

**Contribution de l'AFPSVT à la concertation sur les  
projets de programme de la classe terminale de la voie générale :  
Sciences de la vie et de la Terre série scientifique (S)  
& enseignement spécifique**

Contributeurs : Robin BOSDEVEIX, Damien JAUJARD, Yann LHOSTE, Anne PAUL, Martine, PERNODET, Guy RUMELHARD

Le document est organisé de la façon suivante :

- Commentaires synthétiques sur le programme de TS
- Commentaires synthétiques thème par thème (suivis d'éventuelles annotations associées à des points spécifiques)

La même organisation est prise pour le programme de spécialité.

## **Commentaires portant sur l'intégralité du programme**

Ce programme, comme les précédents, comprend un cadrage indicatif (contenus, temps impartis). Ce point est favorable à l'autonomie de l'enseignant et à l'adaptation aux élèves, mais on assiste à une transition majeure d'une situation de cadrage très strict à un cadrage beaucoup moins précis. Cela se traduira, durant l'année menant au baccalauréat, à des enseignements très différents selon les horaires mis à disposition de l'enseignant et selon l'établissement, ce qui induira des disparités entre candidats. C'est pourquoi nous nous interrogeons sur le maintien de l'épreuve de restitution organisée de connaissances, qui risquerait d'introduire dans la note du candidat un effet « contexte » non négligeable en plus des qualités du candidat.

Il est particulièrement appréciable que plusieurs thématiques transversales traversent l'ensemble des programmes de lycée. Malheureusement, elle souffre parfois de quelques difficultés qu'il serait aisé de lever :

- Les problématiques liant génotype / phénotypes/ environnements, sont présentes dans toutes les parties du programme (parties 1A2, 1A3, 2B, 3A, 3C) mais sans être traitées explicitement. La compréhension de la complexité de ces relations est pourtant une condition à la prise en charge de l'obstacle déterministe qui se traduit par un maintien, dans les explications des élèves, de conceptions simplistes de type « un gène / un caractère »...
- L'unité et la diversité du vivant est abordée explicitement dans la partie 1. Cette partie donne l'impression d'une juxtaposition de connaissances émietées. Il nous semble qu'une autre écriture permettrait de mieux rendre compte des processus stabilisateurs et/ou diversificateurs des génomes, des processus évolutifs et de leur articulation. Les seules connaissances nouvelles correspondent à

l'introduction de l'impact des caractères non-génétiques sur l'évolution (un point qui nous semble très important) même si seul un concept flou de coévolution est évoqué (qui n'est d'ailleurs ici qu'une forme de sélection).

- L'évolution est abordée dans la partie 1 et dans la partie 3A mais sans cohérence avec l'intitulé du thème de la partie : « Corps humain et santé ». Pourquoi, ne pas faire explicitement référence à un modèle évolutionniste par rapport aux processus de maturation du système immunitaire et de plasticité cérébrale, alors que c'est une approche phylogénétique qui est proposée ?

- Dans la partie 1A2 sur les plantes, même si la problématique est explicitement évolutive, on ne retrouve pas cette dimension évolutive dans les items présentés. Ce thème aborde le cas d'une convergence évolutive de certains phénotypes mais sans remobiliser la problématique de l'articulation génotype - phénotypes - environnements. On se contente d'évoquer un concept flou de coévolution, mais sans aucune approche phylogénétique notamment pour la corrélation des diversifications Angiospermes/Insectes (cospéciation).

- La santé publique est un objectif annoncé dans les chapeaux introductifs, mais dans les items du programme les maladies sont abordées uniquement au niveau individuel, alors que les problématiques de santé publique sont distinctes des problématiques individuelles. Les approches en matière de prévalence, d'incidence, de conséquences sociales et économiques des maladies ou de leviers d'actions ne sont pas envisagées.

- La « pratique de démarches historiques » est annoncée dans l'introduction du programme mais (contrairement aux programmes précédents) n'elle n'est pas exemplarisée, ni dans les objectifs, ni dans les capacités et attitudes.

L'analyse que nous avons faite du programme a également mis en évidence certaines dissonances :

- au niveau lexical : l'utilisation d'un lexique quotidien (e.g. plantes, soi), en référence à ces concepts scientifiques (e.g. Angiospermes, composantes non-immunogènes).

- au niveau de la graphie des noms d'espèces, qui sont soit des taxons (majuscule) soit des mots courants. Ainsi l'Homme dans la partie évolution « mérite » une majuscule, au même titre que le Chimpanzé, mais la perd dans les parties abordant l'homme aux échelles individuelles, sociétales ou citoyennes.

- au niveau des objectifs : les définitions proposées par le programme se réfèrent uniquement à des concepts abordés au collège, à l'échelle de l'organisme : e.g. « Objectif et mots clés. Fleur, pistil (ovaire, ovule), étamine (filet, anthère), pollen. Fruit, graine. Pollinisation par le vent et les animaux. (...) [Limites. Seule une vision élémentaire de la reproduction sexuée est ici attendue. Sont explicitement hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les mécanismes de formation de la graine ou du fruit] alors que les problématiques annoncées par les chapeaux introductifs renvoient à des questionnements à d'autres niveaux d'organisation (problématique évolutionniste, génétique...): e.g. « Objectif et mots clés. Il s'agit de montrer la variété des mécanismes de diversification à l'œuvre et l'apport de la connaissance des mécanismes du développement dans la compréhension des mécanismes évolutifs »

- entre les différentes parties du programme aussi bien au niveau des bilans (pas toujours présents) que des objectifs (qui se limitent parfois à une longue liste de mots clés, notamment dans la partie 3A et qui parfois sont de réels objectifs notionnels).

Les « Capacités et attitudes » relèvent plus souvent de l'observation que de l'analyse, de l'appropriation ou de l'initiation à l'expérimentation. On a ainsi recensé : 10 « observer », 23 « recenser » et seulement 3 « analyser »... que signifie d'ailleurs les 34 « exploiter » ?

