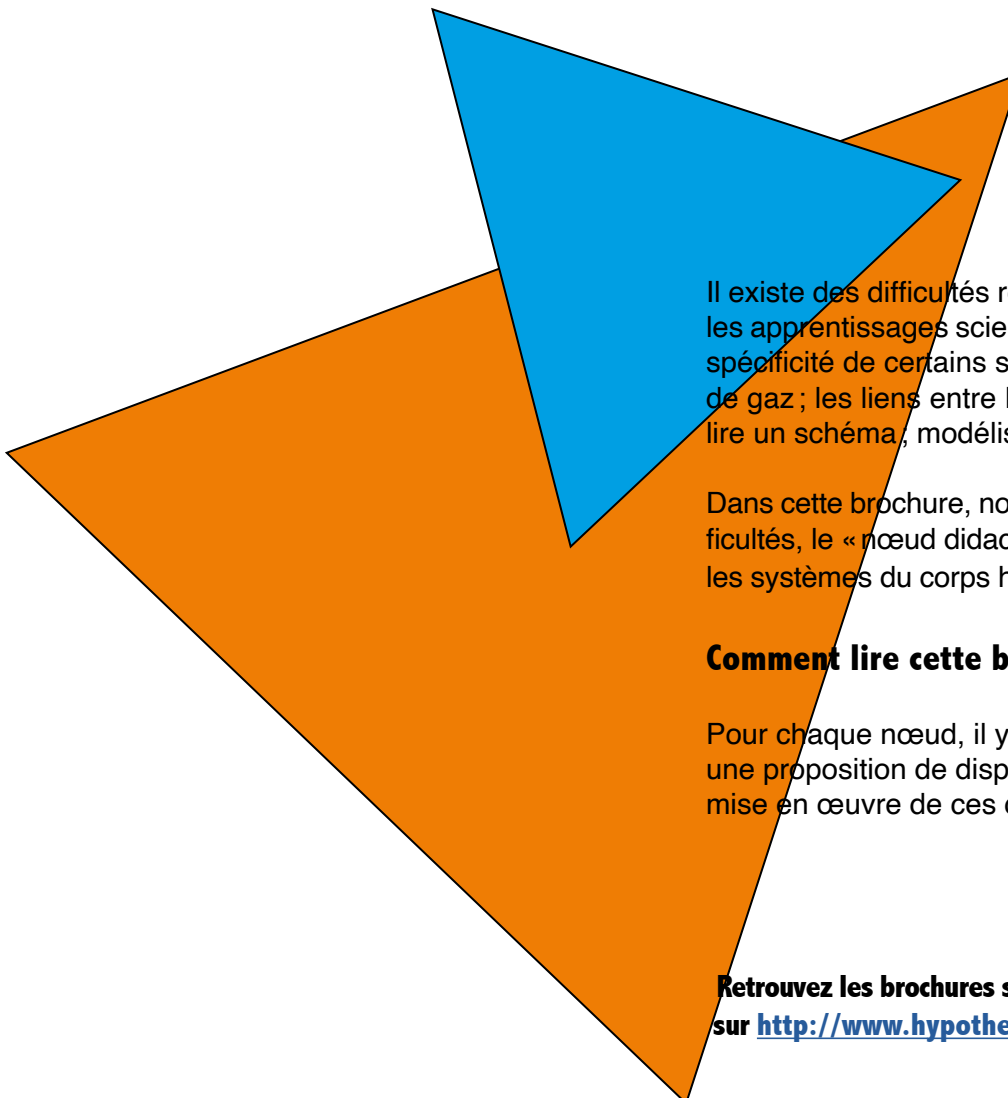




**Le guide
raisonné**

des « nœuds didactiques »

Nœud « Lien entre les systèmes du corps humain »



Il existe des difficultés récurrentes chez les élèves dans les apprentissages scientifiques. Celles-ci sont liées à la spécificité de certains sujets ou savoir-faire : le concept de gaz ; les liens entre les systèmes en biologie ; savoir lire un schéma, modéliser ; classer ; etc.

Dans cette brochure, nous allons aborder une de ces difficultés, le « nœud didactique » portant sur les liens entre les systèmes du corps humain..

