

MASTER**METIERS DE L'ÉDUCATION, DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA FORMATION**

Mention	Parcours
Premier degré	Professeur des écoles
Site de formation :	Albi

MEMOIRE***LA PLACE DU SCHEMA INTEGRANT LES FONCTIONS DE
NUTRITION DANS LES MANUELS SCOLAIRES***

Mathilde OLIVE

Directeur de mémoire**M. GERMANN Benjamin**

Responsable pédagogique et enseignant en Sciences de la vie et de la Terre à l'ESPE

Membres du jury de soutenance :

- M. GERMANN Benjamin
- M. CHEVALET Patrick

**Soutenu le
25/06/2019**

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à plusieurs personnes pour qui je présente toute ma gratitude.

En premier lieu, je voudrais remercier mon directeur de mémoire M.GERMANN, professeur de sciences de la vie et de la Terre à l'ESPE pour sa disponibilité et son soutien infaillibles, sa patience et bien sûr ses éclairants conseils. Il a partagé ses connaissances, sa sagesse, ses expériences pour nourrir ma réflexion tout en m'accordant sa confiance inconditionnelle.

J'adresse aussi mes remerciements à toute l'équipe pédagogique de l'ESPE d'Albi ainsi qu'aux PEMF qui ont assuré mon accompagnement dans la formation professionnelle.

Je témoigne toute ma reconnaissance envers mon compagnon de vie *Thomas* pour avoir été ma force.

Un grand merci à ma famille, mes parents *Régis* et *Lucienne* et mes frères *Benoît*, *Arthur* et *Gaston*, pour leurs encouragements, leur aide tout au long de mes études.

Enfin, je remercie mes amis *Héloïse*, *Justine*, *Marvin* pour leur présence, leur aide et leur soutien moral et intellectuel.

SOMMAIRE

Introduction.....	6
I - État de l'art.....	8
1- Les fonctions de nutrition : son enseignement et ses obstacles dans l'apprentissage.....	8
a) Définitions	8
b) Pourquoi ces fonctions doivent être intégrées dans un système ?	10
c) Les obstacles des apprenants (conceptions et compartimentation)	11
2- Les manuels scolaires	15
a) Définitions	15
b) Transposition didactique	16
c) La place des fonctions de nutrition dans les programmes scolaires	19
3 - La schématisation.....	20
a) Définitions : schématisation	20
b) Intérêt didactique et sa place dans les apprentissages.....	21
c) Les avantages et les limites de la schématisation.....	22
d) Les caractéristiques d'un schéma scientifique	23
II - Problématiques et hypothèses de recherche	24
III - Méthodologie de l'étude	25
a) Méthode permettant de choisir les manuels scolaires avant l'analyse.	25
b) Proposition d'une liste de manuels scolaires en Sciences et Technologie de cycle 3	26
c) Analyse de la logique d'apprentissage	28
d) Méthode permettant de recueillir les données	29
Schémas de fonctions de nutrition des manuels retenus :	31
IV - Présentation et analyse des résultats	32

a) Exploitation de chaque critère	32
1) D'un point de vue général dans les manuels	32
2) La digestion.....	35
3) La respiration	38
4) L'excrétion.....	43
5) La circulation	46
b) Bilan général des résultats	49
V – Discussion.....	50
a) Bilan des hypothèses émises	50
b) Comparaison entre résultats et l'impact didactique	51
c) Impact personnel, limites de la recherche et perspectives.....	53
Impact personnel sur l'enseignement.....	53
Limites :.....	54
Perspectives :.....	55
Conclusion.....	58
Bibliographie.....	60
Articles de recherche.....	60
Internet.....	61
Enseignements scientifiques.....	62
Annexes	63
Schémas retenus du manuel de l'édition Belin.....	63
Schémas retenus du manuel de l'édition Bordas	64
Schémas retenus du manuel de l'édition Hachette	66
Schémas retenus du manuel de l'édition Istra.....	68
Schémas retenus du manuel de l'édition Magnard	70
Schémas retenus du manuel de l'édition Nathan	73

Introduction

La représentation schématique dans les manuels scolaires est le sujet de ce dossier. Il concerne spécifiquement la schématisation des fonctions de nutrition (la circulation, la digestion, la respiration et l'excrétion) dans ces supports. La sélection de manuels scolaires de l'ancien cycle 3 (CE2, CM1 et CM2) est réalisée dans cette étude puisque c'est dans ce cycle que le thème de « fonctionnement du corps humain et la santé » est abordé. Nous nous intéresserons uniquement à la logique du savoir à enseigner dans les ouvrages ainsi qu'à la schématisation de ces fonctions dans les manuels. Le but étant d'analyser la représentation schématique des fonctions de nutrition à l'intérieur des manuels scolaires.

Les questions suivantes guideront ce dossier : comment les ouvrages scolaires traitent-ils des fonctions de nutrition d'un point de vue illustratif et comment ces informations sont-elles présentées dans la communication et la compréhension du savoir à enseigner en classe. Le corps fonctionne de manière systémique, c'est-à-dire que chacune des fonctions sont liées les unes aux autres. La circulation sanguine assure la connexion avec les autres fonctions.

Nous nous interrogerons dans un premier temps sur la logique de l'enseignement de ce thème. D'après les études de CLEMENT, P (1991) dans son article « sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion » les fonctions de nutrition sont cloisonnées par chapitre, ce qui provoque un manque de lien certain entre elles, le fonctionnement systémique n'est donc pas étudié. Il semble, selon l'auteur, indispensable d'étudier le système de fonctionnement général du corps dans un système intégrant toutes les fonctions pour comprendre les nombreux échanges qui s'y trouvent. En sciences, la schématisation est primordiale pour l'apprentissage des élèves puisqu'elle met en relation les conceptions des élèves avec les expériences faites afin d'établir un savoir commun à la classe, elle accompagne les élèves vers la progression dans la démarche d'investigation. C'est pour cela que les schémas des manuels scolaires doivent être clairs, justes, compréhensibles par tous les élèves comme par les enseignants. Le but des sciences aujourd'hui est de faire observer et manipuler les élèves pour les amener à l'abstraction. Les schémas sont une forme d'abstraction et permettent à l'élève de comprendre des concepts parfois

complexes mais aussi d'avoir une vue d'ensemble d'un fonctionnement particulier. D'autre part, comme il a été dit précédemment, nous observons rarement à l'intérieur des manuels scolaires des schémas récapitulatifs. Nous noterons donc que la plupart des élèves apprennent les fonctions indépendamment les unes des autres sans passer par la complémentarité du corps humain en insistant sur les interactions coexistantes.

Nous allons tenter de montrer par ce présent dossier que la schématisation des fonctions de nutrition dans les manuels scolaires de sciences et technologie ne présente que peu d'interactions et peut parfois même induire des conceptions fausses à l'élève. Nous nous intéresserons aux détails de la fonction représentée et ses liens avec les autres fonctions.

Nous ferons tout d'abord un bilan sur les recherches actuelles concernant les manuels scolaires comme objet de transposition didactique du savoir à enseigner et la place de la schématisation à l'école primaire après avoir défini chacune des fonctions et d'en expliquer le mécanisme du corps humain. La problématique et les hypothèses seront ensuite exposées avant de commencer la présentation des résultats et leur analyse.

I - État de l'art

1- Les fonctions de nutrition : son enseignement et ses obstacles dans l'apprentissage

a) Définitions

Les fonctions de nutrition correspondent à l'ensemble des fonctions assurant l'approvisionnement en matière et en énergie d'un organisme ainsi que son entretien et son renouvellement. Elles assurent ainsi la pérennité de l'être. Ces fonctions comportent notamment la digestion, la respiration, la circulation et l'excrétion. Il faut noter que, pris au sens strict, le mot nutrition correspond aux processus de transformation et d'utilisation des aliments par l'organisme.

Ce thème est présent dans les programmes scolaires (Bulletin Officiel du 26 novembre 2015). Ce terme de « fonctions » se trouve dans la rubrique « expliquer les besoins variables en aliments de l'être humain ; l'origine et les techniques mises en œuvre pour transformer et conserver les aliments ». Les enseignants du 1^{er} et du 2nd degré (classe de 6^{ème}) doivent en particulier insister sur l'approvisionnement des organes via les fonctions de nutrition.

La première notion explicitée est « les fonctions de nutrition » afin de relier l'approvisionnement des organes aux fonctions de nutrition. Les élèves appréhendent les fonctions de nutrition à partir d'observations et perçoivent l'intégration des différentes fonctions.

Les fonctions de nutrition rassemblent quatre processus dépendant les uns des autres :

La respiration :

La respiration est le processus permettant d'approvisionner l'organisme en dioxygène, et d'évacuer le dioxyde de carbone. Nous comptons plusieurs mécanismes qualifiant l'intégralité de cette fonction. La ventilation est composée des actions inspiration et expiration amenant l'entrée comme la sortie des gaz du corps. Les échanges entre l'air et le sang font partie du fonctionnement de la respiration. Nous positionnons ces nombreux échanges au niveau des alvéoles pulmonaires qui sont entourées de réseaux de capillaires sanguins. Pour finir, la

respiration cellulaire représente la consommation du dioxygène et le rejet du dioxyde de carbone par les cellules, les muscles et les organes lors de leur approvisionnement en énergie.

La circulation sanguine :

La circulation sanguine désigne le trajet du sang dans l'organisme. Le sang est un tissu qui circule dans un système clos : les vaisseaux sanguins. Nous définissons cette fonction par la présence de la pompe : le cœur. Cependant les échanges avec les autres parties du corps comme les reins, le cerveau, les poumons, les muscles, le tube digestif et d'autres encore qualifient aussi cette fonction. La double circulation est aussi une particularité de cette dernière, nous les nommons circulations pulmonaire (au niveau des poumons) et générale (dans le reste du corps). D'un point de vue fonctionnel, la circulation se fait dans tout le corps. Cependant, en décomposant les phases de celle-ci nous identifions premièrement du sang arrivant par la veine pulmonaire gauche puis expulsé par l'oreillette gauche via l'artère. Le sang enrichi en dioxygène sera transmis vers l'ensemble des organes. Nous identifions ensuite le sang pauvre en dioxygène et riche en dioxyde de carbone sortant des organes rejoindre l'oreillette droite pour ensuite être transporté vers les poumons par la veine et enfin être expulsé via l'expiration.

La digestion :

La digestion est le processus au cours duquel les aliments ingérés sont transportés et dégradés dans l'appareil digestif afin d'être transformés en substances simples : les nutriments. Grâce à un phénomène d'absorption au niveau des intestins, les nutriments passent dans la circulation sanguine via les vaisseaux sanguins dans le but d'alimenter les organes, les muscles, les cellules.

L'excrétion :

L'excrétion est le processus qui permet l'élimination des déchets toxiques de l'organisme pour maintenir l'équilibre des fluides corporels. Ces déchets sont générés par l'activité métabolique du corps. Les reins filtrent le sang et évacuent les déchets du sang (l'urine) dans la vessie par l'uretère. D'autres déchets sont

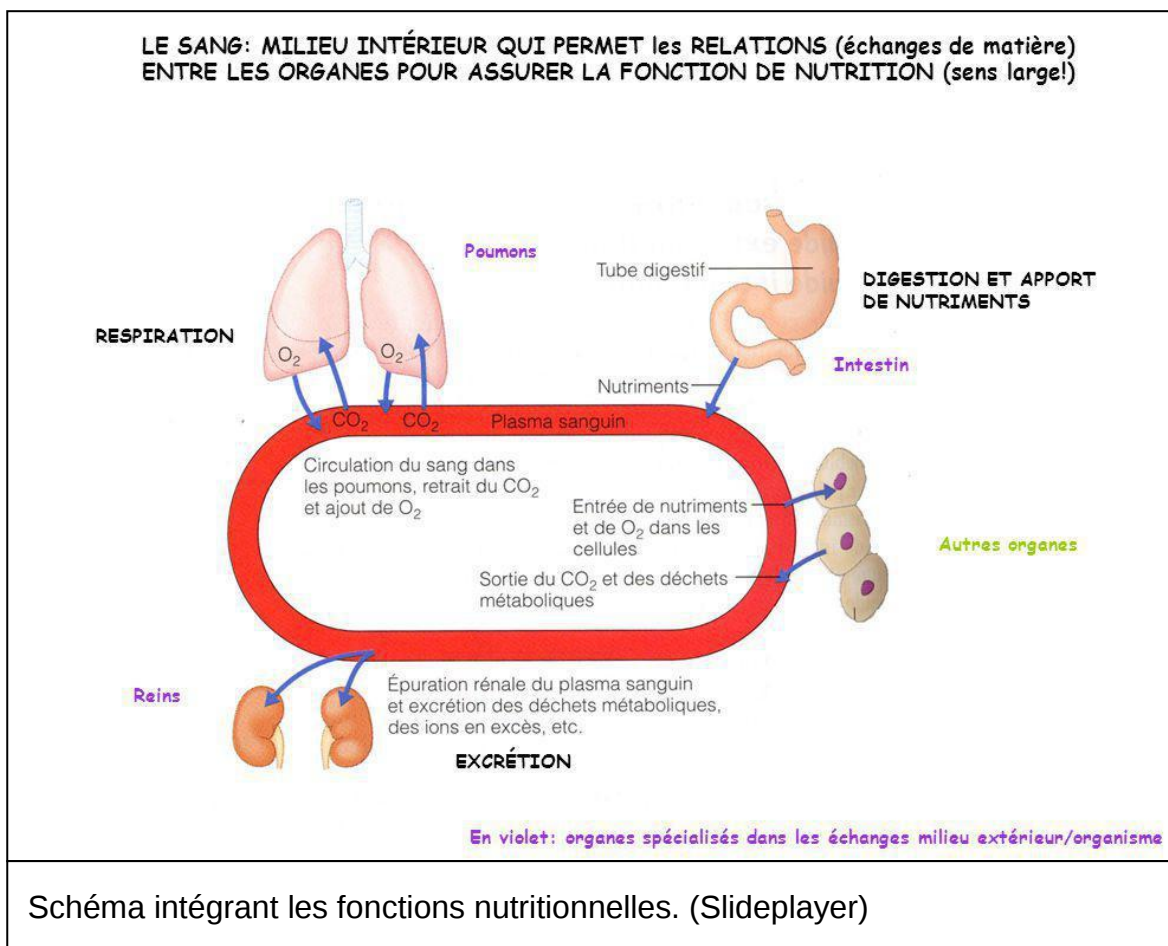
éliminés comme le dioxyde de carbone lors de l'expiration. Les organes principalement concernés sont les reins et les poumons.

b) Pourquoi ces fonctions doivent être intégrées dans un système ?

