unité constitutive : une même composition chimique

- Tous les **êtres vivants** sont composés majoritairement d'**eau** et de **matière organique** (**glucides**, **lipides**, **protides**…) dont l'agencement est responsable des multiples structures dont émergent les propriétés des êtres vivants.

Voir Complément BIO2 : Composition chimique du vivant.
Voir surtout les Biotechnologies

2. L'unité structurale de base : la cellule

- On désigne par **théorie cellulaire** l'idée que ***tous les êtres vivants sont faits d'une unité structurale et fonctionnelle de base qui est la cellule*** (du lat. *cellula*, alvéole). Cette théorie s'est développée au **XIXe siècle** mais fut initiée dès le **XVIIe siècle** par des observations de tissus végétaux. Rien ne l'a démentie depuis ; tout la confirme, au contraire. Malgré leur diversité, les cellules possèdent de nombreux **caractères communs** (membranes, ADN comme support de l'IG, ribosomes…). Les organismes vivants peuvent être constitués d'***une seule cellule*** (**organisme unicellulaire = monocellulaire**) ou de ***nombreuses cellules*** (**organisme pluricellulaire = multicellulaire**) (figure 1).

*Notez que les **virus**, structures **acellulaires**, sont des **entités biologiques** mais **pas vraiment des êtres vivants à part entière** (Biotechnologies).*

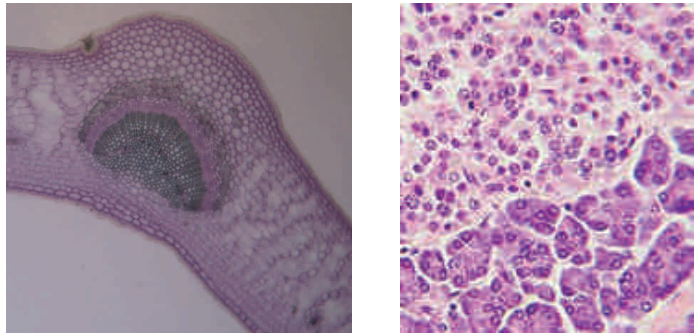


FIGURE 1. Deux coupes d'organes (un organe végétal, un organe animal) montrant la présence de cellules. À gauche : Coupe transversale de feuille de Houx *Ilex aquifolium* (coloration carmino-vert). http://www.bcpst.eu/spip.php?article14. À droite : Coupe dans un pancréas de Mammifère (coloration non précisée). http://www.futura-sciences.com/typo3temp/pics/af8fcafd94.jpg. Consultation août 2015.

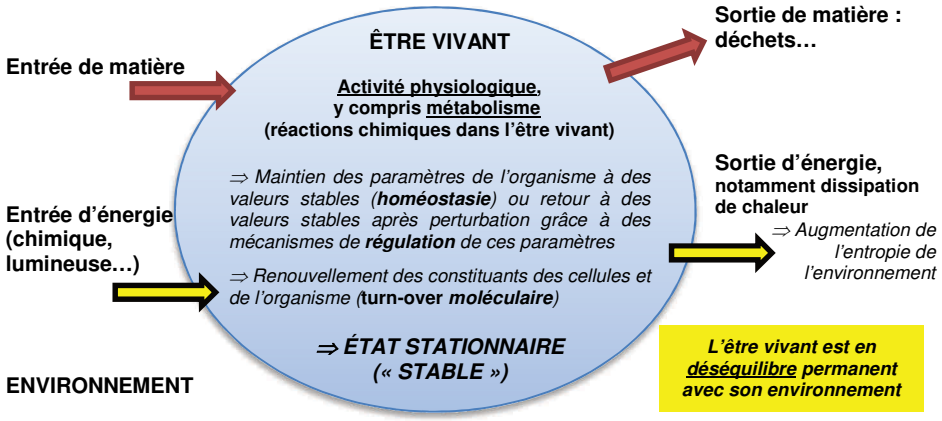
3. L'unité thermodynamique et métabolique

a. Activité, variabilité et stabilité des systèmes biologiques

- Les êtres vivants sont des **entités autonomes** capables de **capter et d'influencer leur environnement** (minéral ou vivant : congénères, individus d'autres espèces…), d'**échanger** avec lui de la **matière** et de l'**énergie** et de **se reproduire** en produisant des **individus semblables** (figure 2). Toutes ces **activités** supposent :
  - Le **maintien des caractéristiques physico-chimiques** des **cellules** et des **organismes** (par exemple : concentrations en éléments divers d'un compartiment, température interne, quantité d'eau dans l'organisme…) à des **valeurs stables** compatibles avec un fonctionnement efficace de la cellule ou de l'organisme. On désigne le ***maintien à des valeurs stables des paramètres physiologiques de l'organisme ou d'une cellule*** par le terme **homéostasie** (du gr. *homoios*, même, et *stasis*, stabilité). Cela suppose une **régulation** des paramètres en question.
  - La **modification** possible de ces paramètres face à une situation d'**urgence**, une situation **atypique** ou des **variations cycliques** du fonctionnement interne ou de l'environnement, autorisant des **fluctuations de l'activité biologique**. Certaines **substances** peuvent être provisoirement **stockées** puis **mobilisées** ultérieurement.
  - La **permanence d'un ordre structural** : les structures biologiques sont hautement **ordonnées** et **organisées**, ce qui semble s'opposer au second principe de la

thermodynamique (**principe d'entropie** ou **principe de CARNOT**) qui stipule que ***l'entropie (en simplifié : le désordre) de l'univers ne peut qu'augmenter ou rester stable***. En réalité, ***les systèmes biologiques évoluent loin de l'équilibre thermodynamique et maintiennent une organisation apparemment stable*** (**état stationnaire**) au prix d'une **dépense importante d'énergie** qui **augmente** considérablement **l'entropie de l'environnement** tout en maintenant ainsi leur **faible entropie** : ce sont donc des **systèmes dissipatifs**, c'est-à-dire ***dissipant de l'énergie vers l'extérieur***. Ils ne sont nullement en équilibre avec leur environnement. On dit qu'ils sont dans un **état stationnaire de non-équilibre**. **L'entretien des déséquilibres est nécessaire à la vie** : *la cessation des activités physiologiques (la **mort**) consiste justement en une **mise à l'équilibre d'un organisme avec son environnement** et/ou entre ses compartiments.*

- Les êtres vivants et les cellules sont donc des **systèmes thermodynamiques** à la fois **ouverts** – qui ***échangent de la matière et de l'énergie avec l'environnement*** – et apparemment **stables**, perdurant à un ***haut degré d'organisation*** (figure 2). Cette dualité est possible moyennant une **dépense d'énergie** assurant le ***renouvellement régulier des constituants*** (***turn-over*** **moléculaire**) et leur **auto-organisation** qui s'accompagne d'une nécessaire **dissipation d'énergie et de matière dans leur environnement**.



⮝ **FIGURE 2. Les êtres vivants, des systèmes thermodynamiques ouverts (= qui échangent de la matière et de l'énergie avec leur environnement).** *Voir le texte.*

Notons que l'énergie dont il est question peut parfois être sous forme d'**énergie chimique** contenue dans la **matière** : *l'entrée et la sortie de matière et d'énergie sont alors confondues*. Les **quantités de matière et d'énergie** dans un organisme sont **globalement stables** à court et moyen terme (on exclut ici les phénomènes de croissance), de même que **l'organisation de l'être vivant**… alors que cette matière est sans cesse **transformée** et que le maintien de cette organisation et les activités physiologiques demandent une **grande quantité d'énergie**. Cela suppose **l'acquisition régulière de matière et d'énergie de l'environnement**, leur **transformation** (notamment *via* les **réactions métaboliques**) et l'expulsion de **déchets**. *Le maintien de « l'ordre » dans l'organisme et son fonctionnement imposent une dissipation d'énergie sous forme principalement de **chaleur**, laquelle augmente le « désordre » (entropie) de l'environnement.*

b. Le métabolisme

- Le **métabolisme** est ***l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans un être vivant (ou dans une cellule)***, lui permettant d'assurer l'ensemble de ses fonctions. On note de nombreux **points communs** dans cette activité métabolique entre les organismes :
  - L'intervention de **protéines catalytiques** nommées **enzymes** qui **accélèrent** la grande majorité des **réactions chimiques** et les rendent **possibles** mais aussi ***contrôlables*** dans les conditions biologiques.
  - L'intervention de **ribosomes** (structures présentant une **activité catalytique**) dans la **synthèse de protéines**.
  - L'emploi de **dispositifs hautement conservés** dans le monde vivant permettent la **libération d'énergie utilisable par les cellules** (notamment **utilisation d'ATP**, de **coenzymes d'oxydoréduction** et de **gradients électrochimiques**).

4. L'unité physiologique : les grandes fonctions du vivant

- On appelle **physiologie** (du gr. *phusis*, nature, racine utilisée pour désigner le fonctionnement) ***l'étude du fonctionnement des organismes vivants***. Les êtres vivants sont capables de **capter et d'influencer leur environnement**, d'**échanger** avec lui de la **matière** et de l'**énergie** et de se **reproduire** en produisant des **individus semblables**. L'activité biologique peut ainsi être résumée autour de trois **grandes fonctions** : les **fonctions de relation**, les **fonctions de nutrition** et les **fonctions de reproduction**. *Tous les **organismes** réalisent ces trois ensembles de fonctions qui se retrouvent également à l'échelle de la **cellule*** (encadré A).

L'ensemble du programme illustre ces différentes fonctions. Le chapitre sur la Vache (chapitre 7) les développera particulièrement.

a. Les fonctions de relation

- Les **fonctions de relation** désignent ***l'ensemble des fonctions permettant à l'organisme d'interagir avec son environnement :***
  - Plus précisément, ces fonctions sont celles qui permettent à l'organisme ***de percevoir cet environnement, de s'y déplacer ou de s'y ancrer, et de s'adapter à ses fluctuations, contraintes ou agressions*** (**fonctions de relation au sens strict**).
  - Les fonctions de relation au sens large incluent en outre également ***les fonctions permettant la coordination des activités physiologiques et la communication entre les différentes parties de l'organisme*** (**fonctions d'intégration**).

Par exemple, chez les Mammifères, cela comprend :
Soutien, locomotion, mise en mouvement : système squelettique, système musculaire
Maintien de l'intégrité et défense : système tégumentaire, système immunitaire
Perception de l'environnement : systèmes sensoriels (souvent inclus dans le système nerveux)
Communication au sein de l'organisme, régulation : système nerveux, système endocrinien

b. Les fonctions de nutrition

- Les **fonctions de nutrition au sens large** désignent ***l'ensemble des fonctions permettant à l'organisme de réaliser ses échanges de matière et d'énergie avec son environnement***, comprenant aussi bien l'**acquisition** de cette matière ou de cette énergie que l'**évacuation** des **déchets** de l'activité physiologique.