Comment lire cette brochure ?

Pour chaque nœud, il y a un point de discussion puis une proposition de dispositifs et des indications sur la mise en œuvre de ces dispositifs.

Bonne lecture !

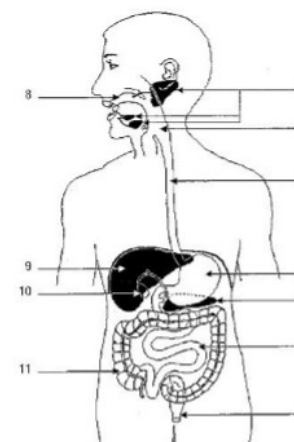
Retrouvez les brochures sur les autres « nœuds didactiques » sur <http://www.hypothese.be/index.php/petites-lecons/>

Nous nous intéressons ici principalement aux systèmes intervenant dans les fonctions de nutrition de l'organisme humain : système circulatoire, système digestif, système respiratoire, système excréteur ; la nutrition étant définie comme le flux de matière et d'énergie qui traverse tout organisme vivant et qui est indispensable pour le maintenir en vie, c'est-à-dire hors de l'équilibre physico-chimique (équilibre que l'organisme rejoint après sa mort). Il y a, pour les apprentissages dans ce domaine de savoirs, des difficultés à tous niveaux de la scolarité qui sont pour certains de l'ordre d'obstacles didactiques, c'est-à-dire liés à la façon dont ce domaine est enseigné ; et d'autres de l'ordre des obstacles épistémologiques, c'est-à-dire liés aux savoirs eux-mêmes.

Les systèmes du corps humain intervenant dans les fonctions de nutrition sont souvent enseignés de manière descriptive, s'appuyant ou non sur des observations et/ou des expériences, mais sans ramener leur fonctionnement à la signification de ces fonctions : le maintien en permanence dans les différentes parties du corps de flux de matière, ces flux intervenant à la fois dans le renouvellement voire la croissance des différents organes et dans l'apport d'énergie par la combinaison de l'oxygène avec des molécules organiques issues de l'alimentation. Ces flux sont assurés par le système circulatoire qui apporte oxygène et nutriments à toutes les cellules et récupère dioxyde de carbone et autres déchets formés par les fonctionnements de ces cellules. Les autres systèmes (système digestif, système respiratoire, système excréteur) permettent au système circulatoire de remplir en permanence ses fonctions.

Ce problème didactique – ne pas faire référence à la signification biologique des processus – se traduit le plus souvent par une étude émiétée : système digestif, système respiratoire, système circulatoire, système excréteur, sans permettre aux élèves de faire de lien fonctionnel entre eux. Par ailleurs, certains systèmes sont davantage vus en classe que d'autres ; une approche intégrée des différents systèmes pourrait permettre de remédier à ce déséquilibre.

Figure tirée de [La main à la pâte - Glossaire de biologie](#).



légendes :
1 : glandes salivaires 2 : pharynx 3 : œsophage 4 : estomac 5 : pancréas 6 : intestin grêle 7 : rectum 8 : cavité buccale 9 : foie 10 : vésicule biliaire
11 : côlon (gros intestin)

Décrire l'« appareil digestif » humain.
Quelles significations déduire pour quelles fonctions ?

Bien sûr il n'est pas possible de parler directement aux élèves, en début de scolarité, de signification, mais il est important, dès le début du primaire et même en maternelle, de situer les questions de nutrition dans le fonctionnement global du corps ; par exemple :

- ne pas limiter la question de la respiration à la seule entrée et sortie de l'air des poumons mais la resituer dans les besoins de toutes les parties du corps (voir Orange, 2012, p.53);
- ne pas s'intéresser uniquement au devenir de la nourriture (que devient ce que tu manges... ?) mais à ce qui la rend nécessaire pour tout notre corps (manger sert à faire grandir, à donner des forces...) et à la façon dont cela est possible.

