

INTERACTION DES SYSTEMES CIRCULATOIRE, DIGESTIF ET RESPIRATOIRE

1. Contexte

Lors de l'enseignement de la notion globale de nutrition à l'école, certaines difficultés s'observent chez les élèves. En effet, la nutrition requiert l'apprentissage des trois grandes fonctions : la respiration, la circulation et la digestion. Cependant, le lien entre celles-ci ne se fait pas immédiatement (Doudain-gay, 2012). D'une autre part, de nombreuses études démontrent que les élèves, peu importe leur niveau d'études, ont du mal à se faire une représentation scientifique de la circulation. Les difficultés prennent source dans la complexité du système parce qu'il regroupe différents concepts biologiques qui sont interconnectés (Robitaille, 1997). Dans le cadre scolaire, les fonctions de digestion, de respiration et de circulation sont couramment étudiées de façon indépendante. Par conséquent, les élèves éprouvent des difficultés à se construire une conception intégrée de la circulation (Banet & Nunez, 1997).

2. Définition : le concept général de « nutrition » et lien entre les systèmes

Si nous reprenons la définition de Grumiaux (2002, cité par Doudain-gay) « *La digestion, a pour but de transformer les aliments avalés en substances plus simples, appelées nutriments, capables de passer dans la circulation sanguine (absorption) et d'être utilisées par les organes (assimilation)* ». Dans cette définition, le lien entre la digestion et la circulation sanguine est explicite, nous comprenons que les nutriments issus de la digestion vont être absorbés dans le sang et ensuite distribués aux organes pour produire de l'énergie. Cependant, les élèves ont appris que l'énergie produite au niveau des organes demande du dioxygène. Les élèves ont appris que le dioxygène provenait de la respiration. Il faut donc faire le lien entre les trois grandes fonctions (Doudain-gay, 2012). Dans l'organisme humain c'est bien la circulation sanguine qui détient le rôle central. Elle possède sa propre dynamique en reliant divers systèmes comme la respiration, la digestion ou encore l'excrétion (Fournier, 2015). C'est donc bien en comprenant la fonction centrale de la circulation sanguine que les élèves pourront comprendre sa relation avec les différents systèmes ainsi que leurs relations (Alkhaldeh, 2007).

Pour comprendre le système circulatoire il faut une explication systémique (Haugeland, 1978), ce qui veut dire qu'il faut comprendre les différentes interactions de coopération qui ont lieu à l'intérieur du système. Malheureusement les élèves ont peu souvent recours à ce raisonnement puisque leur apprentissage est surtout axé sur les composantes du système plutôt que sur les processus qu'il intègre (Ben-Zvi Assaraf, Dodick & Tripto, 2011).

3. Obstacles rencontrés par les élèves

Ce que l'on ne peut pas voir représente un des obstacles majeurs dans l'apprentissage des différentes fonctions biologiques humaines (Doudain-gay, 2012). Des préconceptions erronées de la respiration, de la digestion ainsi que de la circulation sont présentes chez les élèves. D'une manière générale, les élèves pensent que les fonctions vitales (respiration, digestion, circulation du sang) ont pour fonction de faire vivre, survivre et donc de ne pas faire mourir (Fagnant & Flammang, 2004)

En ce qui concerne la respiration, plusieurs obstacles sont relevés. Le premier porte sur la confusion entre la structure du poumon et celle du cœur. Pour certains élèves, les poumons fonctionnent comme le cœur c'est-à-dire qu'un poumon se remplit de dioxygène alors que l'autre se vide de son dioxyde de carbone. Le deuxième implique le fonctionnement de la ventilation pulmonaire. Les élèves ont également des difficultés avec la composition de l'air et les mélanges de gaz. La relation cœur-poumons est également un obstacle tout comme la signification des échanges (Paccaud, 1991). Plusieurs études révèlent que les élèves pensent que nous respirons pour rester en vie, pour faire respirer les poumons ou encore pour avoir de l'air pour faire battre notre cœur. Une autre étude expose que les élèves assimilent la respiration à un purificateur d'air et à un destructeur de microbes mais également à oxygéner les os, les muscles et le sang. En ce qui concerne le trajet de l'air, de nombreuses études montrent que les élèves énumèrent l'œsophage dans le trajet ce qui révèle la confusion entre trachée et œsophage et l'ignorance complète de la notion de trachée (Brodeur & Maheu, 2008).