Le corps humain est une machine fonctionnant de manière intégrée. Chacune des fonctions détaillées précédemment s'active en fonction des autres. Nous notons néanmoins des organes fondamentaux jouant un rôle dans ce système intégrant : les poumons, le cœur, l'intestin, les reins. Ces organes sont dépendants des nombreux échanges qui existent avec la circulation sanguine via les vaisseaux sanguins. Le corps fonctionne dans un système intégré mais pour comprendre l'organisation, il est possible de décomposer ce système en trois parties. Le sang s'approvisionne en dioxygène lorsque l'air entre dans les poumons et passe dans les alvéoles. Il s'approvisionne également en nutriments lorsque des aliments sont ingérés et transportés de la bouche jusqu'à l'intestin où ils subissent une transformation puis une absorption dans les vaisseaux sanguins. Le sang est un tissu permettant les échanges dans tout le corps, c'est le rôle principal de ce système. Ce dernier riche en dioxygène et en nutriments alimente les organes mais aussi les muscles. Une fois la consommation de ces deux éléments faite, du dioxyde de carbone est rejeté. En parallèle, le corps subit l'élimination de différents déchets. L'expiration permet l'expulsion du dioxyde de carbone et les reins permettent la formation de l'urine (déchet) lors de la filtration du sang. Il sera filtré à plusieurs reprises par les reins afin de permettre une épuration du sang en séparant les déchets. Il transmettra ce sang riche en nutriments et dioxygène vers toutes les cellules du corps humain, les muscles, les organes. Ces cellules, muscles, organes assimilent ces éléments et s'en servent comme source d'énergie pour poursuivre le bon fonctionnement du corps. Les reins rejettent les déchets vers la vessie formant avec de l'eau : l'urine. Elle sera ensuite évacuée par l'urètre.

Le sang riche comme pauvre en dioxygène (portant du dioxyde de carbone) subit la double circulation : pulmonaire et générale dont le cœur est la pompe rythmant ces circulations.

Nous identifions ici une coopérativité des organes du corps humain. Le schéma ci-dessous nous invite à admettre que les fonctions de nutrition ne peuvent pas être compartimentées puisqu'elles fonctionnent les unes avec les autres.



c) Les obstacles des apprenants (conceptions et compartimentation)

Suivant le concept d'ASTOLFI, J-P et PETERFALVI, B (1993) un obstacle épistémologique entrave les apprentissages et c'est un défi fondamental lors d'un enseignement scientifique « constructiviste ». Certains obstacles dans l'apprentissage persistent malgré les efforts de conceptualisation et de mise en œuvre d'une notion par l'enseignant. La diversité des activités didactiques est nécessaire pour déconstruire son concept et former le nouveau savoir. Le but étant de comprendre la logique d'un nouveau fonctionnement et de se l'approprier.

Ces deux chercheurs s'appuient sur des travaux de l'INRP. Selon GIORDAN, A et DE VECCHI, G (1987), l'idée de conception avec l'obstacle sont foncièrement associés. La digestion (une des fonctions nutritionnelles) est un obstacle récurrent à l'école et persiste jusqu'à l'âge adulte. En effet, des études ont été faites et la grande majorité des adultes ont une conception erronée et pensent qu'il n'existe qu'un tuyau de la bouche vers l'anus et pour cause, de nombreux schémas ne présentent que la digestion et n'apportent que peu ou aucune interaction(s) avec le reste du corps, notamment le sang qui est l'acteur principal du transport des nutriments et du dioxygène. Il est même précisé dans un article CLEMENT, P (1991) que la compréhension du mécanisme du corps n'est étudiée qu'à partir des enseignements donnés en licence 2^{ème} voire même 3^{ème} année de biologie. Il précise que la compartimentation des chapitres alimente ces conceptions fausses.

Certains auteurs parlent d'un obstacle didactique en tant que difficulté de compréhension d'un principe. Celle-ci est induite par un apprentissage antérieur et il en serait la cause d'erreurs systématiques. L'obstacle se trouvera entre les connaissances antérieures (modifiées ou acquises) et l'apprentissage actuel de la notion. BEDNARZ, N et GARNIER, C (1989) expliquent qu'il y a obstacle lorsque les conceptions nouvelles à former contredisent les conceptions antérieures bien fondées de l'apprenant. Nous pouvons dire que l'obstacle est une nécessité fonctionnelle de la pensée d'après PETERFLVI, B (1997).

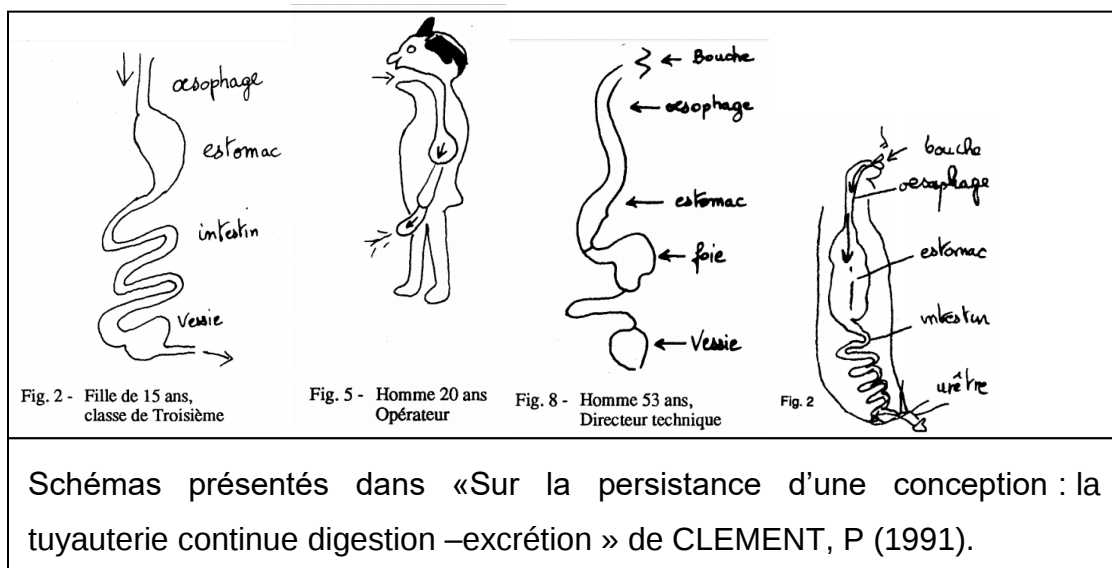
BROUSSEAU, G (1989) identifie trois types d'obstacles :

Epistémologique : qui sont les connaissances fondées de la notion visée à apprendre. Nous appelons aussi le "déjà là conceptuel" dans la recherche d'ASTOLFI, J-P et DEVELAY, M (1989).

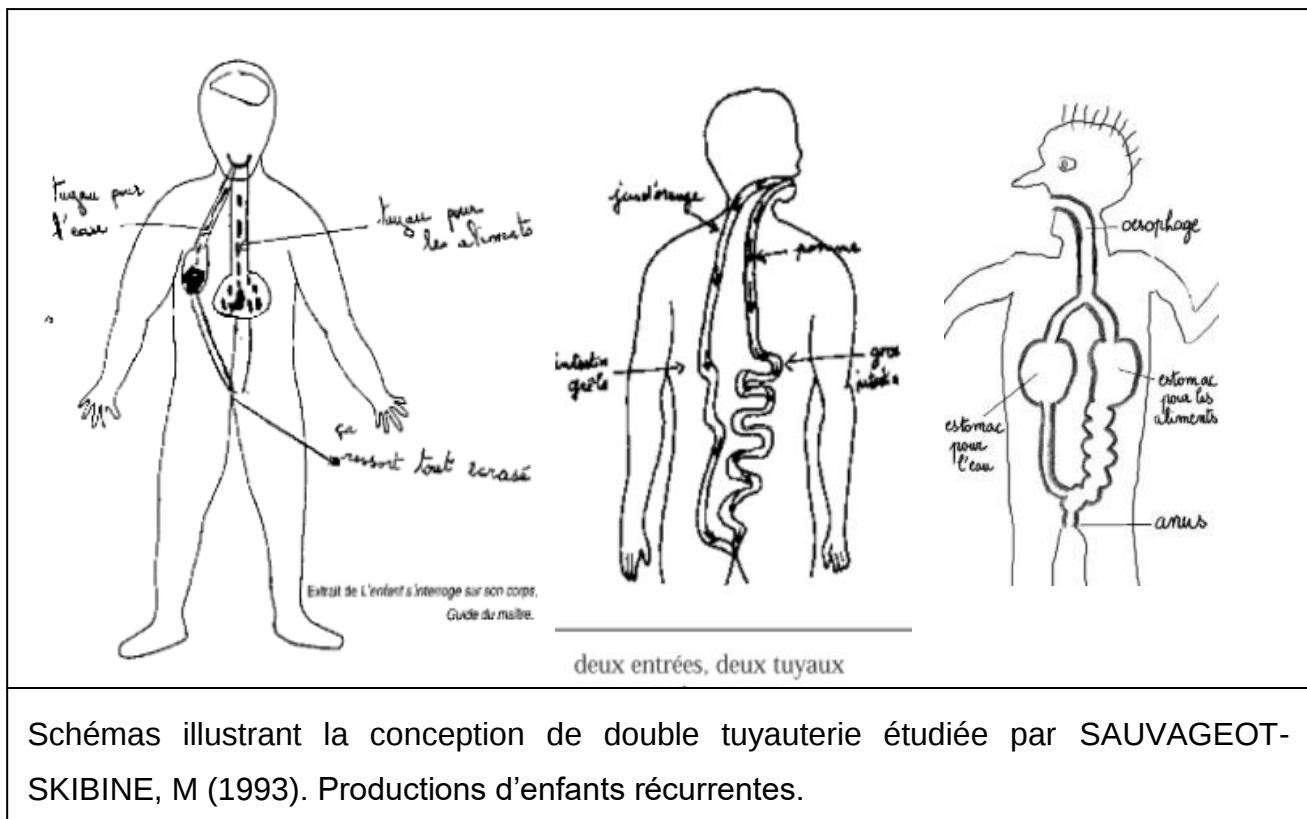
Ontogénique : qui est propre aux facultés de l'apprenant, le développement de l'individu est borné à chaque âge et peut devenir un obstacle.

Didactique et socio-culturel : qui est propre au choix des enseignants ou des apprenants dans leurs actions à partir des recommandations ministérielles.

La qualification d'une conception récurrente c'est que celle-ci est une représentation que possède une personne sur une notion et qui se trouve être commune à plusieurs autres personnes, une conception qui revient souvent. Par exemple la conception persistante du système digestif pour une tuyauterie continue est commune à un grand nombre de personnes, comme le montre les recherches de CLEMENT, P (1991) énoncé précédemment. Il a identifié un pourcentage important de personnes qui ne faisaient aucun lien entre la nourriture ou la boisson ingérées et le sang et dessinaient un tube unique entre la bouche et l'anus ou la vessie. Ils considèrent une tuyauterie continue digestion- excrétion. C'est seulement à partir de la 2^{ème} année de licence de Biologie que les étudiants déconstruisaient leur conception de tuyauterie continue pour aboutir à un système intermédiaire avec une discontinuité marquée ou un système reliant les fonctions : circulation, digestion et excrétion.



Afin de donner un autre exemple illustrant une conception récurrente sur les fonctions de nutrition, SAUVAGEOT-SKIBINE, M (1993) a recueilli de nombreuses conceptions. L'analyse des réponses a montré la présence d'une double tuyauterie, partant de la bouche. Un débouchant pour éliminer les liquides et l'autre les solides. Ces conceptions sont présentes à partir des élèves du CP jusqu'aux enseignants et au public non biologistes. En effet il semble difficile aux élèves d'imaginer que l'eau traverse la paroi d'un tube, ou bien que l'urée circule dans le sang. Ils conceptualisent que le corps est un espace clos.



Ces deux idées rejoignent l'étude de GIORDAN, A et DE VECCHI, G (1987) dans leur ouvrage « Les origines du savoir ». Ils ont choisi des personnes n'ayant pas étudié ou peu étudié le sujet sur la digestion dans leur scolarité. Ils ont pu observer et par la suite analyser pour certains d'entre eux qu'il y a une absence de continuité dans le corps humain, il n'y a donc pas de spécialisation ni d'évocation du devenir des aliments. Ces personnes associent la digestion avec l'estomac. Pour d'autres, le trajet des aliments à travers les organes est présent, ils ont remarqué un début de spécialisation. Enfin, d'autres encore matérialisent deux tuyaux (pour les solides et pour les liquides) en évoquant un transit, un tri et un stockage. C'est une idée plus complexifiée mais ne représente toujours pas la réalité de cette fonction. D'autre part, une conception intéressante est discutée en entretien avec une élève. Ils relèvent que l'élève n'aime pas le mouton car il mange de l'herbe et notent que l'élève n'assimile pas la transformation de l'herbe en chair. Selon eux les conceptions « dépendent d'un système sous-jacent qui constitue son cadre de signification ».

2- Les manuels scolaires

a) Définitions

Le manuel scolaire est un outil d'enseignement destiné aux enseignants principalement puis aux élèves comme appui pour l'apprentissage d'une notion. Cet outil est créé par des professionnels qui se basent sur les savoirs construits de la discipline pour construire un savoir adapté et simplifié aux élèves. Il est composé pour la plupart d'une variété de thèmes à traiter dans le niveau en question. Les manuels scolaires en sciences et technologie sont riches en schémas, dessins pour que les élèves puissent visualiser les connaissances à acquérir. La manipulation et la schématisation sont deux éléments essentiels pour comprendre et apprendre les sciences.

Nous retiendrons comme définition : « Le manuel scolaire met en œuvre un programme d'enseignement pour un niveau donné. Il est conçu par des professionnels pour répondre aux besoins des élèves, des professeurs et des parents. " Sont considérés comme livres scolaires, au sens de l'alinéa 4 de l'article 3 de la loi du 10 août 1981 susvisée, les manuels et leur mode d'emploi, ainsi que les cahiers d'exercices et de travaux pratiques qui les complètent ou les ensembles de fiches qui s'y substituent, régulièrement utilisés dans le cadre de l'enseignement primaire, secondaire et préparatoire aux grandes écoles, ainsi que des formations au brevet de technicien supérieur, et conçus pour répondre à un programme préalablement défini ou agréé par les ministres concernés. La classe ou le niveau d'enseignement doit être imprimé sur la couverture ou la page de titre de l'ouvrage". »

Le manuel scolaire est un échelon précis dans la transposition didactique. Il comprend plusieurs stratégies comme le poids du Ministère, du système éducatif mais aussi les éditeurs des manuels d'un point de vue commercial. Il prend en compte les attentes des enseignants, ceux des élèves ou encore l'inclusion des pratiques sociales de références d'après BERNARD, S et CLEMENT, P (2006).