Par exemple, chez les Mammifères, cela comprend :
Respiration = échanges gazeux : système respiratoire
Alimentation = nutrition au sens strict : système digestif
(Prise alimentaire / Digestion / Assimilation…)
Milieu intérieur et sa distribution (circulation) : système circulatoire (= système cardiovasculaire)
Excrétion : système urinaire [+ système respiratoire : excrétion du CO_2]

c. Les fonctions de reproduction

- Les **fonctions de reproduction au sens large** désignent ***l'ensemble des fonctions permettant à un organisme de générer de nouvelles générations d'individus semblables en leur transmettant son information génétique***. Cela comprend :
  - La **reproduction au sens strict** : ***ensemble des processus permettant la production de nouveaux individus, à partir d'un parent unique (reproduction asexuée) ou de deux individus parentaux (reproduction sexuée)***. On peut y placer : la **méiose** (***division cellulaire d'une cellule diploïde* aboutissant à la production de cellules haploïdes****), la **gamétogenèse** (***production de gamètes***), le **rapprochement des gamètes**, la **fécondation** (***réunion de deux gamètes qui forment alors un zygote***), les aspects **physiologiques** et de **régulation** associés à ces processus, les **aspects comportementaux**…

> *** Rappel :**
> **Haploïdie** : ***état d'un organisme ou d'une cellule dont les chromosomes sont présents en simple exemplaire.*** Cas typique des gamètes chez nombre d'espèces.
> **Diploïdie** : ***état d'un organisme ou d'une cellule dont les chromosomes sont présents en double exemplaire.*** Cas de la plupart des cellules dans les organismes étudiés cette année.

  - Le **cycle de vie** et ses différentes phases : le cycle de vie (= cycle biologique = cycle biotique = cycle biontique = cycle vital = cycle de développement…) est l'***ensemble chronologique et cyclique des étapes de la vie d'une espèce impliquant une reproduction sexuée, avec méiose et fécondation***.
  - Le **développement** ou **ontogenèse** (du gr. *ontos*, être, et *genesis*, création, naissance), c'est-à-dire l'***édification et la construction d'un organisme capable de se reproduire*** : développement embryonnaire, développement post-embryonnaire, croissance, différenciation…
  - On peut y ajouter les **processus plus ou moins programmés de baisse progressive des fonctions physiologiques de l'organisme** qu'on appelle **vieillissement** ou **sénescence**.

Encadré A Les grandes fonctions physiologiques à l'échelle de la cellule

Les **fonctions de relation**, de **nutrition** et de **reproduction** se retrouvent à l'échelle d'une seule cellule, ce qui fait bien de cette entité **l'unité à la fois structurale et fonctionnelle de base des êtres vivants**. Rappelons d'ailleurs qu'un être vivant peut être constitué d'une seule cellule.

Fonctions de relation = ***fonctions de relation de la cellule avec son environnement (le milieu extracellulaire)***

Structure et soutien, interactions (mécaniques, chimiques…) avec d'autres cellules, les matrices, les liquides circulants ou interstitiels, locomotion, mise en mouvement (ou fixation), maintien de l'intégrité cellulaire, communications intercellulaires…

Fonctions de nutrition = ***échanges de matière et d'énergie entre la cellule et le milieu extracellulaire***

Échanges de matières (transports transmembranaires, trafic vésiculaire), échanges d'énergie, métabolisme (catabolisme, anabolisme), expression génétique…

Fonctions de reproduction = ***production de nouvelles cellules avec transmission de l'information génétique et acquisition possible de particularités structurales et fonctionnelles***

Cycle cellulaire, réplication, division cellulaire, croissance cellulaire, différenciation, sénescence…

5. L'unité génétique

a. L'ADN, support universel de l'information génétique

- Les êtres vivants possèdent tous une **information génétique (= patrimoine génétique)** qui ***code les caractéristiques de leur organisme et les données nécessaires à son fonctionnement et son édification***. Cette information génétique est codée, chez tous les êtres vivants, par la **molécule d'ADN** (figure 3) et s'organise en ***unités fondamentales codant des protéines*** qu'on nomme **gènes**.

*L'information génétique de certains **virus** peut être codée par de l'ARN (Biotechnologies).*

➢ **FIGURE 3. Représentation schématique de la molécule d'ADN.**
Image *Rasmol*. Cliché F. KUNTZ (Lycée les Haberges, Vesoul, 70)
http://artic.ac-besancon.fr/svt/act_ped/svt_lyc/second/tpadnsec/TPADN.html (consultation août 2015)

b. Des mécanismes d'expression et de régulation semblables

- Cette molécule **s'exprime** de façon semblable chez tous les organismes (**transcription** en **ARN**, intervention de **ribosomes**, existence de processus de **régulation**…) même si des **différences** dans les mécanismes précis ou l'organisation du génome peuvent exister entre grands groupes biologiques. De même, le **code génétique**, c'est-à-dire le ***code d'équivalence entre séquence nucléotidique de l'ADN et séquence peptidique des protéines codées***, est **universel** (sauf quelques petites exceptions très anecdotiques).
- La **transgénèse** (***transfert artificiel d'un gène d'un organisme donneur à un organisme receveur généralement d'espèce souvent phylogénétiquement éloignée du donneur***) démontre qu'un organisme peut **exprimer le gène d'un organisme d'une espèce très différente**, argument fort en faveur de l'**universalité** du support de l'IG et de ses **modalités d'expression**.

c. Une information héréditaire

- L'information génétique se transmet au fil des **générations cellulaires** et des **générations d'individus**. Des mécanismes de **reproduction conforme** (**réplication**) assurent la **fidélité** de la **transmission** lors des divisions cellulaires (**mitose** eucaryote ou **scissiparité** bactérienne, mitochondriale, plastidiale).

d. Une information présentant une certaine variabilité

α. Les recombinaisons (= réassociations) génétiques

- On appelle **recombinaison** ou **réassociation génétique** ***tout processus conduisant à mélanger deux (ou plusieurs) informations génétiques différentes***. On peut également parler de **brassage génétique**. *Ces processus ne génèrent **pas** de nouveaux gènes ou de nouveaux allèles, mais simplement de **nouvelles combinaisons de gènes ou allèles préexistants**.*

Exemples :

- **Brassage génétique** lors de la **méiose** : ***mélange aléatoire de deux demi-génomes*** (l'information génétique d'origine paternelle et l'information génétique d'origine maternelle). On trouve un **brassage interchromosomique** et un **brassage intrachromosomique**.
- **Brassage génétique** lors de la **fécondation** : ***réunion de deux génomes haploïdes issus de deux parents différents***.
- **Recombinaisons bactériennes** (**transformation**, **conjugaison**, **transduction**) qui permettent l'existence d'une **parasexualité**.
- **Transferts génétiques horizontaux** : surtout connus chez les **Eubactéries** (*cf.* **recombinaisons bactériennes**), ils existent aussi chez les **Eucaryotes** à l'échelle de l'évolution. Outre des transferts interspécifiques variés, on peut mettre en évidence que de **nombreux gènes mitochondriaux ou plastidiaux** ont migré dans le génome nucléaire après les **endosymbioses** de ces organites semi-autonomes.

- Notons que les recombinaisons peuvent aussi être d'origine **artificielle** (cf. techniques de biologie moléculaire : l'**ADNc** ou **ADN recombinant** est justement un ***ADN produit artificiellement à partir de plusieurs ADN d'organismes différents***, par exemple pour l'introduction d'un gène d'intérêt au sein du génome d'une autre espèce).

β. La production de nouveauté génétique : mutation au sens le plus large

- On peut appeler **mutation** au sens le plus large ***toute modification de l'information génétique affectant la séquence d'ADN ou l'organisation du génome***. On peut citer :
  - Les **mutations ponctuelles** (ou **mutations géniques**) : ***modifications localisées (en général sur une paire de base, parfois quelques paires) d'une séquence nucléotidique***.
  - Les **réarrangements** (ou **remaniements**) **chromosomiques** : ***changements de structure d'un chromosome par perte, addition ou réorganisation de segments de chromosome***.
  - La **transposition** : ***déplacement durable d'une séquence d'ADN mobile dans le génome capable de se multiplier et de s'insérer dans les chromosomes (transposon)***.
  - La **duplication génique** (liés aux deux phénomènes précédents) : ***copie d'un fragment chromosomique codant (gène) qui est inséré à un nouvel endroit dans le génome.*** Les duplications conduisent à une **augmentation du nombre de gènes** ; leur importance est capitale à l'échelle de l'évolution.
  - Les **euploïdies** : ***modifications du nombre de paires de chromosomes présentes chez une espèce***. Ce phénomène, là encore capital dans l'évolution, peut être fréquent chez certains groupes comme les Angiospermes, certains groupes animaux (Rongeurs…)… ou au contraire extrêmement rare dans d'autres.
  - Les **aneuploïdies** : ***situations où le caryotype diploïde de l'individu est anormal et se caractérise par un ou plusieurs chromosomes en plus ou en moins au niveau d'une « paire » de chromosomes par rapport au caryotype normal de l'espèce.*** On peut citer les **monosomies** (1 seul chromosome sur une « paire »), les **nullisomies** (aucun chromosome), les **trisomies** (3 chromosomes au lieu de 2), les **quadrisomies** (quatre chromosomes au lieu de 2).

FIGURE 4. Caryotype d'une femme atteinte de trisomie 21. On appelle **caryotype** le ***cliché des chromosomes d'un individu classés par paires de chromosomes semblables***. On appelle aussi **caryotype** le ***nombre de chromosomes d'une espèce ou d'un individu*** (ce que les anciens enseignants appelaient jadis « **garniture chromosomique** », terme un peu désuet).
© CNRS URA 1335, P.-M. SINET, photo : M. PRIEUR.
http://www.cnrs.fr/insb/communication/glossaire/caryoillustr.htm (consultation août 2015)

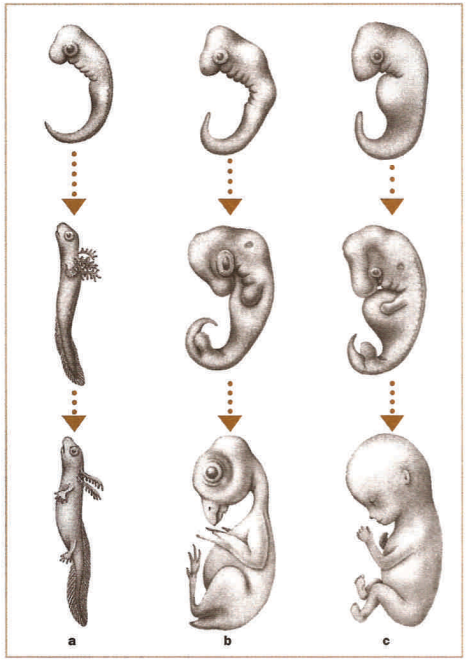
6. L'unité reproductive et ontogénétique

a. La reproduction, un fondement de la nature du vivant

- **Tous les êtres vivants sont capables de se reproduire de manière autonome et de *générer de nouveaux individus qui leur sont semblables et qui possèdent (classiquement) la capacité de se reproduire à leur tour***. Cela correspond aux susdites **fonctions de reproduction** qui peuvent ***impliquer un individu parental seul*** (**reproduction asexué = clonale**) ou ***deux individus parentaux*** (**reproduction sexuée**). Dans la **reproduction asexuée**, il y a généralement **transmission d'une information génétique identique** (à quelques erreurs près) à celle du parent : ***l'ensemble des individus (ou chaque individu) qui partagent la même information génétique*** s'appelle un **clone**. Dans la **reproduction sexuée**, il y a apport par chaque parent d'un **génome haploïde**, la **fécondation** permettant de générer un **génome diploïde**.

b. Une édification de l'organisme par le développement

- L'organisme peut parfois être réduit à **une seule cellule** ; *dans ce cas, c'est par **division cellulaire** ou **bourgeonnement** que le nouvel individu est produit.*
- Dans le cas des **organismes pluricellulaires** de type **eucaryote**, il existe une ou plusieurs étapes du cycle de vie caractérisées par une **pluricellularité**. Dans ce cas, *une cellule initiale (**spore** ou **zygote**) subit une ou plusieurs (souvent de nombreuses) **mitoses** à l'origine de la **pluricellularité***. Il s'ensuit souvent la **croissance** des cellules et leur **différenciation**, c'est-à-dire l'***acquisition d'une structure et d'une fonction particulières au sein de l'organisme***. Tous les ***mécanismes qui permettent l'édification d'un organisme pluricellulaire apte à se reproduire*** à son tour constituent le **développement** de cet organisme.