De même, nous regrettons la disparition du travail par problème (identifier et lever les obstacles à la compréhension) au profit de la seule « observation qui conduit à se poser des questions ».

Par contre, il est tout à fait appréciable que l'approche qualitative soit associée à une approche quantitative par l'introduction notamment des statistiques. Cette approche est caractéristique des sciences de la vie qui se caractérisent par la diversité et la variabilité des éléments et des interactions (e.g. biodiversité, systèmes de régulation). Cependant, la compréhension des statistiques, dans le cadre de l'unité et la diversité du vivant ou de la santé individuelle et publique ne peut se limiter à « présenter les résultats chiffrés » avec la seule « notion d'intervalle de confiance ». Il est tout aussi essentiel pour l'éducation aux choix de comprendre :

- comment la réalisation d'une mesure peut conditionner la validité de la mesure (échantillon représentatif, taille de l'échantillon...);

- comment un individu « normal » peut avoir des caractéristiques éloignées de la moyenne de la valeur ;
- comment une représentation graphique peut conditionner l'interprétation (manipulation des échelles, des figurés...). Ainsi, si une mesure (modulo erreur) est toujours juste (en fait exacte), elle n'est pas toujours informative, voire même peut être trompeuse ! À ce titre, l'analyse de documents d'origine non scientifique mais largement diffusés dans le public (médiation scientifique) pourrait être tout à fait formatrice.

Enfin, nous sommes dubitatifs par rapport à la formulation suivante : « les connaissances à mémoriser sont raisonnables ». Il nous semble que la mémorisation concerne uniquement les définitions de certains termes spécifiques, des équations bilan... ce qui nous paraît réducteur par rapport aux connaissances opératoires qui sont déterminantes par rapport aux apprentissages scientifiques. Les connaissances opératoires ne sont pas simplement à mémoriser, mais elles doivent être comprises. Leur origine, leur signification et leur impact doivent être assimilés pour que ces connaissances soient fonctionnelles.

## Thème 1 – La Terre dans l'Univers, la vie, l'évolution du vivant

### Thème 1-A Génétique et évolution

#### Thème 1-A-1 De la diversité des gènes à la diversité des génomes

Nous regrettons que la diversité des gènes soit la seule évoquée alors que les processus auxquels se réfèrent le programme affectent les séquences (support matériel) et non les gènes (concept qui a d'ailleurs de multiples définitions !).

Il nous paraît difficile de traiter simultanément des mécanismes génétiques et des mécanismes évolutifs, ce qui conduit à omettre le rôle de ces mécanismes dans la stabilité des espèces. On pourrait tout aussi bien traiter d'abord les processus génétiques (qui contribuent à la stabilité et la diversification des génomes) et montrer ensuite que ces mêmes mécanismes, associés à ceux permettant la création de nouvelles séquences, contribuent à l'évolution. Il nous semble peu aidant pour les enseignants que ces distinctions n'apparaissent pas explicitement car elles permettent la compréhension des mécanismes génétiques et évolutifs abordés ici.

C'est pourquoi nous pensons qu'il serait intéressant de préciser s'il faut aborder :

- (1) les mécanismes génétiques (méiose et fécondation) puis en déduire les conséquences génétiques (mais comment le faire en ayant recours aux seuls cycles monogénétiques diplophasiques ?) ;
- (2) ou plutôt les processus induisant de la diversité génétique comme un tout cohérent (en passant rapidement sur les mécanismes, considérant que les conséquences populationnelles et évolutives sont plus importantes dans le cadre de cet thème).

Le concept de spore est absent (comme la nature réelle du pollen dans la partie sur les plantes) ce qui risque de conduire à croire que tous les organismes ont un cycle de développement similaire à celui l'Homme, c'est-à-dire un cycle monogénétique diplophasique où la méiose conduit à la formation des gamètes, ce qui n'est évidemment pas le cas chez les Angiospermes étudiées ici... De plus, si les spores ne sont pas évoquées, cela exclut les études sur *Sordaria* (on ne travaillerait plus qu'avec la *Drosophile* ?) qui permettent de visualiser les brassages méiotiques. Le choix de la *Drosophile* limite à l'étude du résultat final des trois brassages génétiques, à l'issue d'un processus global : la reproduction sexuée. Cela implique la seule modélisation statistique qui peut être d'accès difficile pour certains élèves.

NB1 Dans le bilan, les 4 mots clés indiqués ont déjà été vus en 3<sup>e</sup> alors que le brassage est omis.

NB2 Nous nous étonnons concernant l'item « Mettre en œuvre, observer et analyser une fécondation in vitro » qui a déjà été vue en 5<sup>e</sup> et qui engage à un questionnement cellulaire alors que la partie du programme renvoie à une approche génétique.

### **Thème 1-A-2 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes**

L'introduction de ce thème nous paraît opportune car elle permet de développer une approche concrète (observations, manipulations, expérimentations) pour illustrer des concepts anatomiques, physiologiques, écologiques et évolutifs. Mais nous sommes extrêmement perturbés par la manière dont ce thème est présenté dans le programme :

- (1) absence de réels objectifs notionnels en matière de physiologie, d'écologie ou d'évolution associé à l'absence de délimitation de l'objet sinon en le réduisant à une portion congrue (e.g. « l'essentiel sur la plante (organisation, reproduction) » ou « Seule une vision élémentaire de la reproduction sexuée est ici attendue ») ;
- (2) absence de dimension explicative, seulement du descriptif de certaines structures ;
- (3) un problème de cohérence au sein de la complexité des savoirs abordés, de la manière de les aborder et des compétences développées : on reprend les contenus du primaire ou de 6<sup>e</sup> (voire en les simplifiant, e.g. suppression des spores) mais, par ailleurs, on introduit des données complexes (avec les gènes homéotiques floraux ou les hormones, mal connues en TS) – comment alors évaluer équitablement les élèves lors du baccalauréat ?