Il serait intéressant de suivre la méthodologie de ces derniers pour analyser les manuels scolaires tel le modèle KVP. Selon eux trois critères sont essentiels pour analyser le manuel scolaire : K signifiant les connaissances scientifiques, V

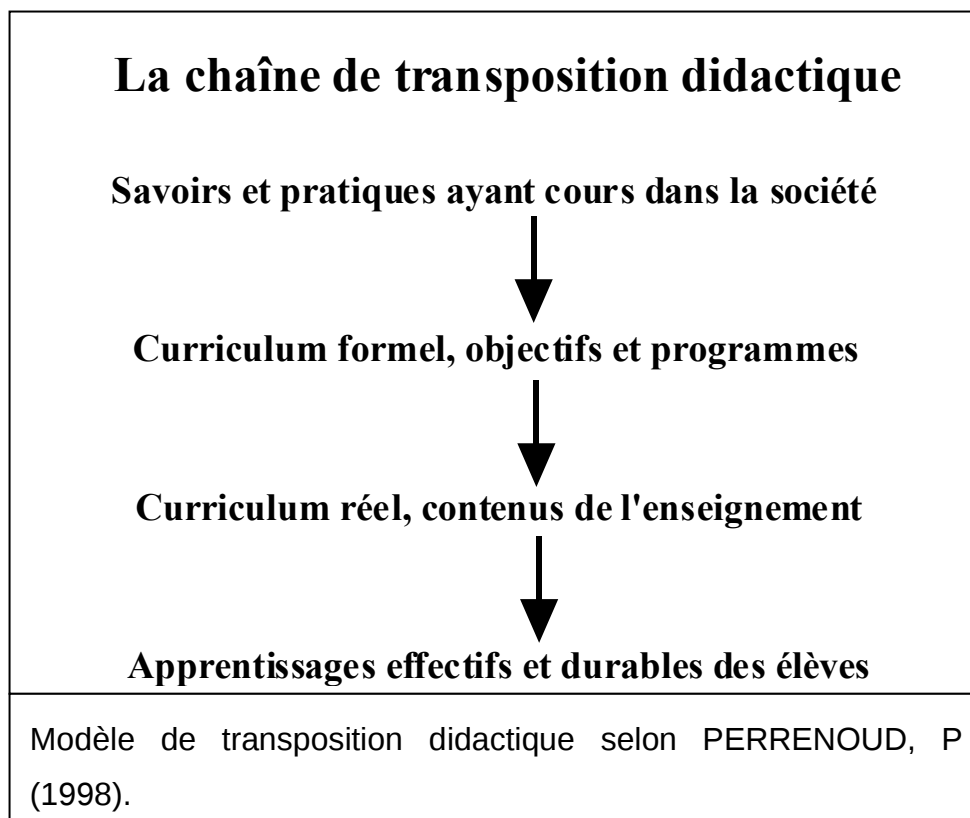
signifiant les valeurs et P qualifiant les pratiques sociales de référence. Nous nous intéressons cependant dans ce mémoire à l'analyse des schémas dans les manuels scolaires.

L'analyse des manuels scolaires s'intéresse au contenu mais aussi à la prise de recul sur le message dégagé (implicite ou explicite). Avant de commencer l'analyse il est crucial de mettre en place des références critiques explicitées mettant en lien l'ensemble des trois caractéristiques définies précédemment et leurs interactions.

b) Transposition didactique

Avant de se rendre compte du savoir assimilé d'un élève, le savoir subit de nombreuses modifications. Des professionnels s'inspirent des sciences de la discipline pour créer les programmes scolaires et définissent les compétences à acquérir dans le domaine en question. Dans ce mémoire, nous nous attachons aux sciences expérimentales et technologie, le programme de 2008 se définit en huit thèmes qui sont eux-mêmes subdivisés en plusieurs chapitres ciblant des compétences et des objectifs précis. A partir de ces programmes le savoir est adapté au savoir qui sera réellement enseigné aux élèves. Les professionnels transposent le savoir selon le niveau et l'âge des élèves (les capacités de l'individu selon le développement).

Nous étudierons plusieurs modèles de transposition didactique. Tout d'abord le modèle de PERRENOUD, P (1998) présente une transformation du savoir en quatre étapes. La simplification du savoir subit diverses phases. Il semble primordial de passer par ces phases afin que le savoir assimilé soit ciblé et adapté aux élèves.



On présentera ensuite le travail de CHEVALLARD, Y (1985) qui a défini trois grandes étapes dans le processus de transposition didactique :

- **Savoir savant** qui va être un savoir vulgarisé.
- **Savoir à enseigner** qui correspond aux programmes d'enseignement.
- **Savoir enseigner** qui représente le savoir transmis par l'enseignant.

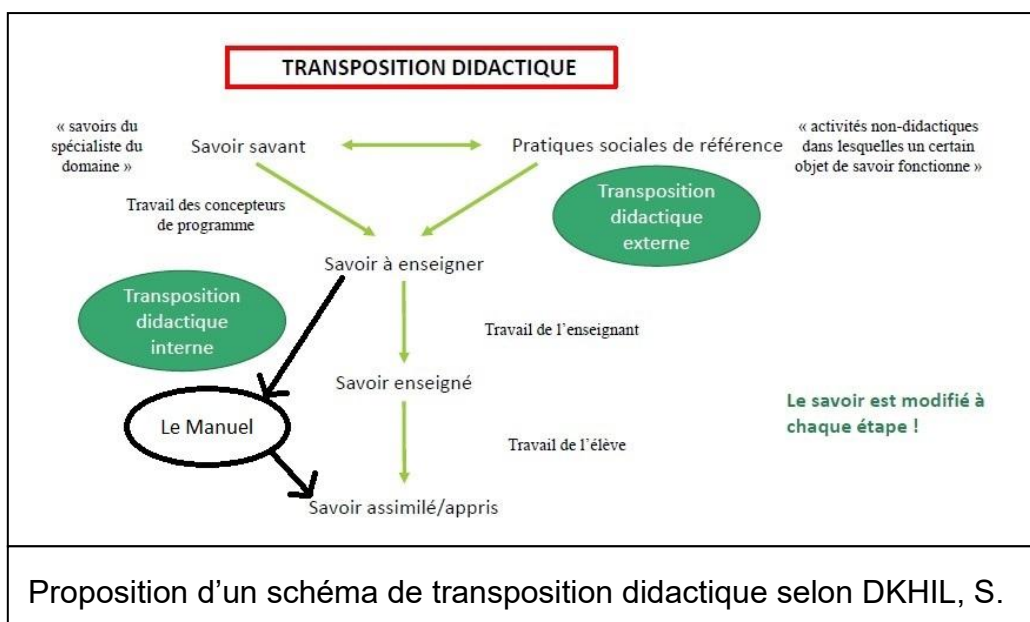
Cependant CLEMENT, P et HOVART, S (2000) proposent un autre modèle incluant les acteurs de la transposition qui interagissent dans les interactions entre les trois points de CHEVALLARD, Y (1985). Ils décident de prendre en compte les contraintes et les conceptions des concepteurs, réalisateurs, enseignants et médiateurs.

La transposition didactique est un processus complexe. Il représente la construction du savoir scolaire. Ce dernier se fonde sur le savoir scientifique disons « brut » pour aboutir aux connaissances acquises par les élèves. C'est pourquoi le savoir scientifique ou savant (savoir spécialiste d'un domaine) subit de grandes adaptations et transformations afin de fixer un objet d'enseignement exploitable à l'école. Des règles inflexibles et précises sont respectées ainsi que

des procédures rigoureuses pour ne pas perdre les termes scientifiques primordiaux et indispensables pour ne pas sacrifier le savoir scientifique tout en rendant accessible le savoir aux acteurs finaux : les élèves.

Pour poursuivre, selon DUBOUCHET, F la transposition didactique est une succession de transformations. D'après lui ces transformations se font en deux étapes. L'enjeu de la première phase est de transformer le savoir savant en un savoir à enseigner, nous l'appelons transposition externe. La finalité de cette phase est la création des programmes scolaires pour chacune des disciplines scolaires. La seconde phase a pour but de transformer le savoir à enseigner au savoir qui sera véritablement enseigné aux élèves, nous la nommons transposition interne. C'est aux enseignants de réaliser cette tâche afin de transmettre le savoir adapté aux élèves. Les inspecteurs et les conseillers pédagogiques sont présents dans cette transformation pour étayer les enseignants à réaliser un enseignement explicite. Ces acteurs doivent prendre en compte les contraintes imposées telles que le développement de l'enfant, les attendus du programme. Le but n'étant pas de simplifier le savoir mais de l'adapter pour que les élèves acquièrent des conceptions solides avant de prolonger ce sujet dans un niveau supérieur.

Nous concluons avec ce schéma qui présente la transposition didactique de manière explicite. Nous rajouterons comme information, le lien entre le savoir savant et les pratiques sociales de référence qui existe pour effectuer la transposition didactique externe. Pour créer les programmes scolaires, il est nécessaire de juxtaposer les savoirs savants de la discipline ainsi que des activités culturelles qui sont non didactiques mais touchent néanmoins l'objet à enseigner.



c) La place des fonctions de nutrition dans les programmes scolaires

Les fonctions de nutrition sont étudiées par des élèves de cycle 3, nous précisons la place des fonctions de nutrition dans les programmes de 2008 étant donné que les manuels sélectionnés pour l'étude sont associés à ces programmes.

Les programmes de 2008 dans le cycle des approfondissements qui était composé du CE2-CM1-CM2 précisent dans la rubrique Sciences Expérimentales et technologie le thème suivant : « Le fonctionnement du corps humain et la santé ». Ils ajoutent des informations supplémentaires en ce qui concerne les chapitres qui doivent être étudiés dans ces trois niveaux. Le chapitre exploité sur les fonctions de nutrition est « Première approche des fonctions de nutrition : digestion, respiration et circulation sanguine ». Les fonctions nutritionnelles telles que : digestion, respiration et circulation sanguine sont précisées et sont détaillées sur son intégration. Par exemple pour la digestion, il est indiqué que le trajet des aliments, les transformations et le passage dans le sang (absorption) doivent être évoqués. Les objectifs et le vocabulaire à apporter sont aussi mentionnés.

3 - La schématisation

a) Définitions : schématisation

Il s'agit donc d'une illustration simplifiée d'une chose dans le but de faire comprendre son fonctionnement. La schématisation présente une explication, (souvent par un dessin) un concept, un objet complexe, il peut être plus simple que ce qu'il n'est en réalité. Les détails non cruciaux sont limités pour alléger la charge cognitive de compréhension du principe. C'est une figuration des relations qui existent entre les données d'après VEZIN, J-F(1986). Le décodage du schéma par les élèves est étudié. Les méthodes de lecture sont coûteuses pour les élèves, c'est pour cela que les amener à une lecture schématique permettrait une économie de lecture et de compréhension.

Schématiser : c'est donner une représentation mentale de la structure générale ou de quelque chose, réduire aux éléments essentiels. Nous ajoutons à cette caractéristique générale celle de "figuration simplifiée, fonctionnelle et modélisante du réel" proposée par ARNAUD, P. Le schéma participe à l'institutionnalisation d'une notion, qu'elle soit scientifique ou non.

Selon GOUANELLE, C et SCHNEEBERGER, P (1996), à partir d'activités comme lire, décrire des photos et élaborer des schémas, les élèves progressent plus vite dans l'apprentissage des notions abordées en classe. L'apprentissage par la schématisation aide les élèves à évoluer dans les réalisations graphiques pour exprimer leurs idées.

WEISSER, M (1998) se pose la question sur la compréhension didactique de certains schémas puisque les élèves sont au contact d'illustrations diverses mais sont-elles tous valables pour consolider son savoir ? (comment les élèves lisent ces schémas ? Quelles sont les codes pour orienter la didactique sous-jacente?). Il juge « que certaines informations se perdent chemin faisant, car n'ayant pas été jugées pertinentes ». C'est un échelon de la transposition didactique et prenant en compte l'ensemble des lecteurs potentiels, c'est une forme d'interprétation finalisée. Ce dernier segmente le réel et place les informations qu'il veut faire passer à son lecteur.

KASTENBAUM, M (1979) propose quant à elle une description et une analyse des schémas dans les manuels scolaires à travers quatre travaux : la perception du schéma (complexité des figures), le codage utilisé (instrument de transmission des messages), l'image mentale (lecture faite et l'action dans l'apprentissage et la mémorisation) et la disposition spatiale. Les schémas des manuels doivent s'adapter aux utilisateurs c'est à dire aux enseignants comme aux élèves.

Le modèle des fonctions de nutrition dans un système intégrant devrait être indispensable pour la consolidation de l'apprentissage des élèves dans ce thème. Les élèves comme le reste de la population non scientifiques ne font pas de liens entre les différentes fonctions et les classent indépendamment. La plupart des manuels scolaires ne proposent pas de schéma récapitulatif de mise en réseau entre toutes les fonctions. CLEMENT, P (1991) précise cette idée dans son article en disant que «les programmes et manuels scolaires sont trop souvent eux mêmes des modèles de cloisonnement de connaissances. Le chapitre sur la digestion, par exemple, est bien séparé de celui sur la circulation; et celui sur l'excrétion est encore bien à part. Un élève peut avoir durant toute sa scolarité d'excellentes notes en sciences naturelles, sans que ne soit remise en cause sa conception de tuyauterie continue digestion-excrétion qu'il renforce chaque fois qu'il boit et a ensuite envie d'uriner. »

b) Intérêt didactique et sa place dans les apprentissages

La schématisation pour les élèves est un moyen de passer de la concrétisation par l'expérience avec du matériel vers l'abstraction. Nous cherchons par l'abstraction à s'éloigner du réel pour structurer et organiser ses pensées. Le schéma est là pour conceptualiser une notion. Nous nous intéresserons ici aux schémas scientifiques, en particulier au sujet des fonctions nutritionnelles. Il serait judicieux d'utiliser un schéma récapitulatif pour comprendre l'articulation des organes.

Le schéma récapitulatif des fonctions appelé aussi système intégrant est pour ORANGE, C une étape indispensable dans l'apprentissage des élèves dans cette notion pour qu'ils établissent des liens et apprécient une cohérence entre les

diverses informations. Les élèves peuvent facilement identifier les interactions entre les organes.

c) Les avantages et les limites de la schématisation

Le schéma sous sa forme semble complet et être une représentation d'une explication efficace. Il apporte une idée synthétisante avec la sélection d'éléments avant leur mise en interaction. Il allège la surcharge cognitive pour beaucoup d'élèves qui perçoivent le schéma comme une image explicite. ADAM, M (2000) explique que : « Le schéma se présente comme représentation intermédiaire entre le texte linéaire et l'illustration [...] ayant une fonction structurante pour ceux qui ont du mal à bien organiser leur pensée ». Le schéma est évolutif, s'approprie le phénomène par l'interprétation et le structure par la structuration, en ajoutant des éléments au fur et à mesure. Cela peut devenir néanmoins un obstacle pour les élèves qui bloquent sur les conceptions initiales.