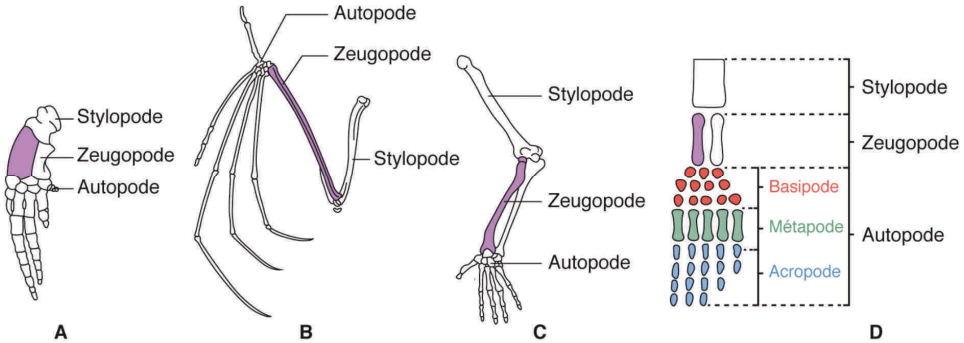
Doc. 2. Un exemple classique de similitude embryologique chez les verté- comparaison des stades de développement de plusieurs embryons.
a. Embryon d'amphibien ; **b.** embryon d'oiseau ; **c.** embryon humain.

⮝ FIGURE 5. **Similitude de développement chez Trois Tétrapodes.**
D'après LECOINTRE *et al.* (2009).

- Certains développements d'espèces présentent des **points communs** (étapes ou mécanismes semblables), ce qui est souvent (mais pas toujours !) le signe d'un **apparentement évolutif** (figure 5).

7. L'unité de certains plans d'organisation

- De nombreuses structures présentent des **similitudes d'organisation** et surtout une même **localisation** dans des organismes variés, entretenant un même rapport topologique avec les structures voisines (figure 6) : cette réalité correspond à la notion *historique* d'**homologie** (proposée par OWEN en 1843). Elle suppose la notion de **plan d'organisation** (= ***schéma d'organisation caractéristique d'un embranchement ou d'un autre grand groupe taxonomique faisant référence aux différentes structures présentes chez ces organismes et aux relations anatomiques que ces structures entretiennent entre elles***).



⮝ FIGURE 6. **Plan d'organisation du membre antérieur de Mammifères (D) et variations du membre chez trois espèces (A. Dauphin, B. Chauve-Souris et C. Homme).** Le radius est coloré en violet. D'après SEGARRA *et al.* (2015), s'inspirant de LECOINTRE & LE GUYADER (2009).

B. La diversité, une autre caractéristique du vivant

1. La biodiversité : une diversité biologique envisagée à trois échelles

- À côté de son unité, le vivant présente une importante **variabilité** (**diversité biologique** = **biodiversité**) qui est classiquement envisagée à **trois échelles** (figure 7) :
  - La **biodiversité génétique** ou **biodiversité intraspécifique** : ***diversité des individus au sein d'une espèce donnée***. La diversité génétique peut s'envisager à l'échelle d'un seul **gène**, faisant référence aux **combinaisons alléliques** composant les **génotypes** d'une espèce présente en un lieu donné. Le concept de biodiversité génétique *se superpose en partie à la notion de* ***polymorphisme*** (encadré B).
  - La **biodiversité spécifique** (ou **biodiversité interspécifique**) : ***diversité des espèces au sein d'un espace donné***. C'est le **sens fréquent du terme « biodiversité »** lorsqu'il est employé par le grand-public mais aussi dans la communauté scientifique.
  - La **biodiversité écologique** ou **biodiversité écosystémique** (= **écodiversité**) : ***diversité des écosystèmes au sein d'un espace donné***.
- La biodiversité peut s'étudier et s'envisager à l'échelle mondiale mais aussi à **n'importe quelle échelle spatiale**.

Pour ceux que la biodiversité et ses enjeux intéressent : voir mon intervention en master MEEF SVT (donnée à l'Université de Nantes dans le cadre de la préparation du CAPES externe) sur mon site Internet

FIGURE 7. Les trois niveaux de définition de la biodiversité. Les gros chromosomes illustrés dans la silhouette des Campagnols symbolisent la diversité des génotypes dans la population. D'après CAMPBELL & REECE (2004).

2. Une diversité spécifique classée par les systématiciens

- La **diversité des organismes vivants** est organisée par les systématiciens dans un ***système hiérarchisé de groupes imbriqués*** qu'on appelle **classification biologique** (figure 8). Si les classifications étaient jadis avant basées sur la **ressemblance** et des **conventions** admises entre naturalistes, elles sont aujourd'hui basées sur l'**apparentement évolutif** des organismes (= leur **phylogénie**).

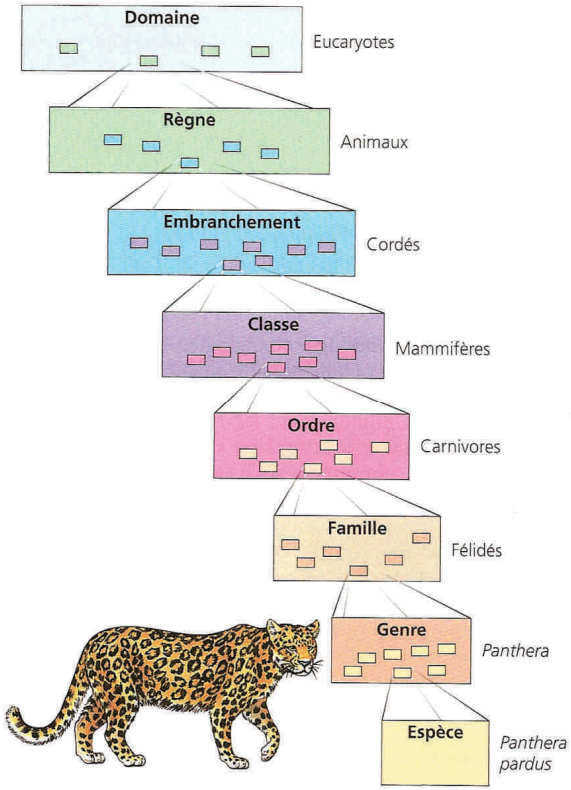


FIGURE 8. Classification du Léopard *Panthera pardus*. D'après CAMPBELL & REECE (2004).

C. Une unité et une diversité du vivant expliquées par l'évolution

- Les **points communs** entre être vivants couplés à leur diversité suggèrent un **apparentement** des organismes. On appelle **évolution** le ***processus de diversification du vivant qui conduit à l'apparition de nouveaux taxons***, c'est-à-dire de nouveaux **groupes systématiques** à commencer par des **espèces**.
- Cette évolution est aujourd'hui bien ***prouvée*** par des **données indirectes** mais aussi par de nombreuses **données directes expérimentales ou d'observation**.
- ***Tous les savoirs biologiques confirment l'évolution et sont mis en cohérence les uns avec les autres à la lumière du processus évolutif***, ce qui faisait dire au généticien américain (d'origine ukrainienne) Theodosius DOBZHANSKY (1900-1975) : ***« Rien n'a de sens en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution »*** (1973).

Voir chapitre 21 (Mécanismes de l'évolution)

D. Les niveaux d'organisation du vivant et les propriétés émergentes

1. Les niveaux d'organisation du vivant

a. Les niveaux de base

- On peut **étudier les êtres vivants** à différentes **échelles hiérarchiques** et **imbriquées**. Si l'on prend le cas typique d'un **organisme pluricellulaire**, on peut ainsi étudier les **niveaux** suivants (figure 9) :

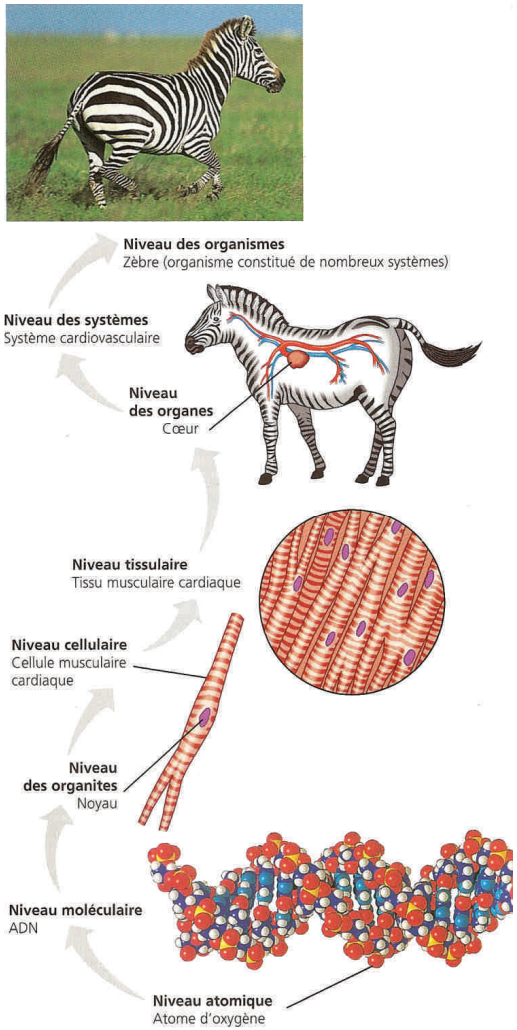


FIGURE 9. Niveaux d'organisation du vivant : de l'atome à l'organisme.
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

- **Atome** : ***très petite unité qui compose tout matériau constituée de protons, de neutrons et d'électrons***. Ordre de grandeur : 10^{-10} m (= 0,1 nm = 1 ångström = 1 Å)
- **Molécule** : ***ensemble d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes.*** Ordre de grandeur : 10^{-9} m (1 nm).
- **Compartiment cellulaire** : ***portion de liquide située dans une cellule et séparée du reste de la cellule par une membrane. Un ou plusieurs compartiments*** peuvent former un ***petit organe cellulaire spécialisé dans une fonction*** qu'on appelle **organite**. Ordre de grandeur : 10^{-6} m (1 µm).
- **Cellule** : ***unité structurale et fonctionnelle de base d'un être vivant, comprenant une information génétique, un cytoplasme et une membrane.*** Ordres de grandeur (indicatifs mais à connaître !) de **cellules types** :

Taille moyenne d'une cellule animale (y compris humaine) typique : 10 µm **Longueur moyenne d'une cellule végétale (Angiosperme) typique : 100 µm** **Taille moyenne d'une cellule bactérienne typique : 1 µm**
Ces ordres de grandeur sont **à connaître absolument** ! Ils permettent de se repérer quantitativement dans le monde biologique mais aussi de mettre des échelles sur les schémas dans les copies.