Il n'apparaît pas clairement s'il est attendu :

- (1) une approche structure / fonction en relation avec les contraintes du milieu : il serait alors nécessaire de préciser ce que l'on doit atteindre : on passe de reprises de descriptions systémiques simplistes vues en 6<sup>e</sup> (sans rien de cellulaire) à l'évocation des hormones (en relation avec la vie fixée ?) ou celle des gènes homéotiques floraux ;
- (2) ou bien une approche évolutive qui présente les caractères adaptatifs sélectionnés par les contraintes du milieu (comme la faible portance de l'air, la sécheresse, l'hétérogénéité du sol et la grande variabilité du milieu aérien). Il faudrait alors réellement aborder l'aspect évolutif qui nécessite la présentation des contraintes du milieu (permettant la compréhension de l'impact de la sélection naturelle) ; la seule évocation de la coévolution est insuffisante (elle est d'ailleurs confondue avec des phénomènes larges d'interactions et de sélection naturelle) ; corrélativement, la dimension historique est absente ce qui ne paraît pas cohérent avec le thème.

Nous nous interrogeons aussi sur ce qui est attendu :

- Qu'est-ce que « l'essentiel sur la plante » ? surtout si elle est réduite aux seules organisation et reproduction ? Si la morpho-anatomie (organisation) et la reproduction sont mentionnées qu'en est-il de la physiologie nutrition (corrélations trophiques à l'échelle de l'organisme), flux de fluides (sèves et gaz) ? Quel sens y a-t-il à dissocier structure et fonction ? Comment comprendre les relations structure/fonction sans une approche fonctionnelle ?
- Qu'est-ce qu'une « vision élémentaire de la reproduction sexuée » ? Elle a déjà été vue auparavant, ne serait-il pas judicieux de comparer les modalités pour en montrer l'unité et la diversité au sein des Eucaryotes dans la partie précédente ? L'absence de présentation détaillée des processus reproductifs risque de conduire les élèves à comprendre que le pollen est un spermatozoïde mâle.... Comme mentionné ci-dessus, cela risquerait de favoriser le maintien de conceptions très anthropocentriques de la biologie.

NB1 Dans les mots clés, on n'a que les tissus conducteurs, pourquoi les mettre spécifiquement en évidence dans une partie qui a pour objectif une « vue globale de la plante » alors que, par ailleurs, la nutrition ou les flux des sèves ne sont pas abordés ?

NB2 Les « cuticules, toxines, épines, ... » ne sont pas des « mécanismes protecteurs » mais des structures.

NB3 À quoi sert de « Réaliser et observer une coupe anatomique dans une tige ou une racine » sans objectifs associés ? A quoi sert de faire une « dissection d'une fleur simple » quand c'est déjà réalisé en 6<sup>e</sup> ? Quel est l'objectif notionnel ? Si ce n'est que voir les structures contribuant à la pollinisation, on reste au niveau 6<sup>e</sup>, pire on ne voit la dissémination par graine des Spermatophytes et on omet celle végétative disséminant des spores (Fougères vues en 6<sup>e</sup>). Ici, les élèves risquent d'avoir du mal à comprendre ce qu'est du pollen, une graine, un fruit alors qu'on demande des précisions de vocabulaire par nécessairement pertinents (anthère filet), puisque ne donnant pas accès à la construction du concept de reproduction siphonogame, où le pollen joue le rôle de vecteur de gamètes mâles.

NB4 La « dispersion des graines » n'est pas nécessaire à la survie de la descendance ! Elle peut en optimiser la survie (par réduction de la compétition intraspécifique). La dissémination des graines n'est pas la seule modalité de dissémination de l'espèce. Évolutivement, il est nécessaire de traiter de ces processus à l'échelle des individus et des populations.

NB5 Les gènes homéotiques floraux n'ont pas un « fonctionnement séquentiel ». Au contraire, c'est justement les interactions combinatoires entre les produits de ces gènes qui jouent. Il y a bien une expression séquentielle de gènes de développement mais ce n'est pas celle des seuls gènes homéotiques floraux.

NB6 Si on veut évoquer les gènes du développement, est-ce pour en arriver à la coévolution avec des interactions gènes pour gène ? Cela fait un grand écart avec les parties précédentes conceptuellement très simples. Il est regrettable que la coévolution soit confondue avec des phénomènes larges d'interactions et de sélection naturelle.

### **Thème 1-A-3 Vers une vision dynamique de la biodiversité**

Cette partie aborde trois points très intéressants et qui méritent chacun d'être traité : les mécanismes de l'évolution, la biodiversité et la lignée humaine. Or ceux-ci doivent s'inscrire dans une problématique générale qui n'apparaît pas clairement. Dans le cadre du thème « Vers une vision dynamique de la biodiversité » quels sont les objectifs visés ? Sans un cadre bien défini, cela risque encore une fois, de créer des inégalités lors du Baccalauréat.

Pour rendre compte de la diversité actuelle et passée, le programme ne fait que reprendre des connaissances vues auparavant : il n'y a rien de nouveau au niveau notionnel. Ce serait donc l'occasion de faire une présentation synthétique des mécanismes évolutifs, idéalement positionnée à l'issue du Lycée. Mais une telle présentation nécessite un traitement plus hiérarchisé qu'ici et qui distinguerait clairement : (1) les processus qui génèrent de la diversité génétique (2) et les processus (complétés) qui réduisent différenciellement la biodiversité (le terme différenciellement n'apparaît pas ce qui est tout à fait dommageable). Cette seconde partie serait l'occasion d'introduire de façon plus cohérente les relations génotypes / phénotypes ainsi que l'impact évolutif de certains processus non-génétiques. Nous apprécions tout particulièrement l'introduction de ces deux points qui permettent de sortir d'une vision « tout génétique » de l'évolution.

La biodiversité a été abordée en 2<sup>de</sup> comme « la diversité des écosystèmes, la diversité des espèces et la diversité génétique au sein des espèces ». Pourquoi reprendre cette définition sans explicitement la compléter par la diversité des interactions ?