Pour certaines personnes la mémorisation n'est pas figurative. La mémorisation du passage à l'écrit ou encore de la lecture sont aussi existantes. Le modèle schématique ne permettra pas à tous les élèves de comprendre, d'apprendre et de mémoriser un processus étudié. Cependant, ce dernier comporte des limites comme la surcharge d'informations dans un même schéma pour expliquer des particularités d'un processus très complexe. Il est aussi dépendant d'une explicitation afin qu'il se suffise à lui-même et doit accompagner son mécanisme par la présence d'une légende définie. Cette légende doit être simple mais percutante pour ne pas complexifier le schéma.

Simplifier le schéma peut être aussi un danger de mémorisation, en effet tout ne peut pas être représenté. Retenir un mécanisme complexe doit être complété par un texte explicatif détaillé. Le fait d'unir ces deux éléments permet une mémorisation générale du système par le biais du schéma et détaillée par le texte. Le schéma doit être une étape de transition dans ses apprentissages. La difficulté pour l'élève c'est qu'à partir d'un schéma étudié et donné préalablement, ils peuvent ne pas réussir à s'en détacher et le reproduire par imitation pour répondre à une question. Nous pouvons donc nous appuyer sur ce qui a été dit par COOPER, I et DESTIN, M dans leur mémoire « La schématisation en sciences à l'école maternelle ». La schématisation d'une procédure empirique en

mathématiques par exemple peut devenir un obstacle pour l'élève dans l'enseignement de l'automatisation du calcul mental.

d) Les caractéristiques d'un schéma scientifique

1) Différence entre dessin et schéma

Le dessin en sciences est une représentation d'une idée attachée à la réalité. Il a pour but de réincarner l'observation réalisée en toute objectivité et neutralité. Il n'a pas de visée, ni de pensée à transmettre, c'est un moyen d'expression.

Le schéma lui a pour but de démontrer quelque chose, d'expliquer un système de manière très simplifiée. C'est un moyen de mémorisation et d'abstraction d'un phénomène. Un codage est souvent utilisé pour compléter le schéma.

2) 3 types de schémas : structural, fonctionnel et bilan

Il existe trois types de schémas en sciences. Le schéma structural, c'est la représentation simplifiée d'un mécanisme. Il est clair et permet d'être compris par une grande majorité de personnes. Il reprend une observation ou des étapes de cette observation. Le schéma fonctionnel est très proche du modèle structural excepté le fait qu'il comporte des symboles comme des flèches pour expliciter le fonctionnement comme par exemple montrer le sens des échanges d'un phénomène. Il a pour but de mettre en interaction plusieurs éléments clés de ce mécanisme. Pour finir, le schéma bilan regroupe les idées principales d'un même sujet. Il a pour but de résumer plusieurs mécanismes ou processus de ce sujet.

II - Problématiques et hypothèses de recherche

Les fonctions de nutrition sont-elles représentées schématiquement dans un système intégrant dans les manuels scolaires ?

Comment les manuels scolaires traitent-ils des fonctions de nutrition à travers la schématisation ?

Comment les manuels scolaires présentent la relation existante et dépendante entre les différentes fonctions ?

Les schémas de fonctions nutritionnelles dans les manuels scolaires sont-ils représentés en intégralité?

Dans chacun des schémas, le lien avec le sang est –il présent ?

Hypothèses :

1 – Lorsqu'il y a présence d'un schéma intégrant toutes les fonctions, ce dernier arrive en conclusion d'un thème.

2 - Lorsqu'un schéma présente plusieurs fonctions de nutrition, elles ne sont pas toutes intégrées, une des fonctions prend le dessus tandis que l'autre ou les autres sont à peine évoquées.

3 - La schématisation des fonctions de nutrition dans les manuels scolaires est compartimentée en présentant une seule fonction à la fois.

4. Les schémas de chaque fonction ne présentent pas de corrélation avec les autres fonctions et ignorent l'intégration de ces dernières. Les liens sont inexistantes.

5- La fonction circulation est évoquée dans de nombreux schémas des autres fonctions mais elle n'est pas entièrement représentée.

III - Méthodologie de l'étude

a) Méthode permettant de choisir les manuels scolaires avant l'analyse.

Le choix des manuels scolaires a été fait selon plusieurs critères de sélection. Nous identifions premièrement la date d'édition du manuel scolaire qui se situe entre 2008 et 2015 afin d'avoir une cohérence dans les données recueillies dans le protocole. Nous précisons que les manuels choisis sont dits conformes aux programmes de 2008. Cette information est précisée sur le manuel dans le but de donner une indication instantanée aux enseignants lors du choix de manuels pour son travail personnel comme pour l'utilisation en classe avec les élèves. Il semble primordial ensuite de regarder la présence de chapitre(s) concernant les fonctions de nutrition ainsi que l'existence de schéma à l'intérieur de ces chapitres puisque sans cela, l'analyse est impossible. Il est intéressant de répertorier les noms des chapitres dans le but de comparer l'articulation de ces chapitres selon les manuels et en déduire la cohérence pédagogique. Nous pouvons trouver des thèmes cartésiens c'est-à-dire que chaque fonction sera étudiée chapitre par chapitre ou bien des systèmes c'est-à-dire que les fonctions de nutrition sont présentées les unes aux dépens des autres pour expliquer le fonctionnement intégré du corps humain. Ce répertoire permettra aussi de rendre compte de l'importance qu'ont donné les auteurs de certains chapitres par rapport à d'autres. Comme le précise CLEMENT, P (1991) la grande majorité compartimentent chacune des fonctions de nutrition, en articulant ainsi une fonction par chapitre dans certains cas ou bien une fonction en lien avec une autre mais rarement toutes jointes. Il est capital de rassembler une diversité d'éditions de manuels scolaires pour avoir une multitude de schémas, de contenus textuels ou encore d'articulations de chapitres. Cela nous mènera à une analyse plus fine puisque chaque manuel a une transposition didactique bien à lui.

b) Proposition d'une liste de manuels scolaires en Sciences et Technologie de cycle 3

Titre	Date	Programme	Intitulé du thème	Intitulés des chapitres
Sciences expérimentales et Technologie CM1.CM2 Tout le programme en 48 enquêtes. (MAGNARD)	2015	2008	Le fonctionnement du corps humain et la santé	Où vont les aliments que je mange ? Que deviennent les aliments que je mange ? Où va l'air que je respire ? À quoi ça sert de respirer ? À quoi sert le sang ? Que fait le cœur quand on court ?
Sciences expérimentales et technologie CM (Les découvreurs ISTR)	2014	2008	Le fonctionnement du corps humain et la santé ?	Digestion et circulation sanguine Que se passe-t-il pendant la digestion ? Quel est le trajet des aliments que nous mangeons ? Comment le sang circule-t-il dans le corps ? Respiration et circulation sanguine Que se passe-t-il quand tu respirez ? Comment réaliser une maquette des poumons ? Comment modifier le rythme respiratoire ?
Sciences expérimentales et Technologie CM Cycle 3 (HACHETTE)	2010	2008	Le fonctionnement du corps humain et la santé	Que devient la pomme que je mange ? Où va l'air que je respire ? Que se passe-t-il dans les poumons ? Où passe le sang ? Comment nettoyer l'organisme ? L'intérieur du corps humain
Toutes les Sciences Cycle 3 (NATHAN)	2008	2008	Le corps humain et la santé	Pourquoi mon pipi est-il jaune même si je bois de la menthe ? Que deviennent les aliments que nous mangeons ? Pourquoi mon cœur bat-il plus vite quand j'ai couru ?

J'apprends les Sciences par l'expérience » Cycle 3 livre 1 (BELIN)	2010	2008	Le corps humain et la santé	Où vont les aliments que nous mangeons ? Comment et pourquoi les aliments se transforment ? Comment respirons-nous ? Que se passe-t-il dans les poumons ? Comment circule le sang dans le corps ? À quoi sert la circulation du sang ?
Sciences expérimentales et technologie CM1 –CM2 cycle 3 (BORDAS)	2010	2008	Le fonctionnement du corps humain et la santé	Le chemin des aliments dans ton corps Qu'est-ce que la digestion ? Où va l'air que tu respirez ? Les échanges entre l'air des alvéoles pulmonaires et le sang Où est le sang dans le corps ? Les échanges entre le sang et les organes.

c) Analyse de la logique d'apprentissage

Ce catalogue de manuels choisis répertorie l'ordre des chapitres étudiés par les manuels. Ce répertoire constitue la logique d'enseignement de cet objet d'apprentissage. Nous constatons instantanément que pour chaque manuel il n'y a pas qu'un seul système en jeu mais plutôt un découpage du système intégrant des fonctions en plusieurs chapitres et sous chapitres. Parmi les six manuels, quatre organisent leurs chapitres de la façon suivante : digestion, respiration puis circulation. Cette logique implique l'étude indépendante des fonctions de digestion et respiration pour conclure sur le lien qui existe entre ces deux fonctions et la circulation. Nous pouvons constater qu'en général les chapitres sont nommés sous forme de questions à la première ou deuxième personne pour impliquer l'élève dans sa recherche et le rendre acteur. Les questions sur la digestion concernent le devenir des aliments ingurgités. La question peut être très générale « que devient la pomme que je mange ? », c'est-à-dire qu'elle sous entend l'enseignement des trois éléments correspondant à l'intégralité de la fonction ou bien elle peut être spécifique « comment et pourquoi les aliments se transforment ? ». La question générale permet de ne pas cloisonner le chapitre en sous partie et d'étudier le trajet, la transformation et l'absorption dans un seul et même schéma pour faciliter la compréhension du mécanisme aux élèves. Les questions concernant la respiration sont multiples dans chaque manuel. Ces questions séparent le fonctionnement de la respiration en plusieurs processus qui pourtant agissent simultanément. Peu de questions font référence au sang, nous pouvons penser que ce dernier n'est pas évoqué dans les schémas qui illustrent ce chapitre. L'édition ISTRRA présente les fonctions de digestion et circulation comme liées, de même pour les fonctions respiration et circulation. Cette présentation est un effort de relation de fonctionnement entre les fonctions. Nous pouvons conclure que comme la digestion et la circulation sont liées et que la respiration et la circulation sont liées alors les trois sont dépendantes des uns des autres et fonctionnent entre elles.

d) Méthode permettant de recueillir les données

L'analyse des schémas se fera en plusieurs étapes. Premièrement nous nous intéresserons à l'articulation de chacun des manuels retenus de manière générale. Nous vérifierons la présence ou l'absence d'un schéma intégrant toutes les fonctions nutritionnelles en début de séquence avant tout apprentissage pour que les élèves prennent conscience des relations qui existent entre les organes. Cette phase semble essentielle pour comprendre ensuite le fonctionnement de chacune d'elle. Nous contrôlerons la présence de schéma intégré en fin de séquence sous forme de chapitre ou de schéma récapitulatif indiquant le lien entre les organes.

Nous regarderons ensuite si les manuels ont inséré des schémas pour chacune des fonctions afin de constater le continuum d'apprentissage logique du manuel. En étudiant le fonctionnement de tous ces points, les élèves pourront faire des liens entre eux et seront en capacité de comprendre l'organisation de la machine humaine dans sa globalité.

Par la suite, nous analyserons fonction par fonction. Ce choix est justifié puisque CLEMENT, P (1991) ayant travaillé sur les conceptions de la tuyauterie continue a remarqué que pour une grande majorité des manuels, ils présentent ce thème segmenté par chapitre expliquant fonction par fonction. Nous effectuerons l'analyse dans un processus d'une succession d'étapes : une constatation des résultats obtenus et déduire ce que cela nous apporte dans notre recherche (des réponses aux problématiques). Des questions structurent la présentation des résultats. Nous cherchons ici à analyser si les fonctions schématisées sont représentées dans leur totalité ou si on a représenté qu'une partie. Nous poursuivrons avec une vérification des liens faits avec une autre fonction et de quelle manière ce lien existe, en particulier avec la circulation. Nous chercherons à savoir si d'autres fonctions sont présentes et de quelle façon. Nous pourrions identifier les interactions présentes ou non avec le sang et si un passage des nutriments ou du dioxygène est visible au niveau des différents organes et si l'élimination de différents déchets est visible. Nous analyserons la qualité des échanges qui sont représentés dans le schéma.

Enfin, nous remarquerons le choix d'un schéma structural ou fonctionnel pour présenter la fonction schématisée.

Schémas de fonctions de nutrition des manuels retenus :

Schémas	Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
Bilan	Absent mais page bilan →p.74	Absent	Absent mais page bilan →p.126 - 127	Absent	Absent	Présent →p.55
Digestion	Présent mais de lapin (général) →p.74	Présent →p.99	Présent →p.126	Présent →p.184	Présent →p.66	Présent →p.46
Intestin lié au sang	Présent →p.77	Présent →p.95	Présent sur le schéma général p.126	Absent	Présent sur le schéma général p.66	Présent →p.47
Respiration	Présent →p.81	Présent →p. 105	Présent →p.119 / 126	Présent →p.188	Présent →p.70	Présent →p.51
Excrétion	Absent	Absent	Présent → p.127	Présent → p.172	Absent	Présent dans le schéma bilan p.55
Circulation	Présent →p.83	Présent →p. 99	Présent →p.127	Absent	Présent →p.74	Présent →p.54-55

IV - Présentation et analyse des résultats

a) Exploitation de chaque critère

1) D'un point de vue général dans les manuels

	Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
Partons-nous d'un schéma bilan ?	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Y a-t-il un schéma intégrant toutes les fonctions de nutrition en bilan ?	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Présent
Y a-t-il une page bilan comportant toutes les fonctions indépendamment ?	Présent	Absent	Présent	Absent	Absent	

Ce tableau présente le récapitulatif de la présence d'un schéma intégrant dans les manuels sélectionnés. Aucun de ces manuels ne commence ce thème sur les fonctions de nutrition par un schéma systémique, c'est-à-dire intégrant toutes les fonctions. Nous remarquons néanmoins l'existence d'un schéma systémique dans l'édition Bordas. Les autres manuels scolaires ne proposent pas de schéma systémique en bilan de ce thème. Cependant deux d'entre eux introduisent une page

bilan comportant quatre schémas décrivant les quatre fonctions de nutrition de manière indépendante.

Les manuels scolaires compartimentent chacun des chapitres. Ce sujet est subdivisé en quatre chapitres séparant les quatre fonctions de nutrition ce qui explique l'absence de schéma intégrant dans la plupart des manuels et coïncide avec les propos de CLEMENT, P (1991) dans sa recherche sur les conceptions de la tuyauterie continue. Nous rejoignons donc les propos à sujet dans la partie recherche.