- **Tissu** : ***ensemble de cellules de même type, présentant la même structure générale et la même fonction.*** Exemple : tissu épithélial.
- **Organe** : ***assemblage organisé de plusieurs tissus dans un ensemble fonctionnel qui assure une ou des fonctions précises au sein de l'organisme.*** Exemple : cœur.
- **Système** ou **Appareil** : ***ensemble d'organes coopérant dans la réalisation d'une grande fonction dans l'organisme.*** Exemple : appareil cardiovasculaire

*> Certains auteurs font une **distinction fort subtile entre système et appareil** chez les Animaux : un **appareil** serait constitué d'**organes bien individualisés** (appareil digestif, appareil reproducteur…) alors qu'un système serait **constitué de tissus semblables mais à répartition diffuse** (système nerveux, système immunitaire).*
*> La frontière entre les deux est toutefois parfois tellement ténue que **cette distinction paraît peu utile et peu pertinente** (ex. appareil circulatoire : le cœur est bien individualisé mais les vaisseaux sont omniprésents dans toutes les structures biologiques).*

- **Organisme** ou **individu** : ***ensemble autonome de cellules qui croît, entretient des relations avec son environnement, se reproduit seul ou avec un semblable, échange de la matière et de l'énergie avec son environnement, maintient un fonctionnement et une organisation stables à courte échelle de temps, et meurt.***

b. Les niveaux écologiques

- L'**écologie** est la ***science qui étudie les relations des organismes vivants entre eux et avec leur milieu de vie*** (du gr. *oikos*, maison, habitat).

Il ne faut pas confondre « écologie » et « écologisme » (même si le premier mot est très souvent employé, surtout de nos jours, dans le sens du second) : l'écologie est une science, l'écologisme est un courant (politique, philosophique, éthique…) militant.

- On peut donc étudier les organismes vivants ou leurs interactions à des échelles **supérieures à celle de l'organisme**. Les **niveaux écologiques** les plus classiques sont les suivants (figure 10) :
  - **Individu**.
  - **Population** : ***ensemble des individus d'une même espèce qui vivent dans un lieu donné***. Exemple : tous les lapins d'une prairie.
  - **Peuplement, guilde, cohorte** : ***ensemble des individus d'un même groupe taxonomique qui vivent dans un lieu donné***. Exemple : tous les Mammifères d'une prairie.
  - **Biocénose** ou **communauté** : ***ensemble de toutes les populations qui vivent dans un lieu donné.*** Exemple : tous les êtres vivants d'une prairie.

- **Écosystème** : ***ensemble fonctionnel comprenant les êtres vivants qui vivent dans un lieu donné (biocénose) et le milieu physico-chimique dans lequel ils vivent (biotope), ainsi que toutes les interactions existant entre ces entités.*** Exemple : une prairie.

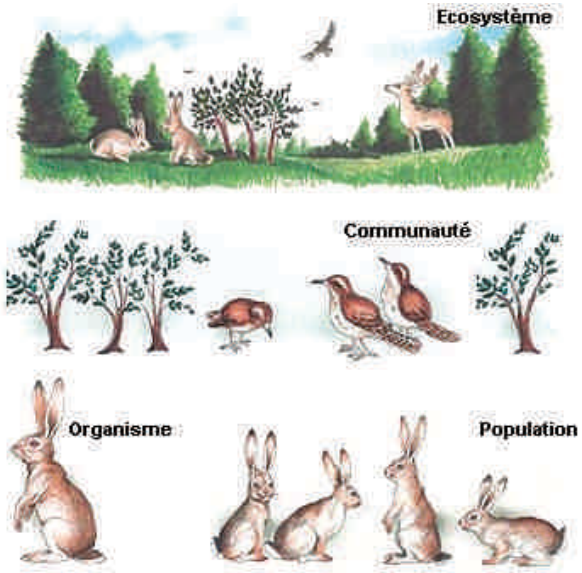


FIGURE 10. Niveaux d'organisation du vivant : de l'atome à l'organisme. www.astrosurf.com (août 2015)

- **Paysage** : ***ensemble d'écosystèmes plus ou moins différents mais interconnectés où l'homme exerce une influence variable (de nulle à très forte)***. Ex. l'est de la Madeleine.

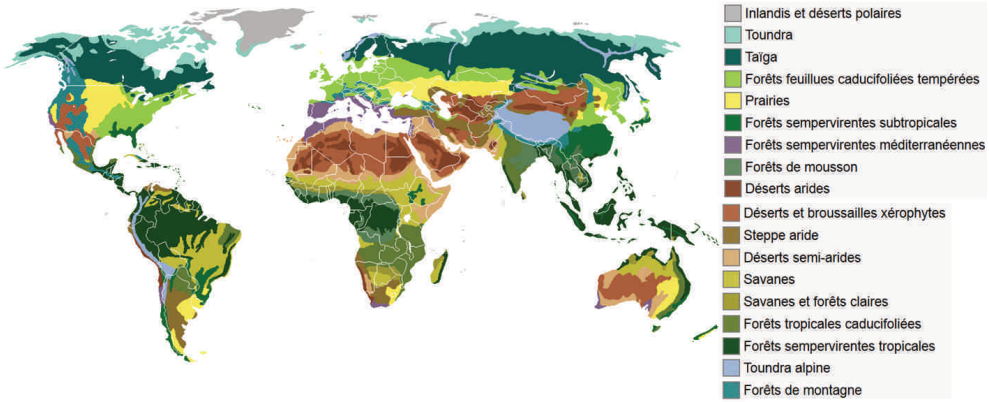


FIGURE 11. Principaux biomes terrestres. D'après *Wikipédia* (août 2015)

- **Biome** : ***ensembles de paysages en lien avec un climat particulier, notamment caractérisés par leur type de végétation prédominant*** (figure 11) Exemples : toundra, forêt caducifoliée, désert… Les biomes peuvent être regroupés en **zones biogéographiques** ou **écozones** (figure 12).
- **Biosphère** : ***ensemble de tous les êtres vivants de la planète, et de tous les milieux qu'ils habitent.***

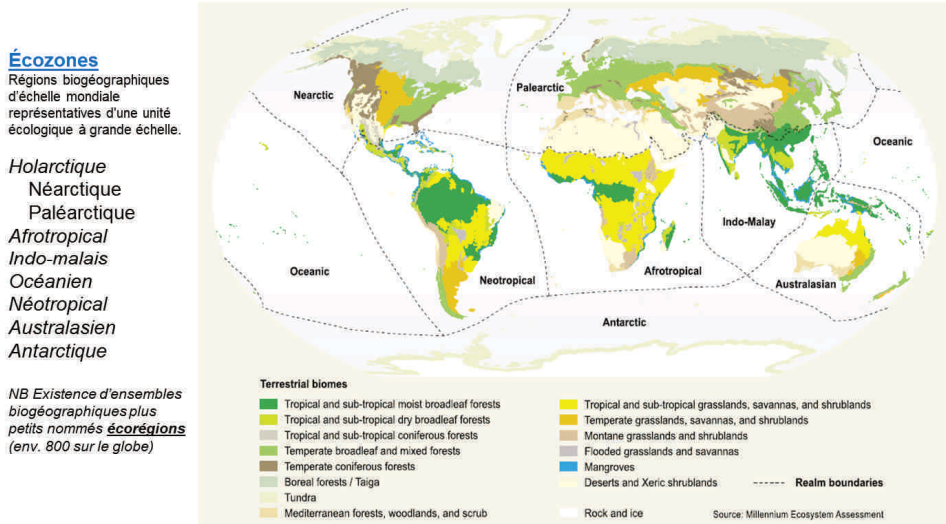


FIGURE 12. Biomes terrestres regroupés en écozones. D'après MEA (2005)

2. La notion d'émergence

a. Approche intuitive

- Partons d'une illustration : ***une molécule est plus qu'une somme d'atomes***. Ce sont des **atomes liés entre eux** dans un **certain ordre** et occupant une **certaine place** dans l'espace. *Une molécule a plus de propriétés et de caractéristiques que les atomes qui la constituent.*
- **Le tout est donc plus que la somme des parties**.

Autres illustrations :
° *Il ne suffit pas de faire un **tas de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et d'autres éléments** dans les mêmes proportions que le corps humain pour obtenir le **corps humain**.*
° *Le **cerveau** a des **possibilités supérieures** aux **neurones** qui le composent (on peut penser avec un cerveau mais pas avec un neurone par exemple).*
° *Les **cellules** ont des **propriétés plus nombreuses** que les **molécules** qui les composent.*
° *Etc.*

On peut aussi prendre des exemples non vivants pour illustrer ce concept. Ainsi, une maison a plus de propriétés que les parpaings qui la constituent.

b. Conceptualisation

- On appelle **propriété émergente** une ***caractéristique d'un niveau d'organisation non possédée par le niveau d'organisation inférieur***, autrement dit c'est une ***caractéristique que possède une structure dans son ensemble mais pas ses éléments constitutifs considérés indépendamment***. C'est une réalité fondamentale chez les êtres vivants.

E. La relation structure-fonction

- Il existe un ***lien étroit entre la structure (composition, organisation, interaction avec les alentours…) et la fonction (rôle biologique) des objets biologiques*** qu'on peut vérifier *à toutes les échelles*. La façon dont la structure permet la fonction est un ***grand axe de la pensée biologique*** et, en prépa, vous devrez vous atteler à mettre en évidence ces liens dès que possible.
- *Par exemple, le **cœur** permet la **propulsion du sang** dans l'organisme. On note qu'il est constitué d'une **paroi musculeuse** avec des **cellules particulières (cardiomyocytes)**, ce qui permet sa **contraction sur lui-même**. À l'intérieur, il comprend **deux cavités** qui peuvent **se remplir de sang**, ce qui permet le remplissage et l'expulsion du sang grâce à une **contraction rythmique**. Cette **contraction rythmique** est permise par le **tissu nodal** qui propage une **dépolarisation** régulièrement le long de l'organe, permettant son **automatisme**. En outre, des **récepteurs hormonaux et nerveux** permettent la **modulation de l'activité cardiaque**, autorisant une **adaptation** à l'activité de l'organisme.*

II. L'étude du vivant : quelques repères conceptuels

- Les **sciences du Vivant** ou **sciences de la vie** forment un ***ensemble de disciplines scientifiques étudiant le phénomène vivant*** qu'on peut réunir dans le vocable de **biologie** au sens large. Ces disciplines s'appuient sur des **faits** et **modalités de raisonnement** qui permettent de ***construire une explication matérialiste*** du phénomène vivant.

A. La biologie, une discipline plurielle aux multiples facettes

- On peut **diviser la biologie** en de multiples **sous-disciplines qui se recoupent, se chevauchent et sont interdépendantes** ; ce découpage, répandu dans le monde académique, est assez **artificiel**.

1. Une étude du vivant possible à toutes les échelles

a. À l'échelle de la molécule

- La **biochimie** (du gr. *bios*, vie, et *logos*, discours, étude) est ***l'étude des molécules du vivant et du fonctionnement des êtres vivants envisagée à l'échelle moléculaire (ou atomique, ionique…)***. Elle s'appuie sur des notions de **chimie**, notamment la **chimie des solutions aqueuses** et la **chimie organique**. On peut y placer :
  - La **biochimie structurale** qui ***étudie la structure et l'organisation des molécules biologiques en lien avec leur fonction***.
  - La **biochimie métabolique** (du gr. *metabolê*, transformation, changement) qui ***étudie les réactions chimiques qui se déroulent dans un être vivant ou dans une cellule***.
  - L'**enzymologie** (qu'on peut inclure dans la biochimie métabolique) qui ***étudie le fonctionnement des enzymes***.