De manière plus générale, bien que la description du corps humain et de ses systèmes n'est en soit pas inintéressante, elle n'assure pas à elle seule la compréhension du fonctionnement du corps humain en tant qu'ensemble de systèmes entretenant des liens fonctionnels entre eux. Il pourrait être tentant de malgré tout commencer par la description du corps humain, de ses structures et leur fonctionnement, avant d'envisager des explications sur la signification de ces fonctions. Cette manière de faire comporte des risques :

- l'enjeu n'est pas la description rigoureuse, qui sera de toute façon incomplète quel que soit le niveau de la scolarité (obligatoire). Le temps passé à cela pourrait donc être mis à profit autrement;
- en commençant et en se focalisant sur la description, les élèves pourraient penser que l'enjeu est à ce niveau. Cela pourrait les détourner des objectifs d'apprentissage plus ambitieux. Par ailleurs, ça donne une image des sciences caricaturale (tournée vers la description plutôt que l'explication);
- en proposant à priori une description, nous ne savons pas quelles sont les connaissances descriptives que possèdent les élèves et qui peut orienter la suite du travail en classe.

Au contraire, mettre les élèves au travail sur une question qui les amène à proposer des explications en rapport avec les modèles explicatifs permettra tout de même d'aborder la description du corps humain, de ses structures et leur fonctionnement. Par ailleurs, cela donnera l'occasion à l'enseignant de repérer le « déjà là » descriptif qu'ils possèdent et de diriger la recherche en conséquence ; celle-ci prendra alors davantage de sens pour les élèves parce que cette phase préparatoire (mise au travail sur une question ; dégager les thèses, etc.) va permettre d'installer des références et un questionnement commun.

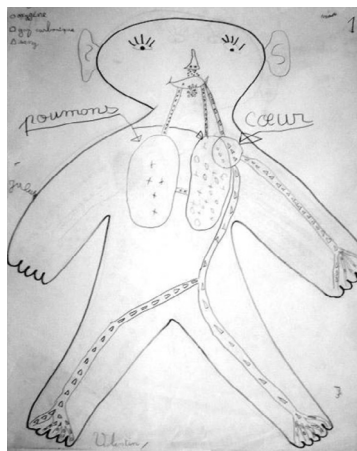
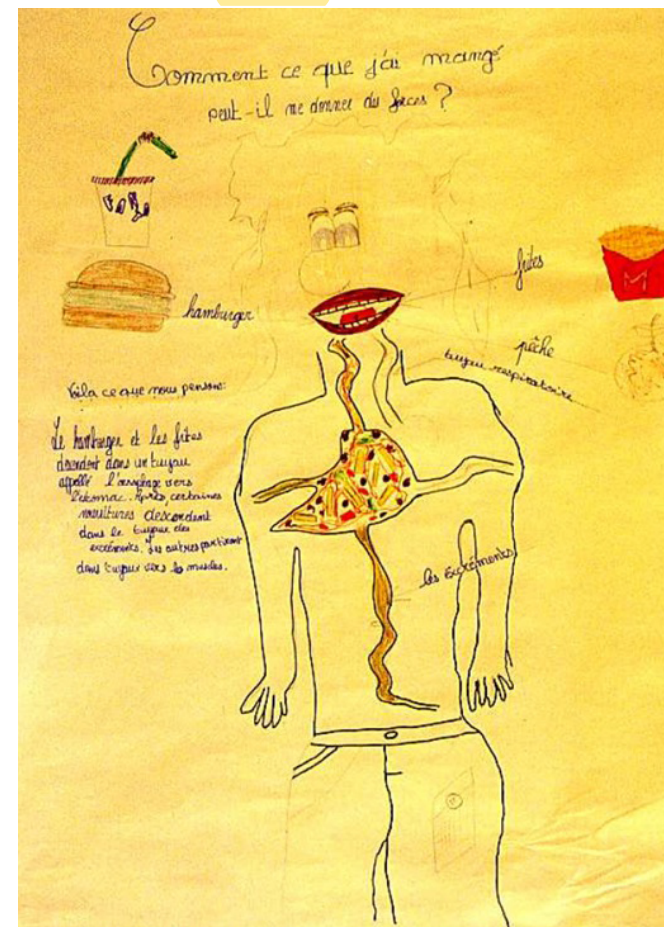


Figure : Affiche d'un groupe (8-10 ans) travaillant sur la respiration mais en lien avec les besoins des différentes parties du corps. Figure tirée de Orange (2012, p.54).