Au niveau de la digestion, les élèves la conçoivent comme une tuyauterie continue aux parois imperméables mais la perméabilité de la paroi intestinale permet de comprendre l'absorption des nutriments (Clément, 1991 ; Fagnant & Flammang, 2004).

Une étude menée par Fagnant et Flammang (2004) démontre que pour les élèves les aliments sont broyés et décomposés mais la notion d'absorption est rarement évoquée spontanément. Cette conception de schéma de tuyauterie continue peut provenir des manuels scolaires ou encore de l'enseignement, qui en primaire indiquent que ce que nous ingérons transite dans

le tube digestif mais sans indiquer que ça traverse la paroi de l'intestin pour passer dans le sang et donc dans tout notre corps. Par exemple, dans un manuel de primaire, le Bordas cycle 3, le chemin des aliments est représenté dans un schéma qui illustre un tube digestif dans une silhouette d'enfant qui mange une pomme. La légende indique que la pomme atteint l'estomac, ensuite l'intestin pour se retrouver au niveau de l'anus plus tard. Ce qui est totalement incorrecte car la majorité de la pomme passera dans le sang (Clément, 2014). Selon une étude d'Orange (2002), les élèves ont tendance à simplifier la compréhension des problèmes en utilisant un raisonnement « par mise en histoire ». Par cette méthode, ils schématisent les organes en série et situent le tube digestif loin dans ce réseau, ce qui est faux car le tube digestif apporte les nutriments aux autres organes.

Une étude menée auprès d'élèves de primaire et secondaire a mis en évidence que les élèves se représentaient les intestins comme perdus au milieu du ventre. De plus, avant l'arrivée en secondaire, les schémas réalisés par les élèves concernant le système digestif sont assez rudimentaires : il n'y a représentation que de l'œsophage, de l'estomac et de l'intestin. Que ce soit en 6^{ème} primaire ou au premier degré secondaire, 30 % des élèves ne représentent qu'un tube associé à un estomac ou à des intestins. Il n'y a donc pas de notions d'apports d'aliments et d'énergie. C'est seulement en secondaire que certains élèves représentent tous les organes du système digestif dans les dessins. Pour plus d'un élève sur cinq de la 6^{ème} primaire jusqu'à la deuxième secondaire les aliments ont pour principale fonction de nourrir le corps et donc de maintenir le corps en vie (Fagnant & Flammang, 2004). Quant à Carvalho et Clément (2007), ils exposent que les schémas de l'appareil digestif dans les manuels scolaires de pays différents ne représentent jamais l'appareil circulatoire à côté des intestins. Par conséquent, le lien entre la circulation et la digestion peut difficilement être perçu. Les écorchés présentent les intestins mais ils ne permettent pas de faire comprendre la continuité du tube digestif qui s'étend de la bouche à l'anus (Clément, 2014). La notion de broyage, de décomposition et d'élimination des aliments sont évoquées de manière spontanée par les élèves, contrairement au concept d'absorption par l'organisme (Fagnant & Flammang, 2004).

La circulation sanguine représente un autre concept compliqué à appréhender et à élaborer pour les élèves (Lhoste, 2006). Cette observation résulte de la vision mécaniste qu'ont les élèves envers l'organisme. En effet, chaque organe est perçu comme une pièce d'un moteur, elles interagissent les unes sur les autres car elles sont proches et sont reliées par des tuyaux pour communiquer (Sauvageot-Skibine, 1993). Les élèves conçoivent également l'organisme humain comme un réservoir de sang et ils n'ont pas la notion de vaisseaux. Cette vision provient de l'observation du saignement lors d'une chute qui laisse penser que le sang se trouve à l'état libre partout sous la peau et de l'expression le sang "coule". En effet, si le corps humain est un grand réservoir de sang, aucun vaisseau n'est nécessaire (Pautal, Venturini & Schneeberger, 2013). Lorsque les élèves assimilent la notion de vaisseaux qui contiennent du