> Le terme **biologie moléculaire** peut désigner plusieurs réalités selon les auteurs :
> - *Pour certains (par exemple Breuil, 2003), il s'agit plus ou moins d'un **synonyme de biochimie**.*
> - *Pour d'autres auteurs (par exemple Berthet, 2006) il s'agit plus spécifiquement de l'**étude des protéines et des acides nucléiques (ADN, ARN)** qui sont les **macromolécules** du vivant.*
> - *Pour la plupart des auteurs modernes et dans le monde académique, ce terme renvoie spécifiquement à l'**étude des acides nucléiques et plus généralement de tous les mécanismes génétiques ayant lieu à l'échelle cellulaire et moléculaire (codage, organisme du génome, expression, régulation, conservation…)** ; il s'agit alors d'un synonyme de **génétique moléculaire**. C'est là l'usage le plus répandu.*
>
> *Dans un même ordre d'idée, on parle couramment des « **techniques de biologie moléculaire** » pour désigner les techniques utilisées dans ce domaine (notamment dans le troisième sens : celui de la **génétique moléculaire**).*

b. À l'échelle de la cellule

- La **biologie cellulaire** est ***l'étude des cellules, du point de vue de leur structure*** (**cytologie**, du gr. *kutos*, cavité, puis cellule) ***et de leur fonctionnement*** (**physiologie cellulaire**), s'appuyant sur des disciplines et des approches variées (biochimie, biologie moléculaire, génétique…).

FIGURE 13. Biologiste au travail. D'après Lesmetiers.net (août 2015)

c. À l'échelle de l'organisme

- La **morphologie** (du gr. *morphê*, forme) est ***l'étude de la forme, c'est-à-dire de l'organisation externe des organismes***. Elle peut être considérée comme une branche de l'**anatomie** (du lat. *anatomia*, dissection) qui ***étudie la structure et l'organisation des organismes vivants*** (couramment, la « morphologie » a trait à l'anatomie externe et « l'anatomie » au sens strict traite de l'anatomie interne). L'**histologie** est l'***étude microscopique et descriptive des tissus***.
- La **physiologie** (du gr. *phusis*, nature, racine utilisée pour désigner le fonctionnement) est ***l'étude du fonctionnement des organismes*** (on peut parler de physiologie humaine, physiologie végétale…). La **pathologie** s'intéresse aux ***dysfonctionnements et maladies des organismes***.
- La **microbiologie** (du gr. *micros*, petit) regroupe ***toutes les disciplines qui s'intéressent aux organismes unicellulaires, le plus souvent invisibles à l'œil nu (micro-organismes)***. On y trouve la **bactériologie** qui s'intéresse aux ***organismes procaryotes***.
- L'***étude du comportement animal*** porte le nom d'**éthologie** (du gr. *ethos*, mœurs, coutumes, comportement) ; la ***partie de l'éthologie qui envisage cette étude sous***

l'angle évolutif, adaptatif et écologique porte le nom d'**écologie comportementale** (ou **éco-éthologie**).

- La **biologie du développement** étudie ***comment se construit un organisme à partir du zygote***, cellule issue de la **fécondation**. La ***partie descriptive du développement chez les Animaux*** est l'objet de l'**embryologie**.

d. Aux échelles supérieures

- L'**écologie** (du gr. *oikos*, maison, habitat) est la ***science qui étudie les relations des organismes vivants entre eux et avec leur milieu de vie***. Elle peut se décomposer entre de multiples sous-disciplines selon l'échelle d'étude envisagée : on pourra ainsi parler de **biologie (ou écologie) des populations** (= **démécologie**), de **biocénotique**, de **biologie (ou écologie) des communautés** ou **biocénotique**, de **biologie (ou écologie) des écosystèmes** (= **synécologie**), d'**écologie du paysage** (étude à grande échelles d'écosystèmes interdépendants) … Au sein de l'écologie, on peut aussi citer l'***autoécologie*** (ou ***autécologie***) qui ***étudie les relations entre un organisme et son biotope***, s'appuyant beaucoup sur l'**écophysiologie** qui ***étudie comment le fonctionnement d'un organisme répond aux contraintes de son environnement***.
- La **biogéographie** est ***l'étude de la répartition des êtres vivants sur Terre et des raisons de cette répartition***. Selon les groupes étudiés, on peut parler de **zoogéographie**, de **phytogéographie**, de **paléobiogéographie**…
- On parle parfois d'**écologie globale** pour désigner ***l'étude des phénomènes écologiques à l'échelle planétaire, y compris les enjeux d'origine anthropique***. Exemples de thématiques : cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire, réchauffement climatique…
- La **biologie (ou écologie) de la conservation** est une ***discipline qui étudie comment la biodiversité disparaît (notamment sous l'effet de l'action humain), comment la sauvegarder et comment éventuellement la restaurer (écologie de la restauration)***.
- Enfin, on trouve de l'écologie dans la ***science qui étudie le climat*** (**climatologie**), la ***science qui étudie les sols*** (**pédologie**) ou encore la ***science qui étudie les océans*** (**océanologie** ou **océanographie**).

e. La vie au fil des générations d'individus ou de cellules : la génétique

- La **génétique** (du gr. ou lat. *genesis*, naissance, création) est la ***science qui étudie les caractères héréditaires, leur support physique, leurs mécanismes d'expression et leurs mécanismes de transmission au fil des générations de cellules ou d'individus***. On peut y placer diverses sous-disciplines, par exemple :
  - la **génétique classique** (parfois dite **mendélienne**, en référence à l'Autrichien Johan Gregor MENDEL – 1822-1884 – dont les travaux furent précurseurs en la matière) : ***étude de la transmission des caractères au fil des générations d'individus***.
  - la **génétique moléculaire** (ou **biologie moléculaire**, selon de nombreux auteurs) : ***étude des mécanismes moléculaires et cellulaires permettant le codage, l'expression, la régulation et la transmission de l'information génétique.***
  - la **génétique du développement** : ***étude du déterminisme génétique du développement des organismes***.
  - la **génétique des populations** : ***étude de la dispersion des caractères héréditaires au sein des populations***.
  - la **génétique évolutive** : ***science de synthèse qui s'appuie sur les divers aspects de la génétique de manière à élucider les mécanismes génétiques de l'évolution biologique***.

On appelle **information génétique** ***l'ensemble des données codées dans l'ADN d'un individu qui permettent le fonctionnement et l'édification de cet organisme***. Il s'agit d'une information ***transmissible*** au fil des générations de cellules et d'individus.

2. Une étude de la diversité du vivant

- La **systématique** est la ***science qui a pour objectifs de décrire, nommer, identifier, inventorier et classer la biodiversité spécifique (et de rang supérieur)***. On peut aussi l'appeler **taxonomie**, même si **certains auteurs font une différence** entre les deux termes.
- La **paléontologie** ou **paléobiologie** étudie la ***diversité des faunes et flores fossiles***. On peut parler, selon les groupes étudiés, de paléozoologie, paléobotanique, paléoentomologie…
- La diversité des êtres vivants est produite par l'évolution ; la ***discipline de synthèse qui s'intéresse à l'évolution*** porte le nom de **biologie évolutive**.

- L'***étude des organismes dans leur diversité mais aussi l'intégration de leur physiologie, leur écologie, leur comportement…*** forment des disciplines qu'on peut nommer en fonction du groupe étudié : **zoologie** (Animaux), **botanique** (« plantes »), **mycologie** (« champignons »), **phycologie** ou **algologie** (« algues »), **entomologie** (Insectes)…

3. Des disciplines moléculaires récentes et globalisantes : les « -omiques »

- En lien avec les **développements fulgurants de la biologie moléculaire et de ses techniques**, on peut aujourd'hui s'intéresser de manière globale à l'étude d'objets génétiques ou biochimiques (figure 14) :
  - la **génomique** désigne ***l'étude (ou les techniques d'étude globale)*** du **génome**, c'est-à-dire ***l'ensemble des gènes et de l'ADN d'un individu ou d'une espèce***.
  - la **transcriptomique** désigne ***l'étude (ou les techniques d'étude globale)*** du **transcriptome**, c'est-à-dire ***l'ensemble des ARN d'une cellule, d'un individu ou d'une espèce***.
  - la **protéomique** désigne ***l'étude (ou les techniques d'étude globale)*** du **protéome**, c'est-à-dire ***l'ensemble des protéines d'une cellule, d'un individu ou d'une espèce***.
  - la **métabolomique** désigne ***l'étude (ou les techniques d'étude globale)*** du **métabolome**, c'est-à-dire ***l'ensemble des petites molécules biologiques issues du métabolisme (dont on exclut souvent les polymères) d'une cellule, d'un individu ou d'une espèce***.
  - la **lipidomique** désigne ***l'étude (ou les techniques d'étude globale)*** du **lipidome**, c'est-à-dire ***l'ensemble des lipides d'une cellule, d'un individu ou d'une espèce***.
  - la **glycomique** désigne ***l'étude (ou les techniques d'étude globale)*** du **glycome**, c'est-à-dire ***l'ensemble des glucides d'une cellule, d'un individu ou d'une espèce***.

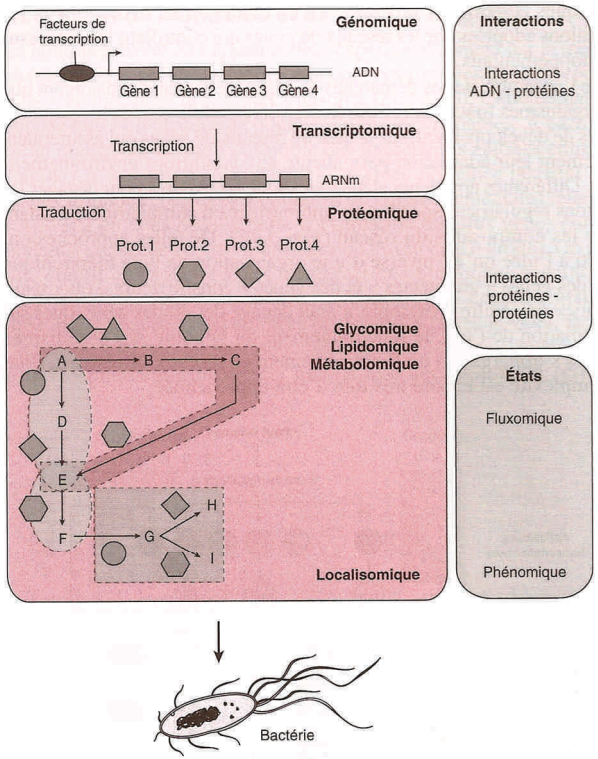


Schéma récapitulatif spécifiant les flux d'information allant du génome au phénotype et indiquant les types de données utilisées pour décrire les processus biologiques intégrés.

De haut en bas, on trouve successivement, l'ADN (génomique) transcrit d'abord en ARN (transcriptomique) et traduit ensuite en protéines (protéomique) qui elles-mêmes peuvent catalyser des réactions qui agissent ou donnent naissance à des métabolites (métabolomique) parmi lesquels on trouve des glycoprotéines et des oligosaccharides (glycomique) et différents lipides (lipidomique). Beaucoup de ces composants peuvent être marqués et localisés au sein de la cellule ou de l'organisme (localisomique). Les processus responsables de la formation et de la modification des composants sont basés habituellement sur des interactions moléculaires (interactions entre protéines et ADN par exemple pour la transcription, ou entre protéines dans la traduction et les réactions enzymatiques). Finalement, les voies métaboliques comportent des réseaux intégrés, des cartes de flux (fluoxomique) qui dictent le phénotype cellulaire ou de l'organisme (phénomique).

FIGURE 14. Les « -omiques ». D'après PETIT & JULIEN (2007)

B. La biologie, une discipline qui interroge et explique le réel

- L'élaboration des **savoirs** en Sciences de la Vie obéit à des **règles** plus ou moins codifiées qui permettent d'appréhender les objets vivants. On qualifiera de **démarche scientifique** une démarche qui répond à ces règles. Il est à noter qu'il existe non *pas une* mais ***des*** **démarches.**
- Les **méthodes** permettant aux scientifiques de **construire des connaissances** ont **évolué au cours de l'histoire des sciences** et demeurent aujourd'hui **variées**, ne rentrant pas forcément toujours dans des « cases » bien établies.