Nous attirons votre attention sur le fait que les formulations choisies dans ce programme risquent de faire croire aux élèves que la diversification génétique est nécessaire à la diversification phénotypique et écologique... ce qui est bien évidemment faux.

À 3 reprises est explicitement indiqué un « tri » de la diversité du vivant. Le choix de ce mot est particulièrement malheureux car il risque de renforcer certaines conceptions que l'on retrouve régulièrement chez les élèves. En effet, cette expression occulte simultanément :

- l'impact du hasard : le terme « tri » est implicitement téléologique ;
- l'impact d'une survie et d'une reproduction différentielles (le succès évolutif n'est pas qu'un problème de survie !)
- le fait que l'évolution est un processus à l'échelle des populations et non des individus : c'est la reproduction / survie différentielles des individus d'une population qui joue, quelles qu'en soient les causes, internes ou externes ;

- et le caractère temporel de l'évolution, c'est une affaire de modification des générations successives.

Pourquoi ne pas plutôt dire : « On insistera sur la reproduction et la survie différentielles des individus qui conduisent à une modification des populations de génération en génération ».

Pourquoi reprendre la définition du concept d'espèce de 6<sup>e</sup> (en la reformulant d'ailleurs) sans préciser que le concept d'espèce n'a pas d'existence biologique mais correspond à une construction intellectuelle qui souffre plusieurs définitions (selon les époques, selon les méthodes, selon les objectifs). À ce titre l'expression « une espèce cesse d'exister » est parfaitement délétère car suggère qu'une espèce a une existence biologique ! Corrélativement, dans ce cadre, comment parler d'une espèce connue que par des représentants fossiles ? Pourquoi ne pas dire clairement que le regroupement d'un ensemble d'individus au sein d'une espèce ne peut se faire que pour une période limitée dans le temps ?

Il nous semble également que cette partie du programme serait l'occasion de décliner les objectifs de mise en œuvre d'une pratique de démarche historique annoncés dans l'introduction du programme. Cet item est une occasion à saisir de mener un travail réflexif sur la science.

Finalement, les objectifs précisent que « l'espèce est une réalité statistique, collective et que c'est dans cette optique que la spéciation peut être envisagée ». Il s'agit ici explicitement du concept phénétique de l'espèce et non du concept biologique. On est donc en pleine contradiction quant à la définition d'espèce, contradiction qui ne peut être levée que si on présente les concepts d'espèces !

Dans la partie « humaine » nous n'arrivons pas à déterminer s'il faut exposer le lien génotype / phénotypes / environnement ou le lien modifications génétiques / phylogénie / diversification du vivant : les deux sont abordés simultanément. La relation génotypes / phénotypes / environnements nous semble inutile ici (bien qu'intéressante en soi) par rapport à l'objectif principal de cette partie. Ce concept était par ailleurs abordé précédemment avec l'acquisition du chant chez les oiseaux

De plus, le programme nous paraît induire quelques difficultés pour les élèves notamment avec l'évocation purement descriptive du « caractère foisonnant ». Le terme « buissonnant » qui incorpore les mécanismes de l'évolution (diversification / sélection) nous semble à privilégier car seule une approche explicative peut permettre de mettre en question une vision linéaire de l'évolution qui constitue un obstacle à la compréhension par les élèves de la théorie de l'évolution. Il serait bon de préciser quelles espèces fossiles exploiter pour construire ce caractère buissonnant.

*NB1 Qu'entend-t-on par le « tri de la diversité ». S'agit-il de classer le vivant ? De faire des tris anthropiques ? De montrer que de multiples critères peuvent être utilisés pour trier ou pour classer ? Quel que soit le cas, cela nécessite d'être clarifié.*

*NB2 La phrase « Beaucoup de formes nouvelles sont éliminées mais quelques unes subsistent » nous semble fautive : des formes disparaissent (du fait des sélections ou du hasard), indépendamment de leur nouveauté ou de leur ancienneté !*

*NB3 L'expression « on peut réfléchir à l'évolution de l'espèce humaine ainsi qu'à celle de n'importe quelle autre » nous paraît pour le moins maladroite.*

## **Thème 1-B – Le domaine continental et sa dynamique**

Le regard intégré et synthétique sur un objet, la lithosphère continentale : naissance (magmatisme dans les zones de subduction permettant un apport de matière d'origine mantellique) et devenir (épaississement, fusion, érosion) et son étude synthétique avec différents outils sont des points positifs de ce programme tout comme l'entrée de l'isostasie. Mais le découpage proposé n'aide pas l'enseignant, ne rend pas lisible ce regard intégré qui semble pourtant, à nos yeux, l'objectif du programme.

Revoir le découpage de cette partie permettrait de lever certaines ambiguïtés et comprendre l'importance de l'isostasie et des mesures de densités pour appréhender la bimodalité des reliefs (abordée en 1<sup>ère</sup> S) et l'épaississement crustal. Revoir le découpage permettrait aussi d'associer la convergence lithosphérique dès la découverte de nappes de charriage.

La phrase en tête de chapitre mentionne l'épaississement crustal en contexte de subduction, mais cette idée n'est pas reprise explicitement dans les contenus. Il faudrait, nous semble-t-il, insister sur les deux modalités à l'origine de l'épaississement : le sous-plaquage et l'écaillage. Préciser ces deux modalités permettrait de comparer de manière plus complète les deux contextes : la collision et la subduction. Cette comparaison est intéressante pour prendre du recul sur les concepts. Mais la relation entre collision et gradient HP-HT est trop difficile à envisager pour les élèves de TS, car cela se rapporte au cas de la subduction. Pourquoi ne pas plutôt aborder le gradient MP-MT qui est représenté classiquement dans les massifs anciens ?