sang, ils ne font pas le lien avec le rôle de pompe assuré par le cœur. De plus, les élèves connaissent les termes veines et artères mais pas celui de capillaires et par conséquent le rôle de distribution assuré par le système circulatoire n'est pas acquis (Chatard & Revest, 2005). Le terme veine est couramment utilisé dans le langage courant pour parler des vaisseaux observés sous la peau par transparence est employé par les élèves pour parler de vaisseaux sanguins. Il est donc facile pour les élèves de se représenter le réseau veineux superficiel, par contre ils ne s'imaginent pas la circulation ayant lieu au niveau des organes internes. De plus, le terme veine employé dans ce langage courant, ne renvoie aucunement aux vaisseaux ramenant le sang des organes au cœur (Pautal et al. 2013). Les étudiants pensent que le sang circule dans un "tuyau" par un système d'aller-retour sans envisager que différents vaisseaux existent et qui ont chacun une fonction particulière. Quant au rôle du système cardiovasculaire, les élèves ne perçoivent que le rôle de pompe attribué au cœur qui permet d'alimenter en sang les différentes parties du corps. Les adolescents comprennent donc que le sang circule à partir du cœur vers les parties de l'organisme mais ne prennent pas en compte que le sang retourne au cœur (Gellert, 1962 ; Robitaille 1997). Le sang effectue un aller simple vers les organes dans un système ouvert (Lhoste, 2006). La vision de la circulation comme une irrigation a longtemps persisté et encore aujourd'hui nous évoquons l'irrigation des organes en reprenant l'analogie du monde agricole et l'irrigation des cultures (Pautal et al. 2013). En effet, pour les élèves, le sang ne reste pas dans les capillaires sanguins, il peut quitter les capillaires pour aller à l'intérieur des cellules ou une partie du sang sort des capillaires pour irriguer les cellules (Arnaudin & Mintzes, 1985). Enfin, selon Songer et Mintzes (1994), des élèves conçoivent le système circulatoire comme un élément isolé.

4. Pistes et applications

Pour passer au-delà de l'obstacle général qui réside dans ce que l'on ne peut pas voir, il est intéressant de présenter des vidéos aux élèves (Doudain-gay, 2012). Avant de présenter un nouveau concept, il est important que l'enseignant parte des connaissances que les élèves ont. Il est donc utile de se renseigner sur les conceptions de ceux-ci par questionnaire oral ou écrit. Il est également important que le professeur mentionne les conceptions fausses et pourtant courantes liées à la notion de respiration. En effet, l'air qui entre dans les poumons lors d'une inspiration ne contient pas uniquement du dioxygène mais également des composantes de l'atmosphère. La composition de l'air atmosphérique contient plus ou moins 20 % d'oxygène ainsi que plus ou moins 80 % d'azote. Pour aborder la respiration, le trajet de l'air peut être présenté par un ensemble cœur-poumons. Il peut donc être intéressant de souffler dans la trachée pour faire visualiser aux élèves que les poumons se gonflent mais que le cœur garde son volume. Pour faire le lien entre les échanges gazeux et la circulation, les

enseignants peuvent présenter des poumons aux élèves pour leur faire visualiser leur côté rosé. La manipulation telle que la dissection d'un poumon de mouton peut servir à une expérimentation, à une vérification ou encore à une concrétisation pour l'élève de la théorie orale. De plus, une distinction entre l'œsophage et la trachée peut être faite à l'aide de la dissection d'un fœtus de mouton. Au niveau de la séquence d'enseignement, il est plus facile d'enseigner l'absorption des nutriments au niveau intestinal avant d'enseigner celle au niveau du dioxygène. Il est également essentiel d'enseigner le système respiratoire avant le système circulatoire car ce dernier évoque le concept de sang riche en dioxygène et de sang riche en dioxyde de carbone (Brodeur & Maheu, 2008). Il est également primordial de faire comprendre « le système en parallèle des organes » en utilisant une approche compartimentale ayant lieu dans le même temps. Il est donc nécessaire de faire appel à une approche systémique (Orange, 2002). Cette approche pour enseigner les différents systèmes complexes est plus intéressante car ils vont permettre la compréhension des phénomènes dans une vue globale (Fournier, 2015).