1. Une approche matérialiste, déterministe et ouverte à la réfutation

- La biologie est une **science** et répond aux critères qui fondent la science.

a. Une méthodologie matérialiste

- La science est **matérialiste** par ***méthode*** : ***elle s'intéresse au monde matériel et explique la matière par la matière***. Il lui est impossible d'avoir recours à des explications surnaturelles, à des entités transcendantes ou immatérielles (dieux, esprit, âme…).
- *Attention,* ***le matérialisme de la science n'est pas métaphysique*** *: la science ne dit pas qu'il existe ou qu'il n'existe pas de Dieu, d'âme… Elle ne peut tout simplement pas répondre à ces questions qui sont du ressort de la* ***métaphysique*** *et sortent de son champ d'application puisque, par nature,* ***la science n'a pas accès à l'immatériel (elle ne peut donc ni postuler, ni infirmer son existence)****. La réponse à ces questions n'a pas d'importance pour la science.* Chacun est donc libre d'avoir ses **croyances** à condition de ***ne pas chercher à les faire entrer dans le champ de l'explication scientifique*** et de ***ne pas vouloir modifier les savoirs scientifiques pour les faire coller à une philosophie personnelle***.
- Les scientifiques athées, agnostiques, musulmans, chrétiens, juifs, bouddhistes… n'ont pas les mêmes opinions métaphysiques mais, en revanche, ***ils ont la même explication scientifique du monde – ou alors débattent de certains points uniquement dans le champ de l'explication matérialiste***. Ce **matérialisme méthodologique** est un ***fondement de l'indépendance intellectuelle de la science*** et une garantie d'une ***méthode universelle de production de la connaissance*** basée sur un dialogue structuré et objectif entre des **faits matériels** et la **raison**.

b. Une démarche déterministe

- L'**approche déterministe** suppose deux choses :
  - On remonte des conséquences vers les causes : ***un phénomène est donc explicable par des causes en amont qu'il convient de rechercher***.
  - ***Les mêmes causes produisent normalement les mêmes effets*** (**principe de causalité**).
- ***La matière (et, dès lors, le fonctionnement des êtres vivants) ne poursuit aucun but, aucun objectif, aucune finalité*** pour le scientifique. La science n'a donc pas recours dans son champ explicatif aux **causes finales**, c'est-à-dire des ***causes pré-existantes en vue desquelles une entité ou un processus matériels se seraient mis en place***. La science ***ne peut donc pas recourir à la volonté des objets matériels (y compris biologiques) ou d'une entité transcendante***. L'**approche finaliste** ou **finalisme** est donc une grosse entorse à la science.
- Pour autant, il peut être très **tentant** de faire preuve, consciemment ou non, de **finalisme** dans le discours scientifique (encadré B). Le scientifique britannique John B. S. HALDANE (1892-1964) disait ceci : *« la téléologie* [= le finalisme] *est comme une maîtresse pour le biologiste : il ne veut pas être vu en public avec elle mais il ne peut pas vivre sans elle »*. Le biologiste français François JACOB en a produit une variante (*« La téléologie est pour le biologiste une maîtresse : 1/ il ne peut pas s'en passer, 2/ il n'ose pas sortir avec »*).

Encadré B Principes et pièges à éviter dans le discours scientifique

Principes généraux du discours scientifique

➢ Le **discours scientifique** se doit d'être :
° **Matérialiste** : ***il n'explique que la matière et exclut toute explication par l'immatériel***.
° **Déterministe** : ***il refuse toute finalité et raisonne en termes de causes et conséquences***.
° **Factuel** : ***il doit respecter les données concrètes disponibles***.
° **Rationnel** : ***il doit respecter les principes de la logique et de la raison***.
° **Cohérent** : ***il ne pas doit pas comporter de contradictions***.
° **Objectif et neutre** : ***il ne doit pas comporter d'opinion personnelle ou de jugement de valeur ou moral ; il s'efforce de se borner à des donner des faits et à les expliquer***.

Les pièges et écueils à éviter

Le finalisme

➢ Le **finalisme** consiste à ***expliquer les faits par des objectifs ou des intentions***.
° Exemple : *« Les Mammifères ont des yeux pour voir, avec un cristallin pour concentrer les rayons lumineux et une rétine pour les capter »*.
° Pourquoi c'est faux ? Les yeux des Mammifères ne sont pas là « pour » voir ; aucun organisme ne s'est dit un jour « Tiens, il faut que je voie, et si j'inventais les yeux ? » ou une entité extérieure ne s'est pas dit « il faut que les organismes voient, je vais leur faire des yeux ».
° Les yeux sont le produit d'une longue évolution. Des organismes ont jadis produit par « accident » (suite à une mutation) des taches photosensibles qui se sont perfectionnées peu à peu et il se trouve que les organismes capables de capter la lumière puis de voir ont été sélectionnés par rapport aux autres individus qui n'avaient pas cette capacité ou possédaient des yeux moins efficaces. Il n'y a donc jamais eu de « besoin » d'yeux ; il s'est trouvé que ces structures apparues par hasard ont été conservées par l'évolution parce qu'elles donnaient un avantage sélectif à ses détenteurs.
° La fonction des yeux est donc bien de voir, mais pas leur but ! C'est bien parce que [cause !] les organismes voyaient qu'ils ont mieux survécu et donc que les yeux ont été conservés.
° Phrase corrigée : *« Les Mammifères possèdent des yeux qui assurent la vision, avec un cristallin qui concentre les rayons lumineux et une rétine qui les capte »*. Et là, on parle bien en termes de fonction, de cause et de conséquence.

Important : ***à l'idée d'objectif ou de but, la biologie substitue la notion de fonction ou rôle biologique*** (la fonction des yeux est la vision, mais les yeux n'ont pas pour but de voir !).

Astuce : ***n'utilisez pas les termes « but », « objectif »… et soyez très vigilants sur l'emploi des termes « pour » ou « afin de/que » qui expriment souvent le but***. Utilisez plutôt l'idée de « fonction », de « rôle », « d'intérêt » en biologie… et les verbes « permettre », « assurer » … Ou décrivez simplement les choses de manière détachée (cf. phrase donnée en exemple ci-dessus).

L'anthropomorphisme

➢ L'**anthropomorphisme** consiste à ***prêter des pensées, des intentions ou des émotions aux choses ou aux êtres vivants*** ; attention, on peut faire de l'anthropomorphisme sans s'en rendre compte.
° Exemple : *« Les Vers de terre ont répondu à cette question au moyen de leur tégument », « L'hiver est une période compliquée pour la plante », « Les Mammifères ont donc inventé des organes spécialisés »…*

L'anthropocentrisme

➢ L'**anthropocentrisme** est une ***vision centrée sur l'exemple de l'homme qui traduit l'idée que nous occupons une place centrale dans la nature*** *(« Les hommes sont au sommet de l'évolution » …)*.

Le scalisme et le gradisme

➢ Le **scalisme** est l'***idée qu'il existe une échelle des êtres dans la nature et que tous les êtres vivants n'y occupent pas la même place*** : les Animaux seraient supérieurs aux Plantes, les Vertébrés seraient plus complexes que les « invertébrés », les Mammifères seraient supérieurs aux autres Tétrapodes et les êtres les plus aboutis et les plus complexes seraient évidemment les Hommes. *Rien ne légitime scientifiquement une telle vision des choses*.
➢ Le **gradisme** est une ***approche de l'évolution biologique*** empreinte des mêmes fondements : le gradisme ***postule l'existence de « bonds évolutifs » et l'existence de paliers dans l'évolution*** : cette vision reconnaît les groupes paraphylétiques [**grades**] ; on lui reproche son manque d'objectivité et de scientificité, ainsi que le scalisme inconscient qui y est associé
° **Les grades ('reptiles', 'poissons'…) sont à proscrire à l'heure des classifications phylogénétiques**. De la même façon, les **groupes à jugement de valeur** tels que « Vertébrés supérieurs », « Plantes inférieures » n'ont **aucune pertinence** (tous les organismes ont le même nombre d'années d'évolution depuis l'ancêtre commun à tous les êtres vivants ; aucun n'est donc plus évolué ou supérieur à un autre !).

Voir chapitre 22 (Systématique et relations de parenté entre organismes)

Le vitalisme

Le **vitalisme** postule qu'il faut ***recourir à un principe immatériel transcendant la matière pour expliquer le vivant*** alors que la **biologie** est une **explication matérialiste du vivant**.

Le panglossisme et l'adaptationnisme

Le **panglossisme** en biologie est une ***vision du monde vivant où les structures et processus biologiques sont « optimaux » et parfaitement adaptés à leur fonction***, à l'image de la philosophie du PANGLOSS voltairien dans *Candide* pour qui *« tout est au mieux dans le meilleur des mondes »*. Rien ne pourrait être mieux ! L'**adaptationnisme** consiste à ***analyser toutes les structures sous l'angle de l'adaptation évolutive de manière excessive***, comme si la sélection naturelle expliquait absolument tout.

Les jugements de valeur, les jugements moraux, les prises de position personnelles

La science ***juge des faits*** mais n'émet pas de **jugements de valeurs** ou de **jugement moraux**.
° Exemple : La science décrit la reproduction du Pissenlit mais ne dit pas si c'est bien ou mal que ça se passe de cette manière ou si le Pissenlit aurait mieux fait de se reproduire autrement !
° Le ***fait que la science n'émette pas de jugements moraux a d'ailleurs parfois pour conséquence que l'on croit qu'elle pousse l'homme vers des comportements immoraux. Or la science n'est pas immorale (= opposée à la morale) mais elle est amorale (= ne se prononce pas dans le champ de la morale qui lui est totalement extérieur)***. **Aucune considération morale, politique, philosophique ou métaphysique ne vient restreindre son autonomie intellectuelle dans la construction des savoirs produits**. *Cela n'empêche pas la science de **restreindre sa recherche**, c'est-à-dire de s'interdire des travaux, si les autorités le lui interdisent ou si les convictions morales personnelles du scientifique le poussent à ne pas entreprendre une étude (exemple de la recherche sur les embryons). Mais ces considérations n'interviennent pas dans le champ intellectuel intrinsèque de la construction des savoirs scientifiques.*
° Ainsi, la **science**, en tant que **somme de connaissances**, n'est ni bonne, ni mauvaise : **elle explique, c'est tout** (**science fondamentale**). Elle est ***indépendante des usages qu'il est fait de ces connaissances***. On peut en effet ***utiliser les connaissances scientifiques pour répondre à des besoins humains*** : les solutions apportées sont du ressort de la **technique** ou « **science appliquée** ». On peut ainsi soigner des maladies, construire des fusées ou produire des bombes atomiques ; mais les connaissances qui ont permis cela ne sont ni bonnes, ni mauvaises en soi, ce sont les **intentions des utilisateurs de ces connaissances** qui sont à discuter.

Important : dans une copie ou un oral, **vous pouvez exprimer rapidement l'existence d'enjeux humains ou de débats de société**. Même si ce n'est pas de la science en tant que telle, ce sera sans doute apprécié de la part de futurs ingénieurs, cadres ou vétérinaires. Mais **restez modérés** dans vos **prises de position** et **expliquez le débat** *sans prendre trop clairement parti* !

L'écologisme

➢ L'**écologisme** (« écologie » du langage courant) est un ***courant de pensée militant, philosophique, éthique, moral, politique… qui cherche à protéger la planète et ses ressources (biologiques ou abiotiques) d'une dégradation par la pression humaine***. S'il peut baser son

discours sur des faits scientifiques, il est en lui-même un corpus idéologique qui n'est donc ***pas de la science en tant que tel***.