Des précisions devraient être apportées pour que les enseignants sachent quelle méthode de radiochronologie (Rb/Sr ?) et quels principes utiliser (limites), ce qu'est exactement un effondrement gravitaire, quelles roches étudier (micaschistes, gneiss ?), quelles caractéristiques pour une croûte épaissie (le gradient MP/MT ? pour les données chimiques : géobarométrie ou géothermométrie ? mais difficile en TS). Des précisions sont aussi nécessaires pour traiter de l'altération. Quelles sont les notions attendues (hydrolyse, formation des argiles...)?

## Commentaires sur le Thème 2. – Enjeux planétaires contemporains

### Thème 2-A – La chaleur de la Terre

Le bilan ne traduit que le concept de convection mantellique et ignore l'aspect appliqué de la géothermie qui fonde pourtant le rattachement de ce paragraphe au chapitre « Enjeux planétaires contemporains ».

*NB La chaleur n'est plus un concept (cf. enseignement de physique / chimie), c'est une forme d'énergie et il n'y a pas de loi de la diffusion de la chaleur.*

### Thème 2-B La plante domestiquée

Nous n'avons pas réussi à distinguer l'objectif de cette partie : doit-on mettre l'accent (1) sur le travail de l'agronome (domestication et amélioration) avec l'apparition de nouveaux phénotypes d'intérêts (phénotypes qui ne dépendent d'ailleurs pas que du génotype) ou bien (2) sur le travail du scientifique (génétique, biologie moléculaire et théorie de l'évolution) avec la diversification, voire la création, de nouveaux génotypes.

Pour ce qui est d'une approche agronomique, plusieurs points nous paraissent sources de confusions :

- Le programme ne distingue pas la domestication, une pratique ancestrale et empirique, de l'amélioration qui s'appuie sur des savoirs et des techniques issues de la biologie.
- Les différentes composantes de ces deux approches (respectivement les croisements orientés, l'élimination des individus non intéressants et la multiplication asexuée des individus d'intérêts / la sélection pilotée par marqueurs, l'accélération de la sélection et l'amplification des individus d'intérêt par culture in vitro et le génie génétique) ne sont pas présentées clairement mais de façon diffuse et souvent redondante.
- Les aspects historiques (et la convergence nous paraît plus logique avec l'histoire / géographie) et épistémologiques (lien avec l'essor de la génétique) sont absents. Ils sont pourtant plus évidents et importants que des liens (ténus) avec l'histoire des arts, qui est mentionnée dans le programme.

Pour ce qui est d'une approche scientifique, plusieurs points nous paraissent sources de confusions :

- La domestication des plantes ne conduit pas qu'à une modification profonde de la biodiversité végétale des espèces cultivées mais aussi de celle des nombreuses autres espèces.

- Le programme ne distingue pas ce qui relève de modifications des séquences nucléotidiques et des génomes de ce qui relève de modifications des fréquences de ces séquences dans la population. Le lien avec les processus évolutifs, vus par ailleurs, s'en trouve affaibli. Or c'est justement l'occasion, sur exemple, de mieux les comprendre.
- Il serait bon de préciser ce que veut dire « agir directement sur le génome des plantes cultivées » car le génie génétique permet, certes, de modifier ponctuellement des séquences nucléotidiques mais les techniques empiriques ont aussi une action directe, mais globale sur les génomes, affectant la totalité du génome. De même, on demande de « comprendre les caractéristiques de la modification génétique des plantes » or ce ne sont pas tant les caractéristiques que les modalités et les vitesses de modifications génétiques qui sont différentes dans les modifications génétiques d'origines anthropiques (quelles soient voulues ou non d'ailleurs) qui sont intrinsèquement différentes des modifications génétiques naturelles.
- Nous regrettons que les apports de la culture in vitro à l'amélioration des plantes se limitent à l'illustration des applications des connaissances sur les hormones végétales.

La partie sur les hormones nous paraît très difficile à traiter : comment parler de l'impact des hormones sans avoir évoqué les méristèmes dans la partie sur la plante ? Le lien entre hormones et pratiques culturales est particulièrement tenuous. Pourquoi parler de la taille ici alors que c'est une pratique empirique qui ne se conçoit pas en terme d'hormones (mais de circulation des sèves) ?

Cela pose plus largement la question des objectifs notionnels sur les hormones : natures ? productions ? actions ? effets ? Le concept d'hormone n'a pas été abordé au préalable (modulo une évocation rapide en 4<sup>e</sup> dans un contexte et selon des modalités très différentes) : comment parler des hormones végétales, qui sont très différentes des hormones animales ? Finalement, comprendre le concept d'hormone est un enjeu biologique et biotechnologique mais pas un enjeu planétaire contemporain !

Pourquoi évoquer la notion simpliste de « plante » alors que les programmes désirent avoir une approche classificatoire et évolutive ? Le terme de plante est un terme quotidien, usuel et non pas un concept scientifique. Doit-on comprendre plante comme « végétal planté » au sens d'enraciné (donc se limiter aux Trachéophytes) ? De fait, on ne parle que des Angiospermes, pourquoi ne pas le dire pour être plus clair et plus juste scientifiquement (d'autant plus que part ailleurs on fait référence à des concepts complexes comme les gènes du développement...).

*NB1 La domestication des plantes ne repose pas sur l'évolution des techniques agricoles.*

*NB2 La connaissance de la physiologie de la plante et des hormones végétales ne permet pas de contrôler le développement végétatif, tout au plus en moduler le développement végétatif et reproducteur.*

### **Thème 3. – Corps humain et santé**

Cette partie juxtapose trois thèmes (ordonnés différemment par rapport au préambule) qui sont liés à la santé. Or celle-ci est souvent « oubliée » au profit de la construction de boucle de régulations (quand le concept de régulation est absent de la partie sur la réaction immunitaire où il est crucial ?).

Quel est l'objectif principal ?