L'absence de schémas intégrants induit un manque de lien entre les différentes fonctions. Les élèves en étudiant chacune des fonctions indépendamment peuvent ne pas faire d'affiliation entre elles. Ils peuvent tout à fait comprendre le fonctionnement spécifique de ces dernières sans assimiler le fonctionnement général. Il semble malgré tout indispensable de saisir les relations qui existent entre elles pour concevoir ce dont le corps a besoin pour fonctionner et de comprendre comment les fonctions s'articulent entre elles tout en admettant qu'elles soient dépendantes les unes des autres.

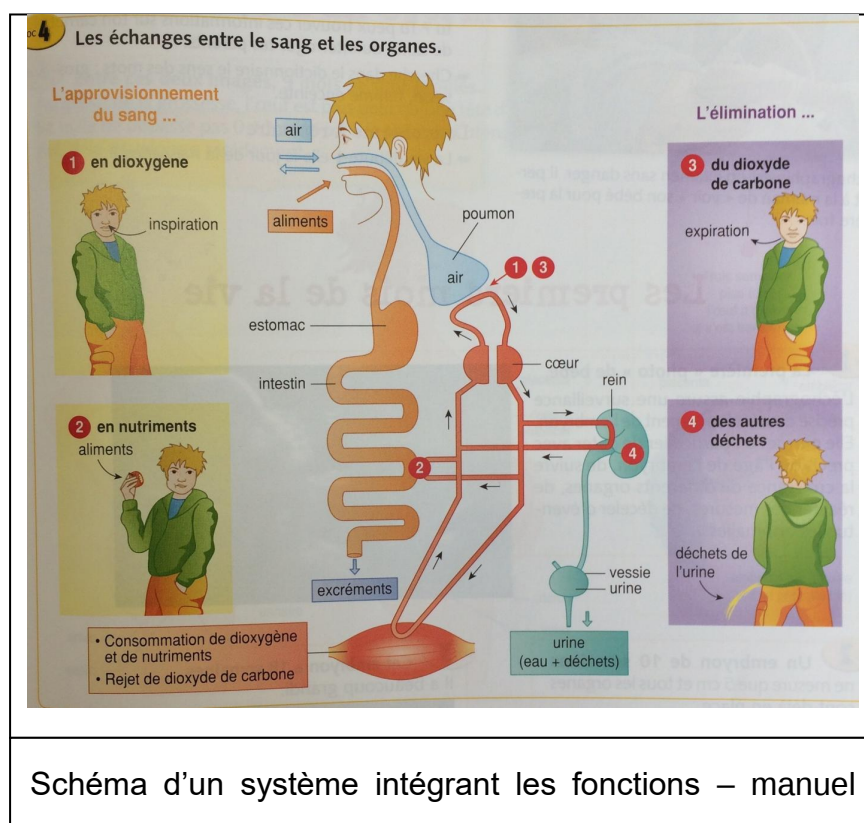
Nous notons que parmi les six manuels sélectionnés, trois d'entre eux ont fait l'effort de proposer un lien entre toutes les fonctions. Deux proposent une page bilan comportant les quatre fonctions sans lien entre elles mais nous pouvons quand même en déduire qu'une fois l'apprentissage dissocié des quatre fonctions fait, l'enseignant peut s'approprier cette page pour faire une séance bilan dans le but d'établir des points communs existants entre les fonctions nutritionnelles notamment avec le sang. Seulement, dans ces pages bilans, les fonctions sont encore représentées seules, nous sommes loin d'un système intégrant et d'une explicitation d'une dépendance entre les différentes fonctions.

Malgré tout, le manuel Bordas a proposé un schéma intégrant l'ensemble des fonctions. Le système ci-dessous provenant du manuel Bordas, représente le lien entre chacune d'elle : le sang. Nous pouvons distinguer d'une part l'approvisionnement du corps par le sang et d'autre part l'élimination des déchets. La circulation se trouve au centre de tous les échanges existants dans le corps humain. Ce schéma fonctionnel présente la pompe (le cœur) et par les flèches indique la circulation corporelle. La double circulation n'est pas clairement définie. Ce schéma

insiste sur le sens de circulation du sang pour approvisionner les muscles en dioxygène et en nutriments et leur rejet en dioxyde de carbone avant qu'il soit lui-même expulsé pendant l'expiration. Le schéma présente les fonctions de nutrition dans leur intégralité. Nous pouvons observer le trajet des aliments dans le corps, subissant transformation en nutriments et absorption au niveau des intestins (2) pour décrire la digestion. Le mécanisme ventilatoire (inspiration – expiration), les échanges avec le sang au niveau des alvéoles pulmonaires sont présents pour décrire la respiration. Seule la respiration cellulaire n'est pas représentée. La fabrication de l'urine via la filtration des reins ainsi que l'élimination des déchets (urine et dioxyde de carbone (3) et (4)) sont présentes pour décrire l'excrétion.

Ce schéma systémique permet à l'élève de distinguer ostensiblement les échanges et les liens existants dans le corps à travers les quatre fonctions. Une précision aurait pu être marquée concernant l'approvisionnement en dioxygène et nutriments, il n'y a pas que les muscles mais aussi les organes et l'ensemble des cellules. Nous pourrions croire que ces échanges ne servent essentiellement qu'aux muscles.

Après cette première analyse, il est facile de constater que dans les manuels, du lien entre les fonctions n'est pas représenté. Pour la suite de l'analyse de manuel, nous choisissons de s'intéresser à chaque fonction. Chacun de ces manuels compartimente les diverses fonction de nutrition, il est donc difficile aux élèves d'identifier un lien entre elles.



2) La digestion

		Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
Fonction représentée dans sa globalité ?	Trajet	Absent	Présent	Présent	Présent	Présent	Présent
	Transformation	Absente	Absente mais texte explicatif en dessous du schéma	Absente	Absente mais terme employé dans le titre	Présente	Présente
	Absorption	Présente mais terme non employé	Présente mais terme non employé	Présente mais terme non employé	Absente	Absente	Présente mais terme non employé
Autres fonctions représentées ?		Circulation évoquée	Circulation évoquée	Circulation évoquée	Non	Non	Circulation évoquée
Représentation d'une autre fonction dans sa globalité ?		Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
Lien avec sang ?		Présent	Présent	Présent	Absent	Présent	Présent
photos (détail des interactions dans l'intestin grêle avec le sang)				Absent	Absent	Présent sur le schéma	
Type de schéma (structural ou fonctionnel)		Structural	Fonctionnel	Fonctionnel	Fonctionnel	Structural	Structural

Parmi les schémas de digestion choisis, un seul est représenté dans sa globalité. C'est-à-dire que le trajet, les transformations et l'absorption sont détaillés. La transformation des aliments n'est représentée que dans deux des manuels, pour les autres nous remarquons une simple évocation du terme ou une absence de cette notion. L'absorption est visible pour la plupart mais le terme spécifique n'est pas employé excepté pour deux. De même que pour le dernier constat, les mêmes schémas évoquent une seule autre fonction : la circulation. Ce qui signifie qu'il existe un lien avec le sang. Des photos ou des zooms sont ajoutés pour accentuer cette relation. Pour la majorité des schémas, les vaisseaux sanguins sont entourés autour des intestins pour montrer ce lien. Cette évocation de la circulation n'est qu'une allusion d'un passage dans le sang des nutriments. Les autres fonctions : excrétion et respiration ne sont même pas mentionnées. La représentation de la fonction sous forme d'un schéma fonctionnel marque le trajet des aliments dans le corps mais aussi l'absorption pour quelques uns d'entre eux.

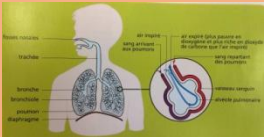
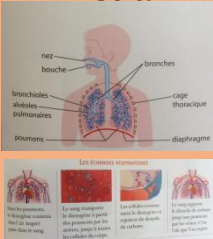
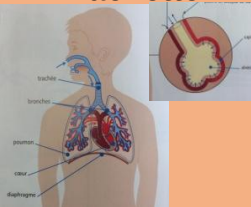
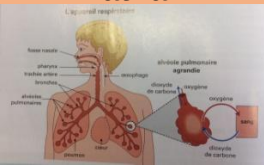
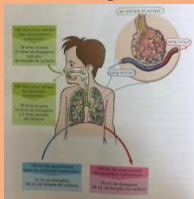
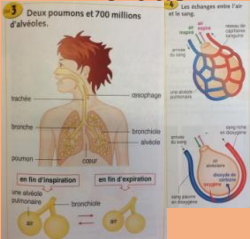
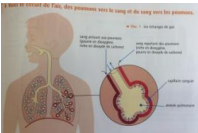
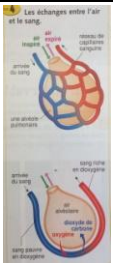
Ces schémas ne représentent que la fonction de digestion. Cette constatation confirme le fait que le thème dans chaque manuel compartimente ce chapitre et sépare la fonction des autres. La digestion n'est représentée dans sa globalité que dans un manuel, de manière générale les élèves connaissent le trajet des aliments (de la bouche à l'anus), ce qu'ils ignorent en revanche, ce sont les nombreuses transformations que connaissent les aliments avant de subir l'absorption (le passage des nutriments dans le sang). L'absence de la notion d'absorption induit les élèves en erreur en ce qui concerne le devenir des aliments. Ils admettraient qu'il existe un tuyau unique entre ce qui est ingéré et ce qui est rejeté. Les relations avec le sang permettent néanmoins aux élèves d'établir un lien entre la nourriture ingérée et le passage d'une partie de ces aliments par le sang pour alimenter le reste du corps. Seulement, ce n'est qu'une évocation au sang et cela n'explicite pas l'absorption et donc le devenir de ces aliments. L'accentuation de la relation avec le sang à travers les photos et les zooms permettent aux enseignants d'insister sur le passage des nutriments dans le sang ainsi que la circulation qui y est associée. Les élèves ne peuvent en aucun cas faire de lien entre la structure de l'appareil digestif et son rôle. Ils pourront seulement désigner un endroit de cet événement.

Des liens peuvent être faits pour détruire la conception de tuyauterie continue et renforcer la conception d'un système articulant les fonctions digestion et

circulation. Nous pouvons interroger les élèves sur les effets des aliments ou des boissons sur le reste du corps, comme par exemple le diabète ou bien les effets de l'alcool sur le corps. Les élèves pourront faire des liens entre les quantités de sucre dans le sang trop importantes pour le corps. Le but étant de déconstruire la conception d'un tuyau unique et qu'ils s'approprient la corrélation existante entre l'intestin et le sang. Les obstacles récurrents sont en général que les élèves perçoivent l'organisme humain comme un sac clos et que pour chaque fonctionnalité (respiration, digestion, circulation ou excrétion), les élèves associent un organe clé et non pas un système intégrant fonctionnant ensemble.

3) La respiration

		Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
Fonction représentée dans sa globalité ?	Ventilation (inspiration/expiration)	Présente	Présente dans le 2 ^{ème} schéma	Absente	Absente	Présente mais termes non employés	Présente
	Echanges air /sang	Présents dans le zoom	Présents dans le 2 ^{ème} schéma	Présents dans le zoom	Présents dans le zoom	Présents	Présents dans le zoom
	Respiration cellulaire	Absente	Présente dans le 2 ^{ème} schéma	Absente	Absente	Absente	Absente
Autres fonctions représentées ?		Circulation évoquée (zoom)	Circulation (2 ^{ème} schéma)	Circulation évoquée (zoom)	Circulation évoquée (zoom)	Circulation évoquée	Circulation évoquée (zoom)
Représentation d'une autre fonction dans sa globalité ?		Absente	Absente mais la circulation est représentée en grande partie	Absente	Absente	Absente	Absente

	Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
						
Lien avec le sang au niveau des alvéoles ?	Présent	Absent	Présent mais dans le zoom	Présent	Présent	Présent mais dans le zoom
photo / zoom (des interactions dans les alvéoles avec le sang)	Présent sur le schéma	Absent		Présent sur le schéma	Présent sur le schéma	
Type de schéma (structural ou fonctionnel)	Structural	Structural Fonctionnel	Fonctionnel	Fonctionnel	Fonctionnel	Structural Fonctionnel

Nous constatons dans un premier temps que pour tous les schémas sélectionnés, des échanges entre l'air et le sang sont visibles ce qui indique par conséquent qu'un lien avec le sang est présent au niveau des alvéoles pulmonaires. Néanmoins ces échanges ne sont pas le seul élément constituant l'intégralité de la fonction de respiration. Certains de ces schémas ne représentent pas le processus de ventilation montrant une entrée et une sortie d'air du corps et employant les termes d'inspiration et d'expiration. Nous ne remarquons qu'un seul schéma indiquant explicitement par des flèches la sortie d'air des poumons par la bouche (l'expiration). La respiration cellulaire n'est schématisée que pour un unique manuel sur les six proposés. Pour les autres, pas une seule référence n'y est figurée. Le chapitre respiration ne comprend donc que la respiration pulmonaire. Comme précisé précédemment, pour tous hormis un, le lien avec le sang est apparent au niveau des alvéoles ce qui affirme donc que la fonction de circulation est évoquée dans l'ensemble de ces schémas. Cependant, cette dernière n'est jamais représentée dans sa globalité. Les éditeurs accentuent le mécanisme d'échanges entre les alvéoles et le sang par le biais de zoom sur le schéma lui-même ou un autre. Chacun d'eux sont illustrés avec des flèches indiquant le sens de circulation des particules d'air et de sang.

Pour finir, le schéma fonctionnel est utilisé dans la majorité des manuels pour expliciter le mécanisme, donner le sens de circulation et insister sur la présence des échanges. Des schémas structuraux sont tout de même adoptés dans certains cas.

Pour les élèves, l'existence d'un concept de mécanisme interne est difficile pour eux. Il semble primordial de déconstruire l'idée d'un sac clos en schématisant les nombreux échanges qui existent avec le sang. Ici, les échanges dans la respiration sont représentés au niveau des alvéoles pulmonaires. Les flèches permettent d'insister sur le transfert de molécules vers le sang qui s'enrichit donc en dioxygène et vers l'alvéole pulmonaire qui s'agrémente en dioxyde de carbone. Ces échanges visibles au niveau des alvéoles sont souvent un agrandissement d'une alvéole entourée d'un vaisseau sanguin contenant une partie à droite de l'arrivée du sang en une couleur (pauvre en dioxygène et riche en CO₂) et à gauche sa sortie d'une autre couleur (riche en dioxygène et pauvre en CO₂). Ces deux éléments sont clairement délimités mais des flèches montrent que des particules de CO₂ entrent dans l'alvéole et d'autres qui décrivent que des molécules de dioxygène vont vers le

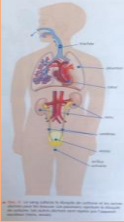
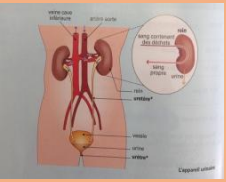
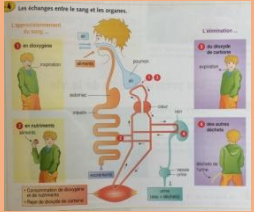
sang. Par contre, le devenir de ces molécules n'est pas explicité, nous ne pouvons comprendre ce que ces dernières apportent au corps. Nous ne connaissons pas le devenir du sang riche en dioxygène. Nous pouvons nous interroger sur la compréhension réelle des élèves face à cette référence au sang. Comment les élèves peuvent intégrer une relation entre la circulation et la respiration ? Des flèches indiquent la sortie de l'air riche en dioxyde de carbone de l'alvéole mais comme précédemment nous ne connaissons pas le futur de cet air.