Une question de départ qui vise à mettre en lien la respiration avec les besoins des différentes parties du corps (ex : « comment l'air que vous respirez permet-il à toutes les parties du corps de recevoir de l'oxygène ? ») permet de relier une fonction (« alimenter toutes les parties du corps en oxygène ») à un fonctionnement (« comment l'air que vous respirez permet-il... ») de façon à lancer les élèves vers un problème biologique pertinent.

Exemple sur la nutrition :



En construisant le problème, les élèves pourront identifier ce sur quoi l'investigation va porter dans la suite de la séquence ; par exemple par une recherche documentaire (qui va d'ailleurs permettre d'aborder le volet descriptif).

Une importante difficulté tient dans la compréhension des systèmes complexes. Cela devient surtout prégnant en fin de secondaire mais dès la maternelle, les façons de penser ordinaires des élèves peuvent faire obstacles à leur apprentissage.

Les élèves vont produire des explications sous forme de récits. Cette forme est un passage obligé et même une aide pour les plus petits¹. Cependant, selon les âges, cela peut rendre difficile la compréhension du fonctionnement conjoint des systèmes.

La circulation (au sens propre : mouvement circulaire, avec retour du sang au cœur) ne sera pas toujours pensée comme telle, les mouvements du sang étant souvent plus compris comme une irrigation : les élèves construisent une « petite histoire » entre l'endroit où se forme le sang (pour les élèves : intestin ou cœur) et l'endroit où il est utilisé (organes) ; sans retour donc.

Dans cet exemple de débat en classe, la distribution du sang est au départ pensée selon un schéma linéaire :

Production du sang → distribution par les vaisseaux sanguins → utilisation par les parties du corps

¹ Avec des élèves de maternelle ou de P1 il peut être déclencheur d'explication de les pousser à raconter une histoire... « Et alors, que se passe-t-il après... ? »

191	Erw. Mais quand le, quand le cœur il distribue du sang dans les veines, mais après là aux doigts de pied, aux doigts de main, il va rester, il va rester plein de sang ? Donc...
192	Eg. Ah ! C'est ce qu'on...C'est ce que le directeur nous avait dit. Mais derrière... parce que le cœur y servait à rien. Parce que en fait, on l'avait mis là mais on avait mis l'azote qui ressortait alors le cœur y servait à rien.
193	Ec. Alors le sang il peut se renouveler quand on tombe. Le sang vieux à moitié il tombe...il... quand les bobos saignent, le sang part, y a du sang qui part et y en a qui font la croûte.
194	M. Mais est-ce que tu crois que c'est le seul moyen...
195	Ec. Non.
196	M. pour que le sang...
197	Ed. Ben, il faut de l'air pour comme ça il se renouvelle.
198	Ef. Moi je sais...
199	M. Alors ?
200	Ef. Il se consomme. Il se fait consommer par les organes et les muscles.
201	Erw. Et le cœur, quand il est trop vieux... Le vieux sang, il remonte dans le cœur et puis le cœur, ben il... il refait du nouveau sang.

Cette façon de concevoir la distribution du sang s'appuie sur une « mise en histoire » du modèle explicatif qui est alors contraint de fonctionner de manière linéaire. Cela constitue alors un obstacle à penser un fonctionnement dynamique du système circulatoire (donc avec un retour du sang au cœur).

Quand l'idée de retour au cœur du sang est construite, elle peut être pensée comme l'arrivée du « bon » sang aux organes et le retour du sang « usé » ou « mauvais » au cœur qui le régénère. Dans ce cas, c'est la fonction de transporteur du sang qu'il faut travailler : transport des nutriments, transport de l'oxygène, des déchets... Le sang n'est plus ce qui nourrit mais ce qui distribue ce qui nourrit.

Plus tard, et jusqu'à l'âge adulte, la circulation (mouvement en circuit) sera comprise mais pas nécessairement le fonctionnement en dérivation des organes : comment les reins, le tube digestif et les muscles peuvent remplir leur fonction alors qu'ils sont en parallèle (en dérivation) dans cette circulation ?