Ne faudrait-il pas :

- traiter réellement du thème « Corps humain et santé » (ex réponse à une infection, pression artérielle et hypertension, réflexe myotatique et problèmes nerveux), en se cantonnant au cas de l'Homme (suppression de la phylogénie de « l'immunité innée ») et en distinguant les échelles de santé individuelle et publique (ce qui permet d'avoir une approche statistique) ;
- ou bien renommer ce thème et traiter le concept de boucle de régulation (ex défense de l'organisme, pression artérielle, réflexe myotatique) en montrant la diversité des intervenants et des interactions (ce qui permet de compléter les connaissances en matière de communication nerveuse et hormonale) ?



La volonté d'introduire une approche évolutive est intéressante intrinsèquement mais il devrait plutôt être fait par le biais d'une analogie des processus de sélection (naturelle, immunitaire et neuronale) que d'une vision phylogénétique des systèmes de défense du vivant (qui est tout de même difficile à positionner dans un chapitre intitulé « Corps humain et santé »).

Le thème de la santé publique est difficile à aborder. Nous regrettons que le programme fasse des aller/retour entre santé individuelle et santé de la population et ne parle pas de santé publique. Les changements d'échelles permanents complexifient la compréhension des différences fondamentales des préoccupations en matière de santé individuelle et de santé publique. Ils complexifient aussi l'interprétation et l'exploitation des données statistiques en matière de comportements et de responsabilités individuels et collectifs.

Les différents objectifs en matière de santé (prophylaxie / détection / palliation / soins) ne sont pas distingués et on se limite à une approche palliative médicamenteuse !

Enfin, malgré le chapeau introductif :

- ce thème ne permet pas de réflexion sur ce qu'est la santé, qui peut être définie de 3 façons différentes : la santé liée au vécu personnel (par rapport à des objectifs, des activités...), la santé comme physiologie normale (approche scientifique) et la santé comme donnée publique (nécessitant des approches statistiques et probabilistes) ;
- et surtout, l'objectif en matière de santé publique n'est pas réellement traité (par exemple, tout au plus, la vaccination est présentée seulement comme un avantage, l'hypertension comme un « problème de santé publique en raison des conséquences graves qu'elle peut avoir »).

### **Thème 3-A Le maintien de l'intégrité de l'organisme : quelques aspects de la réaction immunitaire**

Dans cette partie, la santé semble ne résulter que de plusieurs dualismes simples, où deux éléments sont mis en opposition. Ces systèmes de tris sont ancrés dans l'histoire des sciences mais ne correspondent plus à l'état actuel des connaissances scientifiques. Ainsi, sont abordés :

- Le couple attaque / défense qui masque la réalité d'un système régulé avec des équilibres – modifiables – entre des processus immunogènes et des réponses immunitaires. Le programme n'évoque que la défense (occultant l'attaque, or ce couple est indissociable, renforçant ce biais déjà présent en 3<sup>e</sup>) en ne traitant que de la capacité de l'organisme à se défendre contre l'activité de pathogène. Les agressions physiques et chimiques sont absentes.
- Le couple soi / non-soi (tri où le non-soi forme un groupe « poubelle » et est défini par défaut) est en contradiction avec l'évocation de la maturation du système immunitaire humain et des maladies auto-immunes. Actuellement, on favorise une approche distinguant les phénomènes non immunogènes des phénomènes immunogènes. On est bien dans un système dynamique qui dépasse largement l'opposition attaque / défense.
- Le couple immunité innée / adaptative (encore un tri avec un groupe défini par défaut, immunité innée = non-adaptative) qui masque une réalité évolutivement plus complexe (e.g. l'adaptativité des réponses végétales aux pathogènes...) qui correspond plutôt à l'émergence de réponses constitutives (relativement peu spécifiques) et de réponses inductibles (+/- sélectives, +/- mémorisables).

Le préambule demande de « compléter des connaissances de collège et de relier cette thématique à une vision évolutive ». Ici, on reprend le contenu du programme de 3<sup>e</sup> en ajoutant une coloration évolutive qui malheureusement est relativement critiquable :

- Les « plantes » ne sont pas abordées. Les « plantes » seraient-elles prémunies contre toute agression ? Les Eucaryotes ne sont pas les seuls bénéficiaires de défense, les bactéries aussi (incluant d'ailleurs leur capacité de réponse aux défenses immunitaires !)
- « L'immunité innée » nous semble mal présentée. La réaction inflammatoire n'est pas la réponse essentielle de la réponse innée mais une des composantes de cette réponse chez les Vertébrés. Plus largement, l'immunité innée ne résulte pas nécessairement d'une coévolution entre les Eucaryotes et les microorganismes pathogènes. Elle est aussi bien

constitutive qu'inductible, non-sélective que sélective, à réponse immédiate ou différée. Ce qui la distingue de l'immunité adaptative c'est son caractère non mémorisable.

- « L'immunité adaptative » nous semble également mal présentée. Elle est dite être « propre aux Vertébrés », « spécifique contre des molécules » et associée à une « mémoire immunitaire ». Sur quoi veut-on insister ? La spécificité ? C'est le cas de nombreuses réponses « innées ». La mémorisation ? C'est le cas de la réponse systémique acquise des végétaux. Sur le système spécifique aux Vertébrés ? C'est effectivement ce qui est abordé dans ce programme : autant le dire franchement en insistant sur le fait que c'est un caractère dérivé, récent et qui lui s'inscrit bien dans le thème « Corps humain et santé ».

À ce titre, et aux vues de l'ensemble de ces difficultés, quelle est la pertinence d'aborder un aspect évolutif et comparatif dans une partie qui s'intitule « Corps humain et santé » ? Autant présenter les défenses de l'organisme humain (réduites aux seules défenses liées à des atteintes biologiques...). Le programme étant d'ailleurs largement assez chargé et les données comparatives et évolutives complexes à traiter...