En ce qui concerne le schéma du manuel Belin, il y a des indications montrant que de l'air sort des poumons, nous pouvons supposer que c'est à ce moment là que le lien est fait entre l'air (riche en CO₂) sortant de l'alvéole et celui des poumons. Néanmoins, aucun autre schéma ne présente de lien entre ces phénomènes. Nous ne trouvons aucune flèche remontant la trachée et identifie la sortie de l'air. L'expiration et son mécanisme ne sont donc pas expliqués. Dans certains manuels se trouve le cœur. Certains représentent les artères et les veines pulmonaires dans le but d'établir un lien entre la pompe et le mécanisme des poumons mais d'autres non. Dans tous les cas, la fonction de circulation n'est pas représentée dans sa globalité et compartimente encore une fois les différentes fonctions. Le cœur est présent mais n'est relié à rien, le lien est implicite. Il est possible que pour les élèves le système de respiration pulmonaire ne mobilise seulement les poumons et désigne l'idée d'un espace clos. Encore une fois, les élèves ne peuvent percevoir qu'un lieu de stockage d'air sans le mettre en relation avec sa fonctionnalité. L'ensemble de ces schémas ne présentent qu'un organe associé à cette fonction : les poumons. En effet, nous ne percevons seulement les bronches, les bronchioles et le détail d'une alvéole. Cela induit pour les élèves de conserver leur conception de sac fermé.

Comme il est dit plus haut, ces schémas détaillent le principe général de la respiration pulmonaire mais n'abordent à aucun moment les respirations cellulaire et musculaire. Le rôle actif des cellules et des muscles respiratoires est difficilement percevable par les élèves. Cet élément n'est précisé que dans le manuel ISTRA. Il explique par étape le devenir du sang oxygéné dans le corps. Il est dit que ce sang est transporté puis consommé par les cellules du corps et que ces dernières rejettent le dioxyde de carbone qui sera lui-même transporté par le sang jusqu'aux poumons puis rejeté lors de l'expiration. Dans ce cas, il est tout à fait plausible que les élèves établissent une corrélation entre la structure et le rôle de la respiration.

La digestion et la respiration sont intimement liées, ils alimentent tout deux le sang en nutriments d'une part et de dioxyde de carbone d'autre part pour que ce dernier enrichisse les cellules, les organes, les muscles. Nous ne percevons dans ces schémas aucune interaction entre ces deux fonctions qui ont pourtant le même objectif : alimenter le sang.

4) L'excrétion

		Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
		Absence de schéma de cette fonction	Absence de schéma de cette fonction			Absence de schéma de cette fonction	
Fonction représentée dans sa globalité ?	Reins : fabrication urine			Présents	Présents		Présents
	Vessie			Présente	Présente		Présente
	Miction / orifice urinaire			Présente	Présente		Absente
	Autres excréments déchets			Présentes : dioxyde de carbone	Absentes		Présentes
Autres fonctions représentées ?				Circulation figurée mais termes non employés	Circulation évoquée		Présentes (les quatre)
Représentation d'une autre fonction dans sa globalité ?				Absente	Absente		Présente (les quatre)
Lien avec sang ?				Présent mais pas de légende	Présent (veine et artère)		Présent
Type de schéma (structural ou fonctionnel)				Fonctionnel	Fonctionnel		Fonctionnel

Dans un premier temps, nous remarquons que la moitié des manuels n'intègrent pas de schéma concernant la fonction d'excrétion. Cette fonction n'est même pas évoquée dans ces manuels scolaires lors de l'enseignement de ce thème. D'autres remarques peuvent être faites concernant les manuels comportant l'excrétion. Tout d'abord, pour chacun, la fabrication de l'urine par les reins est accompagnée par la présence de l'organe : la vessie. Tous ces schémas sont fonctionnels et la circulation de l'urine partant des reins vers la vessie via l'uretère est marquée par des flèches. Toutes les figures portent une référence au sang et à son sens de circulation qui est marqué aussi par des flèches. Nous voyons une flèche entrant dans le rein et une pour en sortir afin de caractériser le sens de cette circulation. Cependant, l'élimination d'autres déchets comme le dioxyde de carbone par le biais de l'expiration n'est pas toujours précisée. L'orifice urinaire n'est pas toujours indiqué dans la légende mais il est présent sur le schéma. Encore une fois, les autres fonctions nutritionnelles (digestion et respiration) ne sont pas figurées, non intégrées dans sa globalité ni même évoquées.

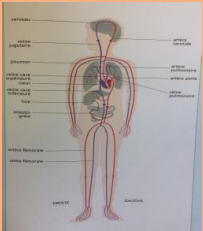
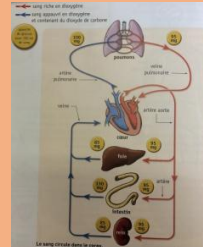
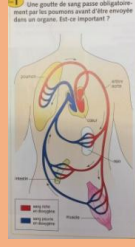
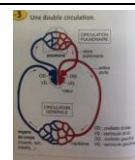
Dans les manuels où la fonction d'excrétion n'est pas présente, elle peut être laissée de côté lors de l'enseignement de ce thème. Elle n'est donc pas mise en relation avec les autres fonctions dans ces manuels. Les élèves ne peuvent donc pas faire de lien entre l'approvisionnement du sang en dioxygène et en nutriments et l'élimination des déchets (urine et dioxyde de carbone). L'association de la fabrication de l'urine avec la figuration des reins permet aux élèves de déconstruire la conception d'un tuyau continu servant uniquement pour le trajet des liquides dans le corps jusqu'à la vessie. Le fait d'étudier la fonction de digestion permet d'appréhender le trajet et l'absorption des nutriments dans le sang. En effet, le liquide ingéré arrive dans l'estomac puis dans l'intestin et traverse la paroi pour passer dans le sang. Les reins filtrent le sang en continu. Cette filtration amène à la formation de l'urine (les déchets) qui sera conduit vers la vessie. Ce type de schéma fonctionnel améliore la compréhension des échanges qui existent à l'intérieur de l'organisme. Il permet aussi de marquer le trajet des molécules pour le bon fonctionnement de ce dernier. En effet les flèches indiquent le passage du sang contenant les déchets arrivant par les artères jusqu'aux reins avant de faire repartir le sang propre vers la veine. D'autres flèches désignent le passage des déchets vers la vessie via l'uretère. La présence des veines et des artères structure aux élèves

l'importance de la filtration du sang par les reins afin qu'il soit propre avant d'alimenter le reste du corps et que l'urine est le fruit de cette filtration sanguine et non pas d'une provenance directe de l'estomac. Chacun des schémas alimente son explication avec une légende : des zooms d'un processus particulier, la nomination des organes impliqués dans l'activité de cette fonction ou du paratexte pour expliquer le mécanisme avec des mots.

Le sens de circulation du sang entrant et sortant via les flèches est important pour admettre et comprendre la nécessité du passage dans le rein. En revanche, la fabrication de l'urine n'est pas toujours explicite dans le schéma. Il semble crucial de préciser l'élimination de tous les déchets et pas seulement de l'urine pour transmettre le concept que l'organisme prend ce dont il a besoin pour fonctionner et rejette ce qui n'est pas nécessaire ou de trop pour un système équilibré. Excepté le schéma intégrant toutes les fonctions, les schémas montrant l'excrétion ne présentent que cette fonction et n'établissent aucun lien avec les autres. Les élèves ne peuvent donc pas concevoir que si un dysfonctionnement existe sur une des fonctions cela peut provoquer un dysfonctionnement général de l'organisme.

Remarques : Le manuel BORDAS ne contenait pas de schéma représentant la fonction d'excrétion. Nous avons tout de même fait le choix d'intégrer le schéma systémique dans l'analyse de cette fonction. Le manuel n'a pas dédié un chapitre à cette fonction mais il termine tout de même le thème par ce schéma récapitulatif afin de mettre en relation les quatre différentes fonctions. Si la fonction n'est pas explicitée dans un chapitre à part entière, elle est tout de même abordée et détaillée dans ce schéma intégrant. Le fait d'étudier cette fonction autour de toutes les autres permet de marquer la dépendance de fonctionnement de ces dernières.

5) La circulation

		Magnard	Istra	Hachette	Nathan	Belin	Bordas
					Absence de schéma de cette fonction		
Fonction représentée dans sa globalité ?	Présence de la Pompe (cœur)	Présent	Présent	Présent		Présent	Présent
	2 circulations	Présentes mais confondues	Présentes mais confondues	Présentes mais confondues		Présentes	
	Echanges	Absents mais évoqués (couleur du sang riche ou pauvre en oxygène)	Absents mais évoqués (couleur du sang riche ou pauvre en oxygène)	Absents mais évoqués (couleur du sang riche ou pauvre en oxygène)		Absents mais évoqués (couleur du sang riche ou pauvre en oxygène)	Absents mais évoqués (couleur du sang riche ou pauvre en oxygène)
	Circulation du sang dans le corps ?	Présente au niveau de certains organes	Présente au niveau des organes et muscles	Présente au niveau des organes et muscles		Présente au niveau de certains organes	Présente au niveau des organes et muscles
Autres fonctions représentée ?		Absentes	Absentes	Absentes		Absentes	Absentes
Représentation d'une autre fonction dans sa globalité ?		Absente	Absente	Absente		Absente	Absente
Type de schéma (structural ou fonctionnel)		Fonctionnel	Fonctionnel	Fonctionnel		Fonctionnel	Fonctionnel

Nous constatons en premier lieu que cette fonction de circulation est associée à la présence du cœur. En effet, le cœur est la pompe qui dynamise le trajet du sang dans le reste du corps. Ce dernier est présent dans tous les schémas des manuels. Nous remarquons également que les poumons font aussi partie de l'ensemble des schémas. La double circulation est justifiée par la présence de ces deux organes. Cette dernière est souvent confondue dans le schéma, nous ne pouvons voir distinctement une circulation définie au niveau des poumons et une autre au niveau du reste du corps. Nous soulignons malgré tout que deux ouvrages (BELIN et BORDAS) délimitent le système pulmonaire du système général. Le premier est en haut avec des flèches indiquant le sens de circulation du cœur au poumon apportant le sang riche en dioxyde de carbone et pauvre en oxygène et des poumons au cœur amenant le sang riche en dioxygène. Le second en bas avec des flèches indiquant aussi le sens de circulation du cœur vers les capillaires des autres organes du corps transportant du sang riche en dioxygène et des autres organes vers le cœur renvoyant du sang riche en dioxyde de carbone et pauvre de dioxygène. On ne présente pas cependant le devenir de ces molécules. A quel moment les élèves peuvent savoir que le dioxyde de carbone sera éliminé du corps ? Sachant que la fonction d'excrétion n'est étudiée que dans la moitié des manuels choisis. Nous voyons malgré tout de nombreux échanges présents sans préciser l'effet sur le corps.

L'ensemble des schémas sont fonctionnels. Ils définissent le sens de circulation à l'aide de flèches. Cependant, les arrivées comme les sorties de sang ne sont pas toujours explicitées. Les échanges avec les autres organes et cellules sont marqués par le changement de couleur pour le sang riche ou pauvre en dioxygène. Il existe une convention particulière pour le code couleur. La couleur bleu ou le rouge foncé est utilisé en tant que « sang pauvre en dioxygène et riche en dioxyde de carbone », a contrario le rouge vif représente « le sang riche en dioxygène ». Tous les organes concernés par l'approvisionnement en dioxygène ne sont pas dessinés. Le plus souvent ce sont : les muscles (souvent ceux de la cuisse), l'intestin grêle, le rein, d'autres moins comme le foie. L'implication d'aucune autre fonction n'est visible.

Le basculement de couleur se trouve à l'intérieur des organes dessinés dans le but d'expliquer le phénomène de respiration cellulaire par ceux-ci. Le terme n'est pas employé et le processus est implicite mais à l'aide des flèches nous pouvons déduire que les organes s'alimentent en dioxygène et rejettent du dioxyde de carbone. Le schéma fonctionnel est essentiel dans cette fonction afin de déterminer le sens de circulation général mais aussi de comprendre les liens qui existent entre tous les organes. Démarquer correctement la double circulation permet aux élèves ayant vu précédemment la respiration de faire du lien entre le système respiratoire c'est-à-dire l'approvisionnement de l'air en dioxygène avec la transmission au sang. Le trajet sera ensuite détaillé à travers les schémas de la circulation. De même pour le trajet du sang riche en dioxyde de carbone dans le corps puis par le biais du chapitre de la respiration faire le lien avec le rejet lors de l'expiration. L'absence des autres fonctions engendre néanmoins des difficultés d'établissement de relation entre les différents appareils malgré le lien avec le sang pour tous les schémas.

Parmi les schémas, les reins sont visibles, si la fonction d'excrétion est vue avant ou après, les élèves peuvent faire le rapport entre le système rénal et la circulation. Cependant, la filtration du sang par les reins de manière permanente et existentielle pour le bon fonctionnement du corps n'est même pas évoquée dans ces schémas.

b) Bilan général des résultats

De manière générale, les résultats obtenus sont proches des hypothèses émises. En effet, nous observons que chacune des fonctions sont systématiquement cloisonnées dans tous les manuels. Certains d'entre eux ne présentent pas toutes les fonctions et celle représentée n'exprime seulement que le fonctionnement général de la fonction. Nous remarquons néanmoins des intentions de mise en relation à travers l'ensemble des schémas sélectionnés. La fonction la plus mêlée aux autres est incontestablement la circulation. Elle n'est jamais représentée dans sa globalité, il y a des références à cette fonction comme la présence de vaisseaux sanguins, de veines, d'artères, capillaires sanguins, le sens de circulation matérialisé par des flèches dans des schémas fonctionnels.

Parmi ces schémas, certains peuvent consolider les conceptions des élèves dans l'idée d'une tuyauterie continue pour la digestion (NATHAN) ou bien que l'urine est le seul déchet excrété du corps (NATHAN, HACHETTE), que les poumons se remplissent d'air sans expliciter son devenir (HACHETTE, BELIN, NATHAN, MAGNARD). Toutes ces représentations erronées ne permettent pas à l'élève d'assimiler le fait que les fonctions s'imbriquent les unes dans les autres. Il est très difficile pour l'élève de concevoir que le corps humain n'est pas un espace clos et que beaucoup d'échanges existent. L'excrétion ne fait pas partie du programme de sciences et technologie en 2008, cependant, il est primordial pour l'élève de comprendre la formation de l'urine à travers la filtration du sang via les reins dans le but de comprendre les transformations et les échanges indispensables pour un mécanisme opérationnel.