« On demande alors aux élèves (ou aux étudiants) de placer sur ce circuit, qu'ils peuvent modifier comme ils le veulent, le tube digestif et les reins de façon à satisfaire les autres conditions de la nutrition des cellules (approvisionnement en petites molécules organiques, élimination des déchets azotés). Dans une très grande majorité, ils construisent des modèles du type de celui de la figure 5 [figure ci-dessous]. Le tube digestif, les organes (avec les cellules), et les reins y sont disposés en série et dans cet ordre. » (p.42)

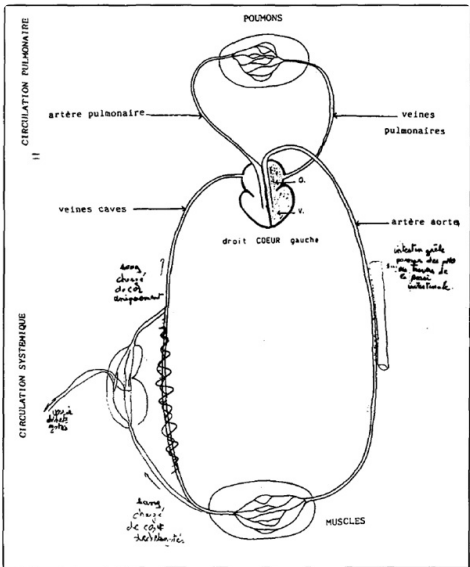
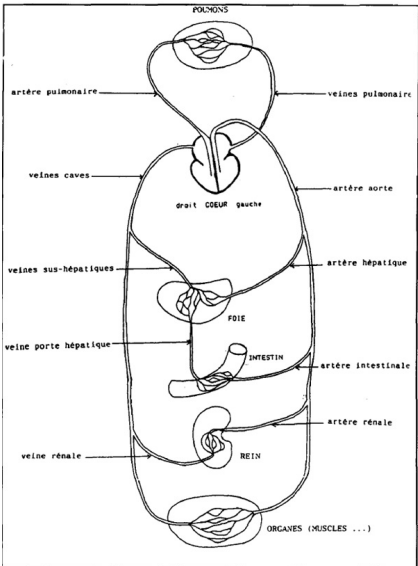


Figure : Circulation et nutrition, un exemple de modèle d'élèves (environ 17 ans). Tirée de Orange C. et Orange D., 1995, p.42



Circulation et nutrition : le modèle des physiologistes. Tirée de Orange C. et Orange D., 1995, p.43

Les élèves vont aussi penser, en fonction de leur âge, en termes de pseudo-personnages et expliquer le fonctionnement par les caractéristiques (on pourrait dire, le caractère) de ces pseudo-personnage :

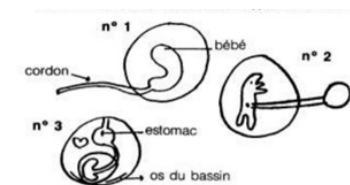
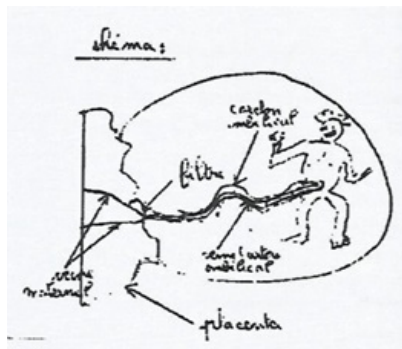
- en primaire, si la circulation (avec retour donc) est envisagée, ce sera en parlant de « bon » et « mauvais » sang ; ou de sang neuf et de sang usé... Le sang n'est alors pas vu comme un moyen de transport (des nutriments, de l'oxygène) mais comme la source même de la vie qui, une fois usé, est régénéré par le cœur;
- jusqu'au début du secondaire, les aliments seront divisés en bons aliments (ceux qui vont dans tout le corps ; appelés parfois à tort par les élèves « vitamines ») et les mauvais aliments (ceux qui sont rejetés dans les selles). L'abortion intestinale est alors comprise comme un tri entre bons et mauvais aliments et non pas comme une sélection fondée principalement sur la taille des molécules.