Aborder la maturation du système immunitaire (et sa dérégulation éventuelle) permet justement de souligner le fait que la santé de l'organisme résulte de la régulation dynamique des processus impliqués. Ainsi, le système immunitaire, de part son ontogenèse, est potentiellement auto-réactif, c'est la maturation (qui ne procède pas que par élimination) et la répression de certaines de ses composantes, qui permet la santé. Ainsi le « soi » ne correspond plus qu'à la tolérance à un moment donné du système immunitaire aux composantes de l'organisme (incluant les symbiotes...). Cette approche est scientifiquement plus exacte et permet d'ailleurs de réinvestir des concepts vus par ailleurs :

- les boucles de régulation avec la répression différentielle de la présence et de l'activité de composantes ; ainsi le concept de régulation ne serait plus abordé qu'avec les seuls processus neuro-hormonaux ;
- et la théorie de l'évolution avec la diversification des réponses immunitaires, qui remobilise le modèle de diversification / réduction différentielle de la diversité, ainsi le concept de sélection est étendu à la maturation du système immunitaire et du système nerveux.

Cette partie retrouverait une cohérence et rentrerait dans le thème affiché si on traitait :

1. La santé de l'individu : un équilibre régulé entre les agressions (et pas attaques car une écorchure par exemple n'est pas une attaque), les défenses et les réponses (avec remobilisation du concept de boucle de régulation)
2. Les bases scientifiques de la santé chez les Vertébrés : réponse, mémorisation éventuelle et maturation (avec remobilisation du concept de sélection)
3. La santé publique : liens entre données scientifiques, perceptions individuelles et gestion au niveau des populations (remobilisation des connaissances en statistiques et en probabilités)

*NB1 « Le système immunitaire est constitué d'organes et de cellules » mais aussi des molécules circulantes (e.g. complément, anticorps) et la vision élargie actuelle inclut un grand nombre d'organismes symbiotiques nécessaires tant à son développement, sa maturation qu'au maintien de l'organisme tout au long de la vie.*

*NB2 La réaction inflammatoire aigüe n'est pas le mécanisme essentiel de la réponse « innée » mais seulement l'une de ses composantes, et ce, chez les Vertébrés. De plus, elle ne prépare pas nécessaire le déclenchement de l'immunité adaptative (e.g. brûlure).*

*NB3 L'aspirine n'est peut être pas l'exemple le plus pertinent à choisir : son mode d'action est incompris, elle a de nombreux effets et son utilisation est justement de plus en plus restreinte. Enfin, rappelons que ce n'est pas la réaction inflammatoire qui est néfaste mais bien ses éventuelles conséquences délétères pour l'organisme (notamment en cas de dérégulation).*

*NB4 Qu'est-ce qu'une « molécule étrangère » ? Rappelons qu'une molécule immunogène peut être endogène.*

*NB5 Les cellules de « l'immunité adaptative » ne sont pas produites aléatoirement, ce sont les processus génétiques qui le sont. Et pourquoi évoquer « des mécanismes génétiques complexes » si « la description des mécanismes génétiques à l'origine de la diversité du répertoire immunologique » est exclue ?*

*NB7 Il est particulièrement dommageable de trouver dans le même paragraphe l'association du fait que « les défenses adaptatives associées avec les défenses innées permettent d'éliminer la cause du déclenchement de la réaction immunitaire » (on généralise donc ?) avec le cas du SIDA...*

*NB8 Dans la partie qui évoque la mémorisation, faut-il évoquer le lien complexe entre génotype et phénotypes ? On sort complètement du cadre du thème santé ? Cela signifie-t-il que le lien génotype / phénotypes devient un thème transversal dans le programme de TS ?*

*NB9 Seuls certains « effecteurs de l'immunité adaptative sont conservés ». Il serait plus pertinent de parler de mémorisation immunitaire (et non de mémoire) qui est stimulée (et non reproduite) par la vaccination qui tire parti de ce processus (et ne l'optimise pas). Il existe d'ailleurs une grande diversité d'adjuvants (et de dosages).*

### **Thème 3-B Un paramètre physiologique sous surveillance : la pression artérielle**

Que désire-t-on ici ? Compléter une boucle de régulation (vue en 2<sup>de</sup> alors que la pression artérielle n'est peut-être pas la préoccupation majeure des élèves) et montrer la complexité des systèmes de régulation ? Ou bien parler de santé individuelle et de santé publique ? Le chapeau introductif semble plutôt indiquer ce second objectif mais dans ce cas les échelles individuelles et collectives ne sont pas clairement identifiées et cette partie ne cesse de faire des allers et retours entre ces deux échelles. Pourquoi ne pas ordonner les choses ? Nous distinguerions :

(1) Pression artérielle et santé individuelle :

La mesure répétée de la pression artérielle de l'individu (en fait de deux valeurs, les pressions systoliques et diastoliques) dans des conditions standards (bras gauche, allongé, repos) constitue « un indice global de santé », qui confronté aux statistiques de la population (et de la tranche d'âge) permet de définir une variation par rapport à la norme (d'où les convergences avec les statistiques).

Une « anormalité » comme l'hypertension (aux conséquences délétères) permet de détecter une éventuelle pathologie (si on souligne le fait qu'un individu « normal » peut être éloignée de la moyenne de la Gaussienne...)

Comme la pression artérielle dépend de multiples facteurs (d'où complétion de la boucle de régulation), sa seule mesure ne permet pas d'identifier simplement les causes d'une hypertension. De même, le développement de stratégies appropriées s'en trouve compliqué.

(2) Pression artérielle et santé publique :

Dans la population on observe que la prévalence d'individus hypertendus est élevée et que l'incidence de l'hypertension augmente : l'hypertension devient un problème de santé publique (et on peut alors évoquer les conséquences économiques et sociétales).

Dans cette partie sur l'éducation à la santé, ne trouvons tout à fait dommageable de n'évoquer que des approches médicamenteuses (plus palliatives que curatives d'ailleurs), occultant complètement les stratégies liées aux comportements (stress lié aux conditions de vie) ou à l'alimentation. À ce titre, on peut souligner le fait que la santé publique doit impliquer des actions larges (e.g. favoriser la pratique sportive, développer une législation quand à la composition des aliments...) dans un but aussi bien prophylactique que thérapeutiques.