Important : là encore, dans une copie ou un oral, **vous pouvez exprimer l'existence d'enjeux écologique**. Mais restez circonspects et modérés là encore. ***Évitez le couplet acerbe sur les méchants hommes qui détruisent tout !***

Le lyrisme ou l'humour

➢ Le discours scientifique s'abstient normalement de faire dans la **grandiloquence** (« Les cellules, ces passionnants sujets d'étude… », « La biologie, c'est génial ! » …) ou dans la **blague**. Même si vous en tenez une bien bonne, gardez-la pour vos amis mais elle n'aura pas sa place dans un texte scientifique, et encore moins dans une copie.

c. Répétabilité (= reproductibilité) et réfutabilité (= falsifiabilité)

- ***Les connaissances scientifiques se fondent sur des observations, des mesures, des résultats d'expériences… que n'importe quel scientifique doit pouvoir obtenir dans les mêmes conditions en vertu du principe de causalité***. C'est la **répétabilité** ou **reproductibilité** des résultats.

Les chercheurs **publient** leurs travaux, le plus souvent dans des **revues périodiques plus ou moins spécialisées**. Leur travail est ainsi **accessible à l'ensemble de la communauté scientifique**, pouvant être ainsi **reproduit** et/ou **réfuté**. La grande majorité des journaux scientifiques possède un **comité de lecture** qui **sélectionne** les articles en vertu de leur pertinence et de leur caractère plus ou moins novateur. Ce comité ***soumet alors les manuscrits à des experts (eux aussi scientifiques du domaine) avant publication***, ce qui peut ***susciter de nombreux échanges entres relecteurs et auteurs*** afin d'obtenir un article de qualité. C'est le principe de la « **révision par les pairs** » ou ***peer-reviewing***.

- Le concept de **réfutabilité**, notamment popularisé par le philosophe autrichien Karl POPPER (1902-1994), stipule qu'***une connaissance doit, pour être considérée comme scientifique, être ouverte à la réfutation***.

Ce point est très intéressant mais un peu technique et mériterait un ample développement, ainsi que l'explication des théories philosophiques concurrentes pour vraiment saisir complètement les enjeux… Je le cite pour information ; ceux qui veulent creuser pourront le faire.

- *Il est à noter que, **si l'on suit de manière rigoureuse le principe de réfutabilité, rien n'est jamais sûr en sciences !** Ainsi, « les êtres humains sont mortels » ou « la Terre possède un satellite qui s'appelle la Lune » doivent être des affirmations ouvertes à la réfutation pour être considérées comme scientifiques ! Or il y a peu de chances qu'elles soient un jour remises en cause… On touche là aux **limites de la philosophie poppérienne**.*

- La ***science suppose vrais ses faits et théories tant qu'on n'a pas montré par de nouvelles observations / mesures / expériences qu'ils étaient faux***. La science ne cesse donc de se perfectionner, non seulement par **accumulation** de données nouvelles mais aussi par **remise en cause** de certains savoirs.

On appelle **paradigme** (du gr. *paradeigma*, modèle) un ***ensemble de lois et de savoirs scientifiques qui fait autorité à une date donnée et est reconnu par l'ensemble (ou la grande majorité) des scientifiques d'une époque*** (ex. théorie cellulaire, théorie de l'évolution, théorie du Big Bang…). Les paradigmes constituent ainsi des **cadres conceptuels** sur lesquels s'appuient la réflexion et la recherche scientifiques. Pour des philosophes comme l'Américain Thomas KUHN (1922-1996), les grandes **révolutions scientifiques** viennent justement de la **remise en cause des idées établies** et donc des **paradigmes**.

2. La démarche biologique

a. Questionnement scientifique et hypothèse

- Au point de départ d'une **investigation scientifique**, il y a toujours **observation** d'un ***phénomène qui interroge*** : cela conduit à une **question scientifique** souvent appelée **problème**. Pour répondre à cette question, le scientifique utilise une **démarche scientifique** qui lui permet au final de **construire une connaissance**, à savoir la *réponse à la question*. Il est souvent question, dans une démarche scientifique, d'une **hypothèse**, ***proposition de réponse possible formulée par le scientifique qui oriente sa recherche et sa démarche***.

Remarque : il peut aussi ne pas y avoir d'hypothèse et la connaissance peut naître d'une observation sans questionnement *a priori*.

On appelle **raisonnement hypothético-déductif** une ***démarche intellectuelle qui fait appel, au moins en partie, à une ou des hypothèses qui ne sont pas vérifiées au départ et seront soumises à vérification plus tard dans le raisonnement***. Cette vérification se fait grâce à des **éléments concrets apportés par toute stratégie d'investigation** (**expérience** par exemple) dont on déduira si la ou les hypothèses de départ étaient justes.

b. Expérience, observation, mesure

- On appelle **expérience** une ***mise à l'épreuve du réel dans des conditions contrôlées et choisies par l'expérimentateur***. Elle suppose, pour être valide, d'***isoler les paramètres étudiés*** et de ***ne les faire varier qu'un à un***.
- Une **mesure** est une ***valeur chiffrée (généralement obtenue à l'aide d'un appareil spécifique) qui nous renseigne sur une grandeur matérielle*** (concentration, pH, intensité lumineuse, longueur d'allongement…).
- Une **observation** est un ***suivi attentif de phénomènes matériels sans les modifier, à l'aide de moyens d'étude appropriés***. On l'oppose souvent à l'expérience. Le physiologiste et médecin Claude BERNARD (1813-1878) disait ainsi : *« L'observation est l'investigation d'un phénomène naturel, l'expérience est l'investigation d'un phénomène modifié par l'expérimentateur »*. Pour autant, ***il peut y avoir une phase d'observation dans une expérience***, notamment dans l'obtention des résultats (la modification du réel étant intervenue en amont).
- Expériences, mesure et/ou observations sont des ***stratégies qui permettent de confronter le réel à des hypothèses dans le but de répondre à un problème***.

c. La démarche expérimentale, repère dans la structuration du raisonnement scientifique

- Théorisée par des gens comme Claude BERNARD (1813-1878), cette démarche est utilisée par les **sciences** dites **expérimentales**, notamment les **sciences de la vie**. *Attention, elle n'est néanmoins pas la seule modalité d'élaboration du savoir dans ces disciplines*. On peut résumer les étapes de cette démarche (figure 16, page 15) par le sigle « **OPHERIC** » (ou traditionnellement OHERIC) : **Observation**, **Problème**, **Hypothèse**, **Expérience**, **Résultats**, **Interprétation**, **Conclusion**. Dans la pratique, ***il peut arriver que certaines étapes soient plus ou moins marquées***, voire fassent parfois défaut.

d. Un concept pédagogique : la démarche d'investigation

- On peut parler de **démarche d'investigation** (figure 15) pour désigner ***l'ensemble des démarches et stratégies scientifiquement ou pédagogiquement valides qui permettent de répondre à une question scientifique***. Le terme, inventé par des spécialistes de **pédagogie**, renvoie surtout à des activités envisageables en classe,

plus ou moins encadrées par l'enseignant. Une démarche d'investigation ressemble beaucoup à la démarche expérimentale (qui en est un cas particulier) mais la phase « expérience » peut être remplacée par ***toute autre stratégie qui permet de tester une hypothèse*** et d'apporter au final une réponse au problème.

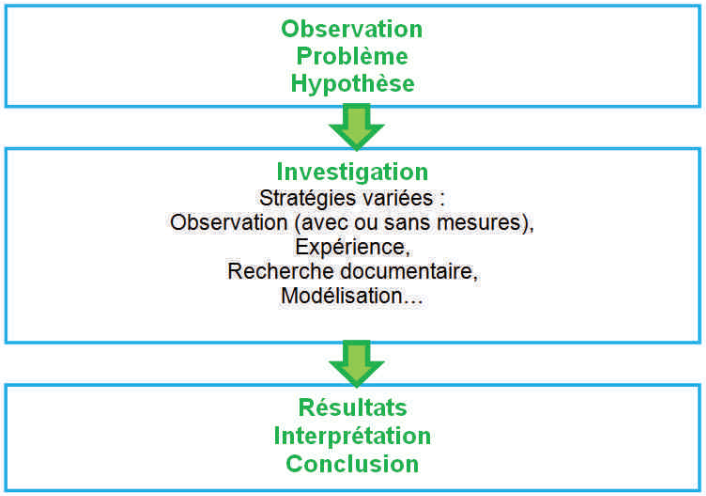


FIGURE 15. La démarche d'investigation.

3. La conceptualisation et la théorisation : des faits aux théories

a. Induction et généralisation

- Nous l'avons vu, ***l'acceptation d'une connaissance scientifique suppose la répétition et la reproductibilité des résultats obtenus***. On fonde généralement une connaissance scientifique sur de **nombreux cas observés** : ***on part donc du particulier pour ensuite formuler des lois générales*** : on dit qu'on « généralise » ou qu'on « extrapole » les résultats. Ce ***mode de raisonnement qui va du particulier vers le général*** porte le nom d'**induction**.

Notez que l'induction n'est pas la seule modalité de raisonnement biologique, mais c'est la plus courante.

b. Les faits, briques élémentaires de la science

- Les **faits** sont des ***données observées, mesurées… des résultats obtenus par les scientifiques lors de leurs investigations sur le réel***. Les faits sont rassemblés par les scientifiques et sont les ***briques élémentaires de la science***. Pour autant, ***ils ne suffisent pas à faire une science*** : la science est justement la mise en cohérence des faits qui doivent **s'expliquer mutuellement** et **s'intégrer dans un ensemble vraisemblable et rationnel**.
- Le mathématicien, physicien et philosophe Henri POINCARE (1854-1912) disait ainsi : *« On fait la science avec des faits comme une maison avec des pierres mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison. »*

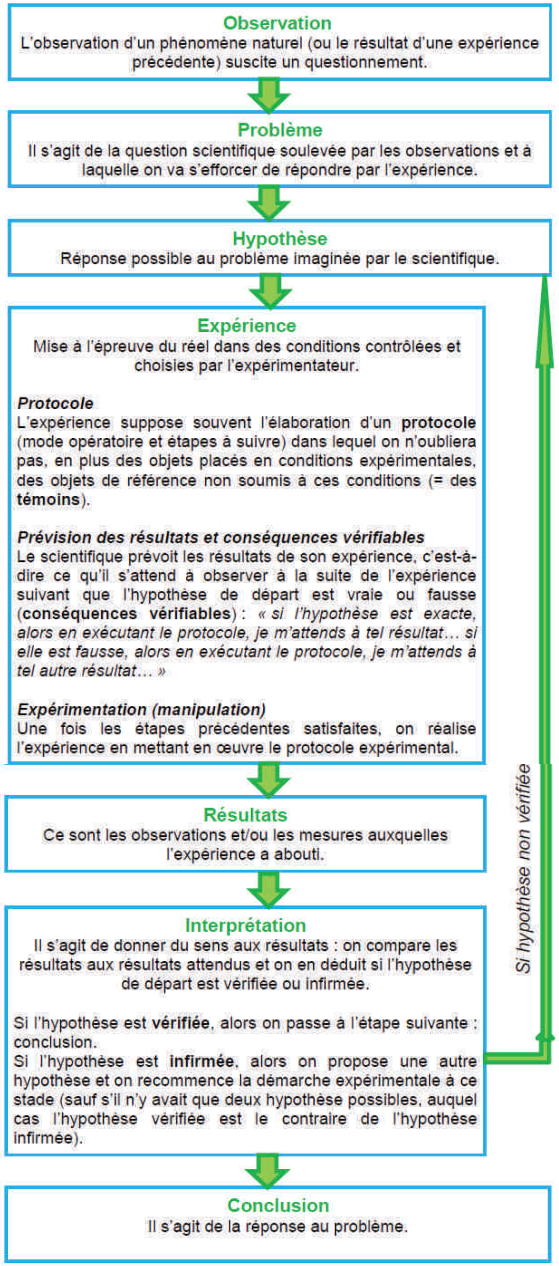


FIGURE 16. La démarche expérimentale.