Juliette : <i>[elle lit l'affiche]</i> Voilà ce que nous pensons. Le hamburger et les frites descendent dans un tuyau appelé l'œsophage vers l'estomac. Après, certaines nourritures descendent dans le tuyau des excréments. Les autres... les autres partiront dans des tuyaux vers les muscles.
Amaury : <i>[commente l'affiche en montrant du doigt]</i> On a dessiné des frites. En fait les frites descendent là <i>[montre l'oesophage jusqu'à l'estomac]</i> dans l'estomac... là, là...
Adrien : Vous n'avez fait aucun organe. Vous n'avez mis que l'estomac
Auberi : Dans votre dessin, il y a quelque chose de bizarre parce que tu vois il y a un tuyau de l'œsophage et puis... Et puis il y a un truc qui va par là et l'autre par là. Mais on ne sait pas qu'est-ce qui va là exactement. On dirait que tout va d'un côté et ça va de l'autre. C'est comme ça, ça fait bizarre. <i>[Elle va au tableau près de l'affiche ; elle explique en montrant l'affiche]</i> Vous avez tout dessiné mais c'est un peu bizarre parce qu'on croirait qu'ici ça va dans les muscles <i>[montre le tuyau vers le bas]</i> et là... dans le muscle aussi <i>[montre les tuyaux sur le côté]</i>.
Steven : Déjà c'est dans l'estomac déjà ça se broie. Et ils ne disent pas que c'est une partie des aliments qu'on mange qui... qui partent dans les muscles.
Steven : Oui mais il faut déjà que ça se trie
Clément : Les excréments là <i>[montre de loin le schéma]</i> ça tombe n'importe comment. Il y a des vitamines qui tombent dedans... Non mais là, ça se mélange et puis ça ... partout ... excréments.
Enseignant : Qu'est-ce que vous pensez de cette idée de tri dont parle Steven ?
Amaury : C'est peut-être pas mal comme idée.
Clément : Je trouve que c'est vrai ce que dit Steven, y a pas de tri ni rien. C'est comme si tout partait n'importe comment. Y avait des vitamines qui partaient avec des excréments.

Enfin, une fois la circulation sanguine envisagée comme un ensemble de vaisseaux formant un circuit clos à sens unique et étanche pour le sang, et une fois le sang envisagé comme transporteur de molécules diverses (O₂, CO₂, minéraux, vitamines, déchets azotés, etc.), c'est par l'idée de surface d'échanges qu'on peut envisager les entrées et sorties des molécules du compartiment sanguin. Il s'agit donc de penser, par ce concept, l'étanchéité générale du compartiment sanguin (le sang ne « fuite » pas) et en même temps, une certaine perméabilité de certains tissus, à certaines molécules, permettent l'évacuation des déchets du métabolisme et un approvisionnement en nutriments et dioxygène.

Ce concept de surface d'échange peut être travaillé dès la fin du primaire comme le montre l'extrait ci-dessous, au sujet de la nutrition du fœtus :

- 210 Al. je comprends pas/comment ils font/à quoi ça sert qu'ils fassent des échanges s'ils se contactent pas les deux sangs
[...]
219 M. il faut bien qu'il y ait quelque chose qui se passe/mais quoi + les sangs se mélangent pas + à toi de voir ce qui va se passer dans ce cas-là
[...]
223 M. les sangs se touchent pas/ça/c'est sûr
224 X. où il va le sang du bébé
225 M. il va où le sang du bébé (brouhaha) dans le corps du bébé
226 Th. mais y a du sang partout dans le corps et s'il le prend/comment il fait pour le prendre sans toucher le sang
227 M. ah/alors il prend quelque chose mais sans toucher le sang
228 X. peut être qu'il a des vaisseaux
229 X. il prend + de ce qu'il a besoin
230 Th. comme une pompe qui aspire juste ce qu'il a pas bes/ça passe mais ya la peau enfin/les les nerfs/enfin je sais pas/qui passe/mais ça touche pas le le sang/c'est imperméable/et ya juste un petit/un petit trou enfin quelque chose pour que ça aspire ce qu'il a besoin juste +++ et ce qui donne juste + comme euh + je sais pas comment l'expl/ça peut pas/le sang peut pas se toucher/puisque les veines sont dedans avec/et ya comme une espèce de fuite/un petit trou mais ça peut pas rentrer et ça envoie ce qu'il a besoin et ça récupère ce qu'il a pas besoin
231 X en fait ya le placenta [M : oui]/placenta qui protège euh le cordon ombilical le sang reste sur le placenta/le cordon/le placenta aspire tout ce qu'il a besoin/et i euh les les besoins ils vont dans le euh [X : les vaisseaux] jusqu'au bébé/voilà
232 M. Juliette
233 Jul. peut-être que/en fait que/le le sang du bébé et de la mère/au niveau là où ya le cordon ombilical/ils se touchent et après quand il repart vers le placenta il prend que le sang du bébé/et ce qu'il y a d'important dans le sang de la mère/il l'apporte au bébé
234 M. alors on va le/on va le préciser
[...]