Bibliographie :

Alkhaldeh, A. S. (2007). Facilitating conceptual change in ninth grade students' understanding of human circulatory system concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 371-385. DOI: 10.1080/02635140701535331

Arnaudin, M. W. & Mintzes, J. S. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system : A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733

Ben-Zvi Assaraf, O., Dodick, J. & Tripto, J. (2011). High School Students' Understanding of the Human Body System. *Research in Science Education*, 43(1),1-24. DOI: 10.1007/s11165-011-9245-2

- Brodeur, M.-P. & Maheu, H. (2008, 23 Novembre). Respiration. Consulté à l'adresse https://www.pistes.fse.ulaval.ca/sae/?onglet=apercu&no_version=2115
- Carvalho, G.S. & Clément, P. (2007). Relationships between Digestive, Circulatory and Urinary Systems in Portuguese Primary Textbooks. *Science Education International*, 18 (1), 15-24. Consulté à l'adresse <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1065290.pdf>
- Chatard, P. & Revest, B. (2005). *Le fonctionnement du corps humain : respiration et circulation sanguine*. Consulté à l'adresse https://www.dsden44.ac-nantes.fr/medias/fichier/module_respiration_circulation_1384180887138.pdf
- Clément, P. (2014). Recherches en didactique de la biologie sur les conceptions et obstacles. Dialogue avec Jean-Pierre Astolfi, RDST. Consulté à l'adresse <http://journals.openedition.org/rdst/863>. DOI : 10.4000/rdst.863
- Doudain-Gay, S. (2012). L'enseignement de la nutrition au cycle 3 : les relations entre les fonctions (Mémoire). Université d'Artois.
- Fagnant, A. & Flammang, C. (2004). Le système digestif : étude des représentations des élèves de fin d'enseignement primaire et de début d'enseignement secondaire. Synthèse de la recherche en pédagogie 38/02. *Informations pédagogiques*, 55, 29-39. Consulté à l'adresse : <http://hdl.handle.net/2268/79762>
- Fournier, T. (2015). *Pensée systémique et épistémologie personnelle d'adolescents en classe de biologie : incidences sur la construction d'une représentation de la circulation sanguine comme système complexe* (Thèse de Doctorat). Université du Québec à Montréal.
- Grumiaux, F, Bogart, A., Caron, D. & Lefebvre, L., (2002). *A la découverte du corps humain* « Cycle 3 Tome I, Fonction de nutrition ». Lille : Canopé - CRDP de Lille
- Haugeland, J. (1978). The nature and plausibility of Cognitivism. *Behavioral and Brain Sciences*, 1(2), 215-256. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0140525X00074148>
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3e : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42, 79. DOI : 10.4267/2042/16793. Consulté à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/27611547_La_construction_du_concept_de_circulation_sanguine_en_3e_Problematisation_argumentation_et_conceptualisation_dans_un_debat_scientifique
- Nuñez, F. & Banet, E. (1997) Students' conceptual patterns of human nutrition, *International Journal of Science Education*, 19 (5), 509-526. DOI : 10.1080/0950069970190502

Nuñez, F. & Banet, E. (1997). Students' conceptual patterns of human nutrition. *International Journal of Science Education*, 19(5), 509-526. DOI: 10.1080/0950069970190502

Orange, C. (2002). Apprentissage scientifique et problématisation. *Les Sciences de l'Éducation « Pour l'Ère nouvelle »*, 35(1), 25-42.

Paccaud, M. (1991). Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. *Aster, respirer, digérer : assimilent-ils ?* 13, 35-58.

Pautal, E., Venturini, P. & Schneeberger, P. (2013). Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant. *Education et didactiques*, 7 (2), 9-28.

Robitaille, J.-M. (1997). *Etude exploratoire des conceptions de la circulation sanguine auprès d'élèves de l'ordre collégial*. (Thèse de doctorat). Université de Montréal.

Sauvageot-Skibine, M., (2019). De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur. *Aster*, 17, 189. Consulté à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/27604192_De_la_representation_en_tuyaux_au_concept_de_milieu_interieur

Songer, C. & Mintzes, J. (1994). Understanding cellular respiration : An analysis of conceptual change in college biology. *Journal of research of sciences teaching*, 31(6), 621-637.