V – Discussion

Dans cette partie, nous allons revenir sur la méthodologie de recherche pour l'obtention de ce recueil de données. Nous établirons des liens avec les résultats obtenus et les problématiques ainsi que les hypothèses de recherche.

a) Bilan des hypothèses émises

Nous n'avons pu poser qu'une seule problématique dans cette recherche. Plusieurs questions se sont posées concernant la présentation schématique des fonctions nutritionnelles dans les manuels scolaires. Après avoir vérifié que la quasi-totalité des manuels scolaires ne présentaient pas de schéma systémique, il a fallu décomposer l'analyse des différentes fonctions compartimentées.

La première hypothèse est vérifiée en tout premier lieu lors du constat général de la présence ou non des schémas systémiques dans chacun des manuels. Sur les six manuels, seulement un présente un schéma intégrant toutes les fonctions (BORDAS). La présence de ce schéma étant déjà rare, il se trouve aussi en fin de chapitre en conclusion des quatre fonctions étudiées. Pour les autres (HACHETTE et MAGNARD) une page bilan est insérée mais n'illustre pas les interdépendances entre les fonctions. Partir du schéma bilan pourrait être un départ satisfaisant pour les élèves. Ils assimileraient le fonctionnement général du corps humain via ce schéma systémique, prendraient conscience des échanges et des relations qui unissent ces fonctions. Pour ensuite, poursuivre avec l'étude en zoom de chacune des fonctions dans but d'insister sur le fonctionnement ciblé de ces dernières. Ils peuvent avoir compris le mécanisme de la digestion, de la respiration et de la circulation sans pour autant construire la notion d'interdépendance.

La seconde hypothèse est également vérifiée, mais n'est pas tout à fait juste. Aucun des schémas à part un, ne présente plusieurs fonctions intégrées, pour beaucoup la circulation est évoquée mais n'est pas représentée dans sa globalité, comme dit précédemment, il y a une simple référence pour y associer des échanges au niveau du sang ce qui valide la cinquième hypothèse. Donc pour ces derniers, la fonction schématisée prend par conséquent le dessus par rapport à la circulation et bien évidemment aux autres. La quatrième hypothèse exposant l'absence de liens ou la présence implicite est réfutée. En effet, la plupart des schémas présentent de

nombreux liens avec le sang prouvant donc que les auteurs ont essayé de tisser les relations entre les fonctions, des veines, des artères, des capillaires, des vaisseaux sont visibles mais ils n'expriment pas systématiquement les échanges, ils sont informulés. Cependant ces liens sont implicites. Nous percevons que la légende n'est pas toujours précise, la convention des couleurs des différents sangs est utilisée de nombreuses fois mais si l'élève ne la possède pas, il ne peut donc pas juxtaposer la circulation et l'autre fonction. Lors de l'apprentissage de la fonction de circulation, des organes sont illustrés. Les nutriments visibles dans le sang dans l'explication de la digestion et les molécules de dioxygène et de dioxyde de carbone visibles dans le sang dans l'explication de la respiration impliquent que lors de l'enseignement du chapitre de circulation, les élèves mêlent les connaissances des deux chapitres précédents avec les organes illustrés pour en découler le fonctionnement. La logique didactique des manuels est pensée mais nécessite aux élèves une articulation de l'esprit pour tisser des liens. Ces liens sont présents mais implicites.

Après vérification de la seconde hypothèse, nous pouvons en déduire la vérification de la troisième. Comme les schémas des manuels ne montrent pas l'intégration de plusieurs fonctions, alors ceux-ci subissent la compartimentation de chacune des fonctions. Les manuels cloisonnent donc par chapitre les différentes fonctions.

b) Comparaison entre résultats et l'impact didactique

D'après CLEMENT, P ou ORANGE, C, il est essentiel d'enseigner ce thème de fonction de nutrition par un schéma intégrant toutes les fonctions afin que les élèves établissent de réels liens entre ces dernières. En effet, aucune de celles-ci ne fonctionne seule, elles sont même dépendantes les unes des autres. Et pourtant, certaines des fonctions ne sont ni traitées ni même évoquées dans ce thème, en l'occurrence l'excrétion. La globalité des schémas présente la structure générale de la fonction sans en expliciter son rôle dans le fonctionnement du corps. Parmi les six manuels sélectionnés, trois insèrent une page dédiée à la mise en relation des fonctions. Une présente un schéma systémique exprimant les interactions existentielles pour une bonne activité du corps humain. Tandis que les deux autres

sont des pages rassemblant quatre schémas résumant l'action des quatre fonctions sur le corps. Chaque action est présentée de manière indépendante et peu d'échanges entre les organes et le sang sont apparents. Nous sous entendons une volonté de la part des auteurs, une synthèse du thème. Cette synthèse permettrait de conclure le thème en établissant des relations entre les différentes fonctions en reprenant les particularités de chacune d'elle dans le but que l'élève comprenne l'interdépendance de ces dernières. Ces pages ne restent néanmoins qu'une succession de schémas globaux.

Nous avons constaté que des relations avec le sang sont nombreuses avec chacune des fonctions. Les auteurs ont eu une réelle intention de montrer les échanges abondants. Ils emploient cependant une convention scientifique pour présenter les sangs riche en dioxygène et riche en dioxyde de carbone et pauvre en dioxygène : le rouge pour le premier et le bleu pour le second (deux utilisent deux teintes différentes de rouge pour les représenter). Ce code place les élèves dans un rôle de chercheur scientifique, dans le but qu'ils réinvestissent cette connaissance dans d'autres situations. Cependant cette convention n'est pratique à condition que chacun des élèves la possède. La légende est malgré tout précisée.

c) Impact personnel, limites de la recherche et perspectives

Impact personnel sur l'enseignement

En tant que professeur des écoles, porteur du savoir à enseigner aux élèves, je choisis de sélectionner sept schémas. Le choix se fait selon l'illustration, l'explication mais aussi l'explicitation des fonctions. Je privilégierai les schémas fonctionnels aux schémas structuraux, ils semblent plus explicites en ce qui concerne le sens de circulation et l'expression des trajets des molécules dans le corps. En tout premier lieu, le schéma intégrant toutes les fonctions est très intéressant didactiquement parlant, dans le sens où toutes les fonctions sont entremêlées, nous voyons clairement la circulation au centre permettant les échanges avec les trois autres. L'approvisionnement comme l'élimination sont présents. Bien qu'à certains endroits les échanges sont implicites, notamment au niveau des alvéoles ou l'absorption à travers les intestins. Des étapes ne sont pas alors pas visibles comme par exemple dans la digestion (transformation), ce schéma très général exprime les liens interdépendants pour un mécanisme fonctionnel du corps. Ce schéma pourrait être utilisé en début de séquence avant d'étudier plus précisément chacun des mécanismes. C'est une image générale de fonctionnement.

Par la suite je commencerai à étudier la digestion et la respiration avec les cinq schémas sélectionnés. Ces schémas sur la digestion sont complémentaires, l'un insiste sur le trajet des aliments puis des nutriments par la présence des flèches noires ou rouges (pour le trajet dans le sang) et l'autre insiste sur l'absorption des nutriments dans le sang en présentant un zoom illustrant des échanges entre un capillaire sanguin et la paroi de l'intestin. La couleur rouge de la flèche correspond au trajet des nutriments dans le sang, les flèches noires représentent le trajet des aliments dans le corps. La transformation ici est sous entendue, un morceau de pomme ne peut traverser la paroi et atteindre le sang.

Les schémas suivants sont ceux pour étudier la respiration. Un schéma général des poumons permet de visualiser l'organe. Un zoom montrant les échanges entre les alvéoles et le sang avec la présence de flèches est fait pour insister sur les molécules présentes, la couleur associant le sang riche en dioxygène et le sang pauvre en dioxygène et riche en dioxyde de carbone. Pour finir la succession des

quatre schémas expriment le trajet des molécules d'air dans le reste du corps (inspiration – cellules – consommation – expiration).

Peu de manuels ont évoqué la fonction d'excrétion dans sa logique didactique. Cependant cette dernière n'est pas exigible dans les programmes de 2008, ce qui peut expliquer cette absence. Pour une meilleure prise de conscience de l'élimination des déchets, je choisis une illustration pour étudier cette fonction. Le titre et la description complètent la compréhension du schéma. La filtration du sang et la fabrication de l'urine sont explicitées dans le zoom d'un rein. A l'aide des flèches, le sens de circulation du sang est clairement indiqué. Nous percevons facilement le sang, « contenant des déchets », circuler à travers le rein et du sang « propre » en sortir. Le devenir des déchets (l'urine) est sous-entendu mais est facilement explicable en classe.

L'apprentissage de la dernière fonction : la circulation est là pour conclure et tisser les quatre fonctions entre elles. La circulation dirige les échanges et permet au corps d'être agrémenté partout (organes, muscles, cellules etc.). Le schéma choisi est fonctionnel indiquant le sens de circulation et les échanges existants au niveau des organes (implicitement), correspondant au changement de couleur de sang (rouge à bleu). La double circulation est distinctement visible séparant d'une part la circulation au niveau des poumons (pulmonaire) et d'autre part le reste du corps (générale). En ayant travaillé dans un premier temps avec un schéma intégrant les fonctions puis le détail de chacune d'entre elles, l'alimentation des organes, des muscles et des cellules en sang (riche ou pauvre en dioxygène, riche en dioxyde de carbone, nutriments), la compréhension de l'élève est consolidée par le schéma de la circulation. L'illustration reste néanmoins limitée, nous pouvons alors penser que le sang ne circule qu'au niveau du tronc du corps.

Limites :

Cette question de recherche présente néanmoins certaines limites. Il aurait été intéressant de sélectionner davantage de manuels scolaires dans cette étude, l'échantillon des schémas était faible et nous ne pouvons donc pas généraliser le contenu de tous les manuels scolaires. La multiplication des manuels auraient pu nous apporter plus de schémas intégrant les fonctions nutritionnelles, une plus

grande diversité de logique d'enseignement ou au contraire valider avec plus de preuves que les manuels étudient ce thème de manière cloisonnée.

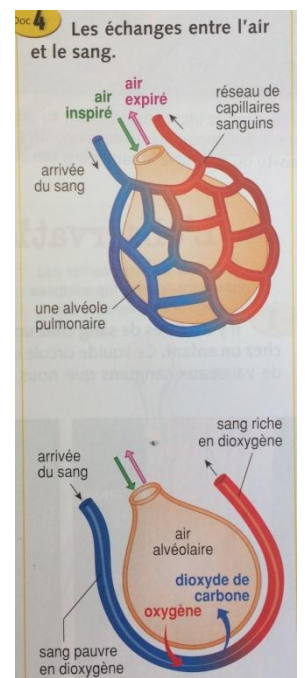
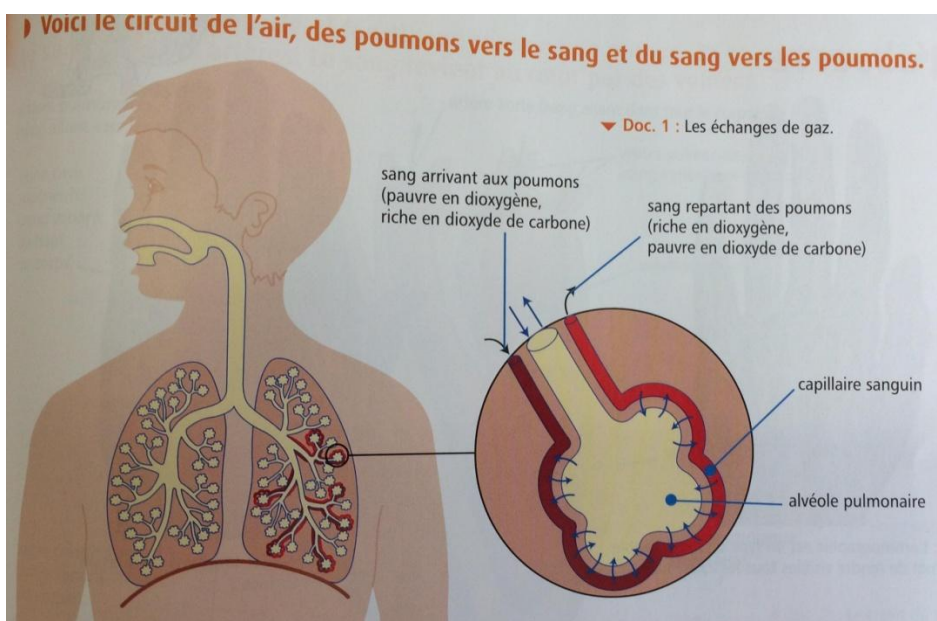
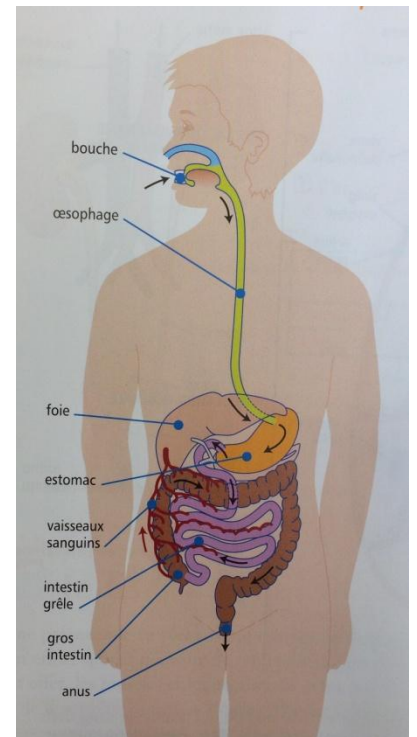
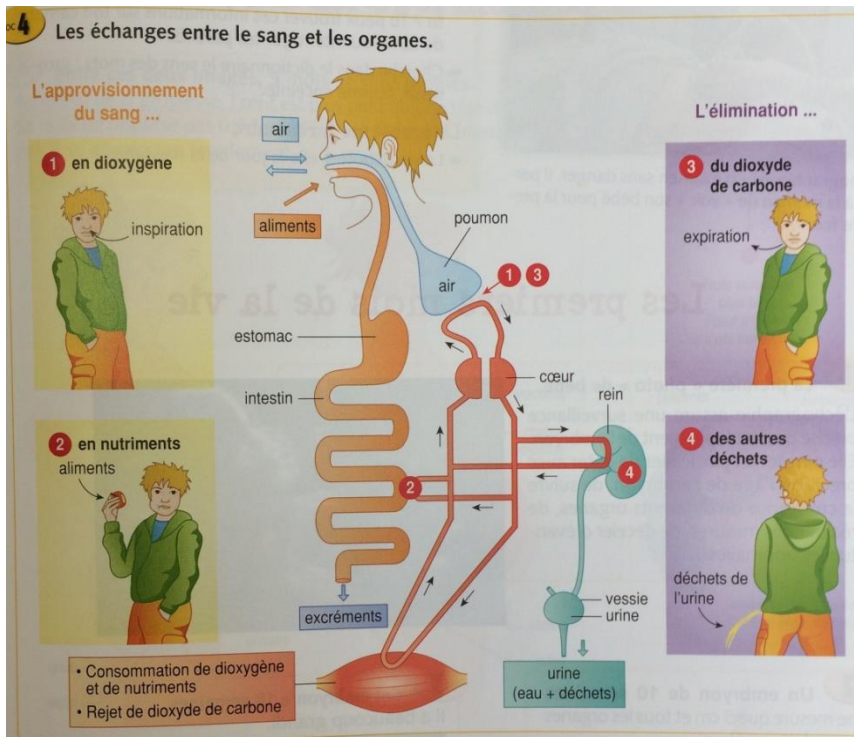
Le sens de l'étude aurait été plus intéressant si les manuels choisis s'appuyaient sur les programmes de 2015. La recherche comme repère, les concepteurs des manuels auraient pu penser à une logique d'enseignement différente de ce thème, en insérant des schémas systémiques dans le but que l'enseignant comme les élèves intègrent le principe de dépendance entre les fonctions. La validation des résultats est donc discutable puisqu'elle ne correspond pas à l'enseignement actuel.