Figures : les élèves mis au travail sur une question liant plusieurs systèmes, ils peuvent faire émerger l'idée d'un placenta comme surface d'échanges. Ceci est rendu possible avec la contrainte que les sangs de la mère et du fœtus ne se mélangent pas, posée d'emblée par l'enseignante. Transcription et figures tirées de Jaubert (2007).

Rôle de l'enseignant :

Puisque travailler des explications ne nécessite pas forcément de commencer par une description du corps humain, pour ce « nœud », on pourra chercher et proposer des questions de départ qui permettent aux élèves de produire des explications du fonctionnement d'un ou plusieurs systèmes du corps humain, et non pas uniquement le(s) décrire. Ce travail permettra par la même occasion de repérer les argumentations des élèves fondées sur « mise en histoire ».

Dans cette optique, le travail avec les traces est particulièrement important, nous l'avons vu dans les figures précédentes : c'est parce que les élèves ont produit des dessins, schémas, affiches, etc. qu'ils ont pu débattre sur les idées portées par ces traces.

Par ailleurs, l'organisation de ce travail avec les traces doit être pensé. Par exemple, il est tentant de constituer des groupes d'élèves hétérogènes du point de vue des idées qu'ils ont sur le fonctionnement d'un système. Néanmoins, il peut être plus intéressant de grouper les élèves qui ont des idées similaires sur un fonctionnement : cela permet de diminuer le nombre de « thèses » (et donc de groupes) qu'il faudra comparer et cela permet de développer entièrement chacune des explications, plutôt que de faire émerger une seule thèse par groupe, les autres ayant été éliminées par l'effet d'un élève « meneur ». D'autre part, ces quelques « thèses » doivent pouvoir être présentées par les élèves puis discutées entre eux ; dans un premier temps, le travail de l'enseignant ne consiste pas à immédiatement identifier la bonne explication mais plutôt à organiser le débat et éventuellement demander des compléments d'argumentation, etc. afin que les élèves construisent le problème explicatif du ou des systèmes liés entre eux et puissent enfin lancer l'investigation.



Sur le travail avec les traces écrites, vous pouvez vous reporter au nœud n°1 : « **difficulté de lecture des schémas** »

Comme nous l'avons vu, la question de départ est importante, elle doit permettre de lier plusieurs systèmes dans un problème explicatif en biologie, cela afin de ramener le fonctionnement des systèmes à la signification de leurs fonctions. Pour cela, le travail de l'enseignant consiste à organiser le débat, notamment avec les traces afin de dépasser une série d'obstacles (« bon » et « mauvais » sang/aliments, conception de « l'irrigation » du sang, mise en histoire, etc.) pour permettre d'accéder à des conceptions plus pertinentes (retour du sang, étanchéité du compartiment sanguin et circulation à sens unique, rôle de transporteur, concept de surface d'échanges, fonctionnement synchrone des différents systèmes, etc.).