c. Les théories, ensemble de savoirs cohérents

- Une **théorie** (du gr. *theorein*, contempler, observer, examiner) est un ***ensemble de savoirs scientifiques, comportant des faits, leur explication et leur mise en cohérence au sein d'un ensemble sans contradiction satisfaisant pour la logique et la raison***. Il s'agit donc d'un **corpus explicatif** : **la connaissance scientifique n'est finalement pas autre chose qu'une somme de faits et de théories**.
- Attention, ***théorie ne veut pas dire hypothèse***, contrairement à ce que laisse supposer le langage courant. Si des points peuvent être **débattus** ou encore **en investigation** dans une théorie, elle n'est pas pour autant nécessairement au stade d'hypothèse. La **théorie cellulaire** ou la **théorie de l'évolution** sont par exemple des théories **solides**, **prouvées** et **étayées**.

d. La modélisation : simplifier pour comprendre

- Sans cesser de chercher à saisir la **complexité** des objets réels et des processus qui animent la matière, la science est souvent contrainte de ***réduire ses investigations à certains paramètres et de simplifier les objets d'étude*** : c'est la **modélisation**. Un modèle est donc un ***outil d'étude et d'explication*** mais qui présente des ***limites*** par nature. Un modèle peut être une maquette ou une ***tentative de reproduction à plus petit échelle, parfois avec des matériaux différents*** (**modèle analogique**), une ***formule*** (**modèle mathématique**), un ***programme informatique*** (**modèle numérique**) …
- Même simplifiée, une connaissance est toujours intéressante. Le philosophe Paul VALERY (1871-1945) disait ainsi : *« ce qui est simple est toujours faux, ce qui ne l'est pas est inutilisable »*.

En biologie, on utilise des **organismes modèles**, c'est-à-dire des ***organismes appartenant à une espèce qui est étudiée de manière approfondie en supposant que les données obtenues sont en partie valables pour d'autres organismes apparentés***. On peut citer quelques organismes modèles fréquents :
° L'Homme *Homo sapiens* [Animaux : Vertébrés : Tétrapodes : Mammifères]
° La Souris *Mus musculus* [Animaux : Vertébrés : Tétrapodes : Mammifères]
° Le Poulet *Gallus domesticus* [Animaux : Vertébrés : Tétrapodes : Mammifères]
° Le Xénope *Xenopus laevis* [Animaux : Vertébrés : Tétrapodes : Amphibiens]
° Le Poisson zèbre *Danio rerio* [Animaux : Vertébrés : Actinoptérygiens : Téléostéens]
° La Mouche du vinaigre ou Drosophile *Drosophila melanogaster* [Animaux : Arthropodes : Insectes]
° Un « ver » Nématode *Caenorhabditis elegans* [Animaux : Nématodes]
° L'Arabette-des-Dames *Arabidopsis thaliana* [Lignée verte : Embryophytes : Angiospermes]
° Le Colibacille *Escherichia coli* [Eubactéries : Protéobacteries]

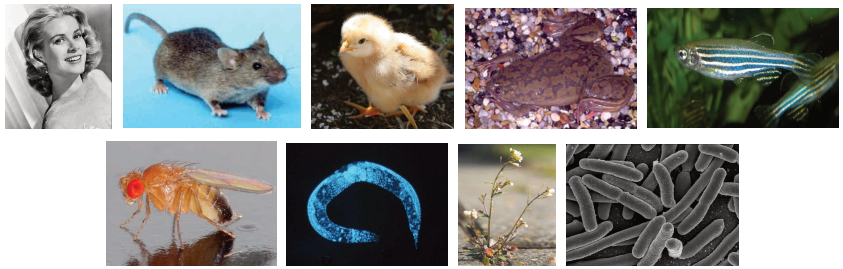


FIGURE 17. Quelques organismes modèles (Wikipédia), dans l'ordre du texte.

4. Réductionnisme et holisme : la complémentarité des échelles d'étude

- L'**approche réductionnisme** postule qu'il est ***possible de tout expliquer en sciences en étudiant les composants et les processus les plus élémentaires aux plus petites échelles d'étude***. Par exemple, les cellules doivent s'expliquer à l'échelle moléculaire ou atomique. À l'extrême de ce mode de raisonnement, la biologie devrait un jour s'effacer devant la physique et tout pourrait s'expliquer à l'échelle atomique ou subatomique…
- À l'opposé de cette démarche, l'**approche holiste** (du gr. *holos*, entier) ***étudie les objets concrets dans leur globalité aux niveaux supérieurs d'organisation, se basant notamment sur le concept d'émergence***.
- Si les approches réductionniste et holiste restent encore parfois séparées dans la recherche, il n'en demeure pas moins qu'***elles sont complémentaires*** : une **cellule** sera **bien comprise** si l'on connaît ses **constituants élémentaires** et leur **fonctionnement**… mais une cellule possède aussi des **propriétés émergentes** dont ne rend pas compte le **niveau moléculaire** et il convient donc de l'étudier dans sa **globalité**, et même de **l'intégrer dans l'organisme** auquel elle appartient. De plus en plus en biologie, la recherche ou les programmes scolaires s'efforcent de montrer ***l'interdépendance des échelles d'étude du vivant***.

Bilan

Les êtres vivants présentent une unité biochimique, cellulaire, thermodynamique, structurale, métabolique, physiologique (relation, nutrition, reproduction), génétique, reproductive, ontogénétique et parfois de plan d'organisation. Cela ne gomme pas une importante diversité (génétique, spécifique, écologique). L'ensemble s'explique par l'évolution. La biologie suppose de jongler entre les échelles d'étude du vivant. Elle applique le concept d'émergence et celui de relation structure-fonction.

La biologie est l'étude du vivant ; elle est constituée de nombreuses disciplines. C'est une science et elle présente donc une approche matérialiste et déterministe. Ses résultats sont reproductibles et ses affirmations potentiellement réfutables. La démarche expérimentale (OPHERIC) est souvent utilisée. La biologie généralise par induction. Les faits y sont importants mais s'intègrent dans des théories. Les approches réductionniste et holiste sont complémentaires, et il est souvent utile de modéliser les phénomènes biologiques.

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Flammarion, Paris. Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BREUIL, M. (2003). *Dictionnaire des Sciences de la Vie et de la Terre.* Nathan, Paris, 2e édition (1e édition 1997).

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAINE. Pearson, Paris (4e edition).

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LECOINTRE, G. (dir.) (2004). *Comprendre et enseigner la classification du vivant.* Belin, Paris.

LECOINTRE, G. & H. LE GUYADER (2009). *Classification phylogénétique du vivant.* Illustrations D. Visset. Belin, Paris, 3e édition (1e édition 2001).

LECOINTRE, G. & H. LE GUYADER (2013). *Classification phylogénétique du vivant. Tome 2. Plantes à fleurs. Cnidaires. Insectes. Squamates. Oiseaux. Téléostéens.* Belin, Paris.

LECOINTRE, G. (dir.), C. FORTIN, G. GUILLOT & M.-L. LE LOUARN-BONNET (2009). *Guide critique de l'évolution.* Belin, Paris.

MEA (*Millennium Ecosystem Assessment*), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis.* World Resources Institute, Washington, DC. http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf

MORERE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.

PETIT, J.-M. & R. JULIEN (2007). *Mini-manuel de Génétique.* Dunod, Paris.

PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGERE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGERE, T. DARRIBERE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGERE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRERE, T. DARRIBERE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUEINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie.* De Boeck, Bruxelles.

RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADERE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIETRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIETRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ, C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

VIGNAIS, P. (2001). *La Biologie des origines à nos jours. Une Histoire des idées et des hommes.* « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

VIGNAIS, P. (2006). *Science expérimentale et connaissance du Vivant. La Méthode et les concepts.* « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.

Plan du chapitre

Objectifs et introduction 1

I. Les caractéristiques du vivant 1
A. L'unité du vivant : éléments d'une définition du vivant 1
1. L'unité constitutive : une même composition chimique 1
2. L'unité structurale de base : la cellule 1
3. L'unité thermodynamique et métabolique 1
a. Activité, variabilité et stabilité des systèmes biologiques 1
b. Le métabolisme 2
4. L'unité physiologique : les grandes fonctions du vivant 2
a. Les fonctions de relation 2
b. Les fonctions de nutrition 2
c. Les fonctions de reproduction 3
5. L'unité génétique 3
a. L'ADN, support universel de l'information génétique 3
b. Des mécanismes d'expression et de régulation semblables 3
c. Une information héréditaire 3
d. Une information présentant une certaine variabilité 3
α. Les recombinaisons (= réassociations) génétiques 3
β. La production de nouveauté génétique : mutation au sens le plus large 4
6. L'unité reproductive et ontogénétique 4
a. La reproduction, un fondement de la nature du vivant 4
b. Une édification de l'organisme par le développement 4
7. L'unité de certains plans d'organisation 5
B. La diversité, une autre caractéristique du vivant 5
1. La biodiversité : une diversité biologique envisagée à trois échelles 5
2. Une diversité spécifique classée par les systématiciens 6
C. Une unité et une diversité du vivant expliquées par l'évolution 6
D. Les niveaux d'organisation du vivant et les propriétés émergentes 7
1. Les niveaux d'organisation du vivant 7
a. Les niveaux de base 7
b. Les niveaux écologiques 7
2. La notion d'émergence 8
a. Approche intuitive 8
b. Conceptualisation 9
E. La relation structure-fonction 9

II. L'étude du vivant : quelques repères conceptuels 9
A. La biologie, une discipline plurielle aux multiples facettes 9
1. Une étude du vivant possible à toutes les échelles 9
a. À l'échelle de la molécule 9
b. À l'échelle de la cellule 9
c. À l'échelle de l'organisme 9
d. Aux échelles supérieures 10
e. La vie au fil des générations d'individus ou de cellules : la génétique 10
2. Une étude de la diversité du vivant 10
3. Des disciplines moléculaires récentes et globalisantes : les « -omiques » 10
B. La biologie, une discipline qui interroge et explique le réel 11
1. Une approche matérialiste, déterministe et ouverte à la réfutation 11
a. Une méthodologie matérialiste 11
b. Une démarche déterministe 11
c. Répétabilité (= reproductibilité) et réfutabilité (= falsifiabilité) 13
2. La démarche biologique 13
a. Questionnement scientifique et hypothèse 13
b. Expérience, observation, mesure 13
c. La démarche expérimentale, repère dans la structuration du raisonnement scientifique 13
d. Un concept pédagogique : la démarche d'investigation 13
3. La conceptualisation et la théorisation : des faits aux théories 14
a. Induction et généralisation 14
b. Les faits, briques élémentaires de la science 14
c. Les théories, ensemble de savoirs cohérents 15
d. La modélisation : simplifier pour comprendre 15
4. Réductionnisme et holisme : la complémentarité des échelles d'étude 15

Bilan 15
Références 16
Plan du chapitre 17

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

Document produit en août 2015 (pour la prépa ATS Bio) • Dernière actualisation : septembre 2019.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : https://www.svt-tanguy-jean.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.