*NB1 Dans l'objectif de la complétion d'une boucle de régulation, on ne peut pas uniquement parler de vasoconstriction, la vasodilatation est nécessaire.*

*NB2 L'analogie avec la loi d'Ohm risque d'induire un amalgame entre deux concepts de pression artérielle : la mesure « indice de santé » fait en conditions standards et la différence de pression « dans les tuyaux » qui permet d'estimer le débit.*

### **Thème 3-C Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse**

La partie sur le réflexe myotatique n'insiste pas sur le fait que, comme la pression artérielle, le réflexe myotatique est un indice global de bonne santé (qui ne permet pas plus d'identifier les causes d'un éventuel problème) mais qui n'a aucune valeur analytique. En fait, on introduit ici un nouvel exemple de boucle de régulation et on complète les connaissances de 2<sup>de</sup> et de 4<sup>e</sup> (mais en occultant l'unité du système nerveux).

De fait, le lien avec la santé est plutôt ténu car la plasticité cérébrale semble servir de moyen pour introduire les AVC. Ainsi, pourquoi introduire la plasticité nerveuse sans faire l'analogie avec la sélection naturelle et la maturation du système immunitaire ? La précision du caractère « monosynaptique » de la jonction neuro-musculaire aurait alors du sens.

*NB1 Le bilan du thème 3-C-1 (la plasticité cérébrale) n'a aucun rapport avec son intitulé (De la volonté au mouvement intégration) alors que les bilans sont sensés être « des bilans simples et synthétiques, de ce qui a été construit au long de l'enseignement secondaire ».*

*NB2 : la notion de synapse abordée dans cette partie est nécessaire à la compréhension de l'action des bétabloquants dans la partie précédente.*

# Commentaires généraux sur le programme spécifique

La lecture du document suscite surtout des questions pratiques d'organisation. L'année semble divisée en deux parties de 12 semaines, il resterait donc 6 à 8 semaines dont on ne sait si elles pourraient servir à l'évaluation orale des exposés des travaux personnels des élèves pour l'ECE ou si elles permettraient des stages en laboratoire ou industrie.

De plus, nous avons relevé plusieurs ambiguïtés :

1. Il y a ambiguïté sur le nombre de thèmes que doit traiter le professeur : un ou trois. Il nous paraît particulièrement difficile d'aborder 3 thèmes en 12 semaines, surtout s'il faut que le professeur « présente dans ses différentes composantes » chaque thème et « organise un enseignement fondé très largement sur des activités concrètes variées et adaptées au thème traité ».
2. Il y a ambiguïté aussi sur le rôle du chapeau du thème et les destinataires de la déclinaison du thème : s'adressent-ils au professeur pour orienter ses enseignements et en définir les contenus ou bien aux élèves vis à vis de leurs recherches personnelles ?
3. L'ambiguïté porte aussi sur ce qui doit être construit en première partie d'année : sont-ce des connaissances ou des capacités, seront-elles évaluées de façon seulement formative ?

## Thème 1 : Énergie et systèmes vivants

Nous apprécions tout particulièrement le fait d'aborder le thème de l'énergie à toutes ses échelles spatiales et temporelles. Par contre, dans la présentation de ce thème, l'utilisation de certains mots nous paraît source de difficultés fondamentales de compréhension :

1. Les énergies ne sont pas converties d'une forme en une autre, il s'agit de couplages énergétiques entre différentes formes, couplages qui s'accompagnent nécessairement de pertes (sous forme de chaleur, inexploitable par le vivant ... mais pas par l'homme).
2. Si les cellules eucaryotes peuvent potentiellement respirer (respiration aérobie des organotrophes), c'est loin d'être le cas de toutes les cellules !
3. Les fermentations ne sont en aucun cas « une oxydation incomplète » de la matière organique car il n'y a pas de réaction redox nette (on a un cycle futile redox). Ce sont par contre bien des réactions de « dégradation incomplète » de la matière organique.
4. L'ATP n'est pas fourni, mais régénéré et sa teneur est maintenue constante via un équilibre dynamique entre voies métaboliques de régénération et de consommation.

## Thème 2 : Atmosphère, hydrosphère, climats : du passé à l'avenir

Le chapeau introductif de ce thème aborde la dynamique des enveloppes fluides or cette dynamique n'est pas reprise dans le corps du thème. Comment comprendre le rôle de ce chapeau ? Les notions doivent-elles être construites avec les élèves ?

Il semblerait que le thème propose d'étudier les climats du passé et les climats récents de la Terre. Mais le concept de « climat global » doit bien être distingué de celui de climat lié aux zones latitudinales, lui-même différent de la météo locale (abordable par modélisation).

## Thème 3 : Homéostasie et santé

Le concept d'homéostasie (historiquement situé) mis en avant dans le thème 3 nous paraît dépassé. Les paramètres du milieu intérieur ne sont pas nécessairement « stables » chez un individu en bonne santé (e.g. fièvre permettant la lutte contre une infection). De plus, si un paramètre est stable, il n'est

pas réellement en « état stationnaire » mais plutôt à un équilibre dynamique. Ce qui compte, ce n'est pas tant la valeur absolue des paramètres utilisés pour définir le milieu intérieur mais leur régulation. C'est cette capacité de régulation qui est un « signe et une condition nécessaire de bonne santé ». Ainsi, c'est donc bien la « connaissance de ces systèmes de régulation » qui « constitue l'un des fondements scientifiques de la médecine humaine ou vétérinaire ».

L'exemple du diabète de type 1 est intéressant mais encore une fois le concept de soi et non-soi (tout aussi historiquement situé) est également dépassé et remplacé par celui de l'immunogénicité (graduel quand le soi / non-soi est dualiste). C'est l'apparition d'un caractère immunogène (dans 90% des cas) des cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans qui est à l'origine du déclenchement de cette maladie.