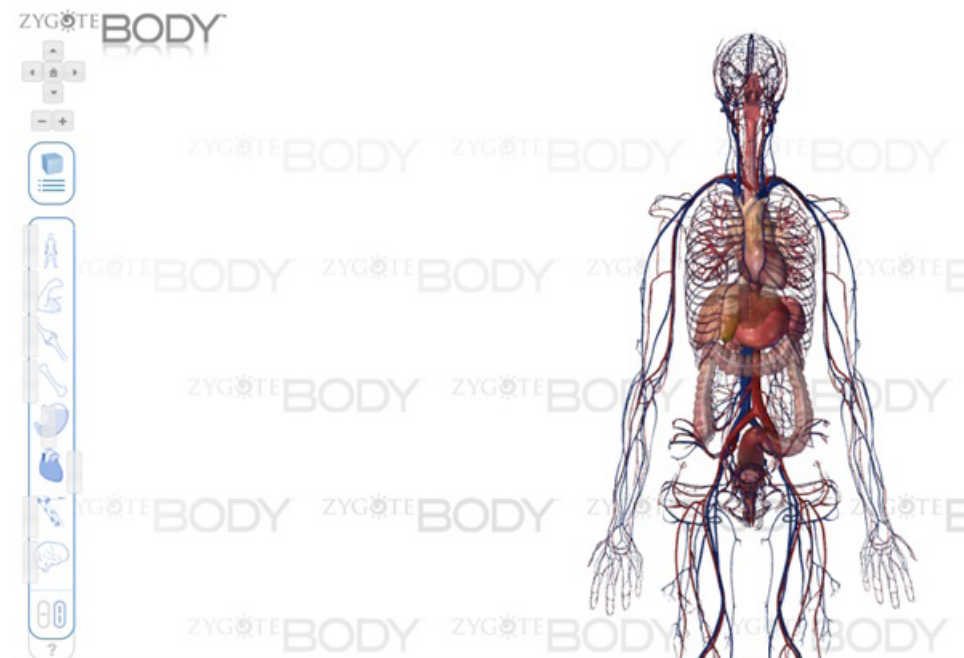
Outils et dispositifs pouvant permettre de travailler ce nœud :

Une démarche intéressante est proposée avec la brochure « [Manger, et après ?](#) ». Elle peut être associée à celle sur les « [Systèmes circulatoire et respiratoire](#) ». Différentes aides complémentaires sont [proposées ici](#) et [également ici](#).

Une autre démarche est proposée avec le dispositif « [La reproduction humaine. Une approche scientifique au service d'une éducation à la sexualité](#) ». Elle concerne la nutrition du fœtus, en lien donc avec les systèmes de la mère. Une fois de plus, un travail avec les schémas peut être réalisé.

En complément, pour le travail concomitamment fait avec le nœud n°1 « **difficulté de lecture des schémas** » qui est fortement lié à ce thème, la ressource « [Le cahier d'expériences](#) » peut être utile. Elle s'insère dans un ensemble de ressources disponibles en ligne : <https://www.fondation-lamap.org/fr/cahier>

En complément, pour l'investigation, l'outil numérique « [Zygotebody](#) » peut être utilisé pour faire varier les représentations des systèmes du corps humain une fois que les élèves ont construit le problème collectivement et ce sur quoi la recherche va porter. Notez que si varier ainsi les registres sémiotiques (outil Zygotebody, schémas 2D, etc.) peut faciliter la compréhension, cela demande tout de même un accompagnement car ça ne va pas de soi pour les élèves.



Pour aller plus loin...

Orange, C. (2007). Quel Milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la terre?. Éducation et didactique, 1(2), 37-56. URL : <https://journals.openedition.org/educationdidactique/152>

Orange C. et Orange. D. (1995). Géologie et Biologie : Analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. Aster, 21, 27-49. URL : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8635>

Orange, C. (2012). Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe. Bruxelles : De Boeck.

Pautal, É. (2014). Didactique des SVT : études de pratiques conjointes. Presses universitaires de Rennes.

Découvrez les autres ressources produites par les consortiums 4 et 5 sur
<http://www.hypothese.be/index.php/outils-tronc-commun-2/>

Une initiative du Consortium 4 :
mathématiques, sciences, géographie
Hichem Dahmouche, Sabine Daro, Christian Orange

Mise en page : Doris Michel

Avec le soutien de la Fédération
Wallonie-Bruxelles