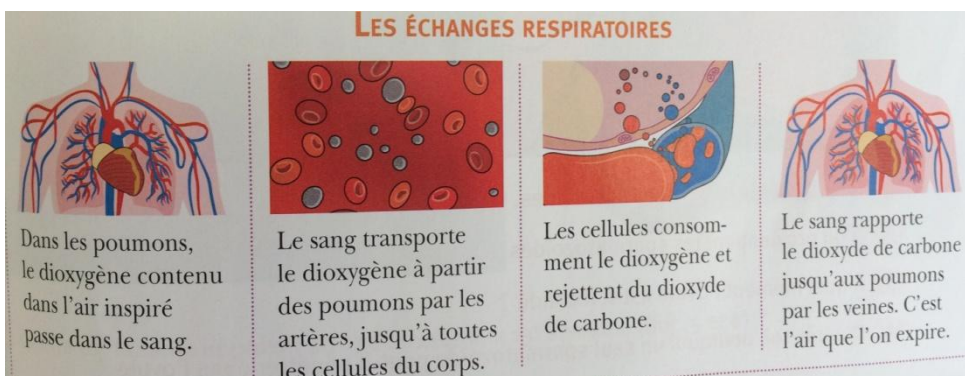
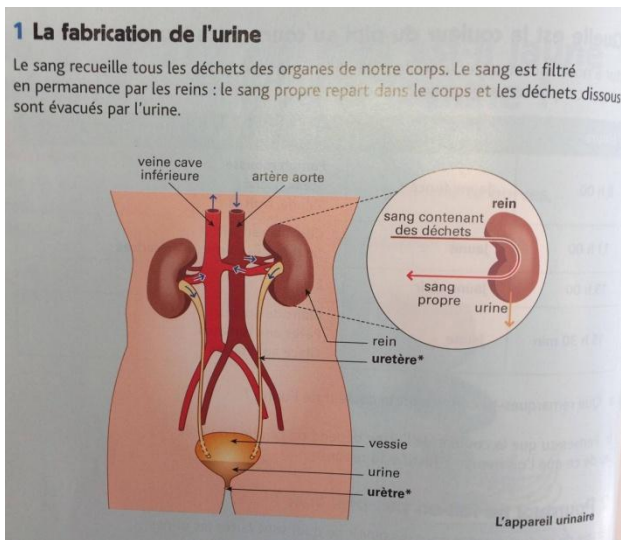
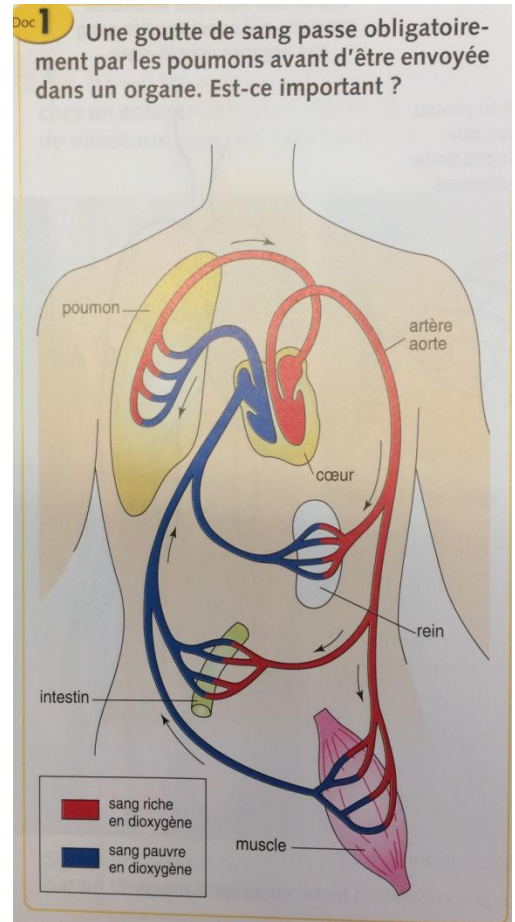
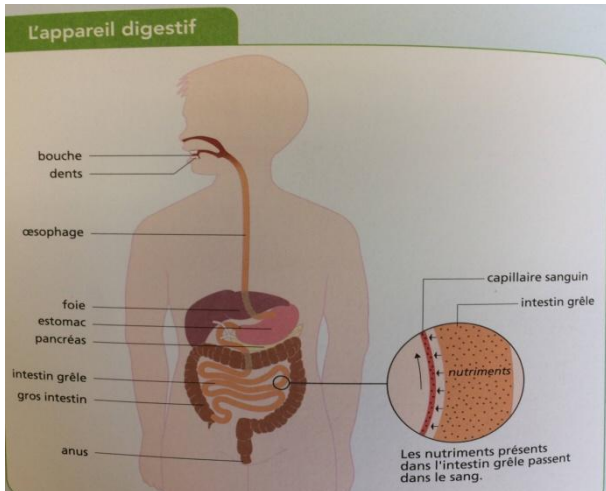
Perspectives :

Pour aller plus loin nous pourrions envisager des questionnaires donnés à des enseignants pour agrémenter le propos sur l'impact de l'utilisation des schémas des manuels. Un enseignant peut tout à fait s'appuyer sur un manuel pour construire la séquence en sélectionnant les schémas clés mais peut compléter son enseignement par un prélèvement d'une autre source et donc l'apprentissage des élèves est moins impacté.

Ces mêmes questionnaires peuvent être un moyen de vérifier la conceptualisation de la séquence par les enseignants, leur utilisation des schémas des manuels scolaires en sciences et technologie et si ils utilisent un schéma intégrant les fonctions. Nous pourrions leur demander la manière dont ils exploitent ce schéma intégrant dans l'articulation des séances et par quels moyens ils constatent la progression des élèves et leurs conceptions.

Pour finir, des tests en classe pourraient être pertinents. Dans une autre étude, il serait pertinent de tester les conceptions initiales des élèves et ce pour toutes les fonctions (et non pas seulement que sur la digestion) et constater leur évolution après une séquence faite en classe autour d'un schéma systémique. Une autre étude comparative pourrait être mise place entre deux classes pour identifier la conception des élèves après une séquence construite autour d'un schéma intégrant et une séquence cloisonnant les fonctions. Nous pourrions ainsi confronter la différence d'apprentissage.





Conclusion

L'enseignement des fonctions de nutrition nécessite une réelle remise en question d'un point de vue didactique et schématique. D'après les recherches de CLEMENT, P (1991), SAUVAGEOT-SKIBINE, M (1993) ou encore GIORDAN, A et DE VECCHI, G (1987), les conceptions autour de la fonction de digestion sont un obstacle dans l'apprentissage de ce thème. Ces conceptions peuvent provenir de la représentation schématique des fonctions. Nous nous sommes intéressés dans ce mémoire à la schématisation dans les manuels scolaires. Ces derniers sont des outils participant à la transposition didactique, c'est-à-dire qu'ils participent au processus de construction du savoir scolaire. Cette transposition est guidée par les trois étapes que CHEVALLARD, Y a distinctement identifiées : le savoir savant, le savoir à enseigner et le savoir enseigné.

A partir des programmes 2008, les fonctions de nutrition appartiennent au thème « Le fonctionnement du corps humain et la santé ». Trois de ces fonctions sont explicitement citées dans les programmes ayant pour enjeu de faire prendre conscience aux élèves des différents mécanismes du corps. Cependant les programmes, comme la logique d'enseignement des manuels scolaires, présentent ces fonctions de manière compartimentée. La quasi-totalité des manuels scolaires incluent des schémas des fonctions mais ils ne réalisent pas de liens entre eux. Et pourtant, il est indispensable de construire cette notion autour d'un schéma systémique, intégrant les quatre fonctions de nutrition, les élèves établissent des relations (les échanges, l'apport, le transport, l'élimination) entre ces dernières.

Le but de cette étude était d'analyser les schémas de différents manuels concernant ce thème afin de déceler une intention de mise en réseau entre ces fonctions. Premièrement nous nous sommes interrogés sur la présence des schémas systémiques dans les manuels et leur place dans la logique d'enseignement. Par la suite, l'analyse de la présence ou l'absence des caractéristiques de chacune des fonctions et le constat de relation avec la circulation ou les autres fonctions, nous a permis de comprendre les conceptions persistantes étudiées par les auteurs ci-dessus. Nous avons pu identifier les potentiels obstacles en remarquant que les fonctions schématisées ne sont pas toujours représentées

dans leur globalité. Nous avons pu observer la compartimentation de chacune des fonctions et imaginer l'impact dans leur apprentissage. En effet les élèves peuvent assimiler les différents mécanismes sans pour autant comprendre l'enjeu des échanges qui existent pour que le corps soit correctement alimenté. Il y a de nombreux liens avec le sang, nous pouvons donc apprécier une intention de tissage entre les fonctions mais celle-ci est implicite pour les élèves. De simples références au sang ne permettent pas d'avoir une vision d'ensemble du corps humain et de son fonctionnement. La convention du code couleur et des légendes incomplètes alimentent les difficultés de compréhension.

En effectuant la recherche sur le terme « manuel scolaire » et « transposition didactique » j'ai gagné une aptitude à visualiser la logique d'enseignement en analysant l'articulation des chapitres des manuels scolaires choisis. Au cours de ce mémoire de recherche, j'ai acquis une réelle prise de conscience sur l'importance du choix de schémas pour répondre au besoin de compréhension des élèves, et par conséquent du choix de manuels scolaires en sciences pour accompagner mon enseignement. De plus, cela m'a engagé dans une situation de recherche et de remise en question dans l'exercice de mon métier. J'apporte un regard différent sur la transposition didactique dans les manuels scolaires pour ne pas omettre des détails afin de ne pas trop s'écarter du savoir savant. En m'appuyant sur la recherche et les connaissances scientifiques pures j'appréhenderais les obstacles potentiels des élèves comme les conventions de codage et j'adopterais un regard critique et une mise à distance sur le message émis par le schéma, son illustration, sa justesse scientifique ou encore sa légende. Je pourrais donc construire si besoin un schéma correspondant aux attentes des objectifs. Les schémas sont omniprésents dans les manuels et construisent le savoir en accompagnant l'institutionnalisation de la notion. C'est pourquoi, l'adoption du regard critique du schéma est essentiel pour un enseignant afin de se rendre compte du savoir à enseigner à l'élève.

Bibliographie

Articles de recherche

- ASTOLFI, Jean-Pierre et PETERFALVI, Brigitte « *Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales* ». Aster 16, n° 16, p. 221, 1993. Documents et travaux de recherche en éducation.
- CLEMENT, Pierre et al. « *Méthodologie pour une analyse didactique des manuels scolaires, et sa mise en œuvre sur un exemple* », s. d., 21, 2006. Documents et travaux de recherche en éducation.
- CLEMENT, Pierre. « *Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion* ». Aster 13, n° 13, p. 209, 1991. Documents et travaux de recherche en éducation.
- SAUVAGEOT-SKIBINE, Marie « *De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur* ». Aster 17, n° 17, p. 205, 1993. Documents et travaux de recherche en éducation.
- GOUANELLE, Colette. et SCHNEEBERGER, Patricia « *Utilisation de schémas dans l'apprentissage de la biologie à l'école : la reproduction humaine* ». Aster 22, n° 22, p. 233, 1996. Documents et travaux de recherche en éducation.
- KASTENBAUM, Michèle « *Les schémas des manuels scolaires : difficultés et diversité des descriptions et des analyses - Persée* », 1979. Documents et travaux de recherche en éducation.
- BROUSSEAU, Guy « *Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques* », 1976. Documents et travaux de recherche en éducation.
- PETERFALVI, Brigitte. « *Les obstacles et leur prise en compte didactique* ». Aster 24, n° 24, p. 231, 1997. Documents et travaux de recherche en éducation.
- WEISSER, Marc « *Photographie et schéma : quelle lecture des signes iconiques en sciences expérimentales ?* » Revue française de pédagogie 125, n° 1 69 81, 1998. Documents et travaux de recherche en éducation.
- COOPER, isabelle et DESTIN, Malik. : « *La schématisation en sciences à l'école élémentaire* », 2015. Documents et travaux de recherche en éducation.

- N. MARIEB, Elaine « *Occasion Anatomie et Physiologie Humaines de Elaine N. Marieb Format Broché* », 10 juillet 1999. Documents et travaux de recherche en éducation.
- GEERTZ, Clifford « *Savoir local, savoir global. Les lieux du savoir* », 1986. Documents et travaux de recherche en éducation.
- GIORDAN, André et DE VECCHI, Gérard « *Les origines du savoir aux conceptions des apprenants aux concepts scientifiques* », 1990. Documents et travaux de recherche en éducation.
- BEDNARZ, Nadine et GARNIER, Catherine. « *Construction des savoirs. Obstacles et conflits* », 1989. Documents et travaux de recherche en éducation.
- ASTOLFI, Jean-Pierre et DEVELAY, Michel « *La didactique des sciences* », 1989 – 1990. Documents et travaux de recherche en éducation.
- CHEVALLARD, Yves « *La Transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné* », 1980. Documents et travaux de recherche en éducation.
- VEZIN, Jean-François « *Schématisation et acquisition des connaissances* », 1986. Documents et travaux de recherche en éducation.

Internet

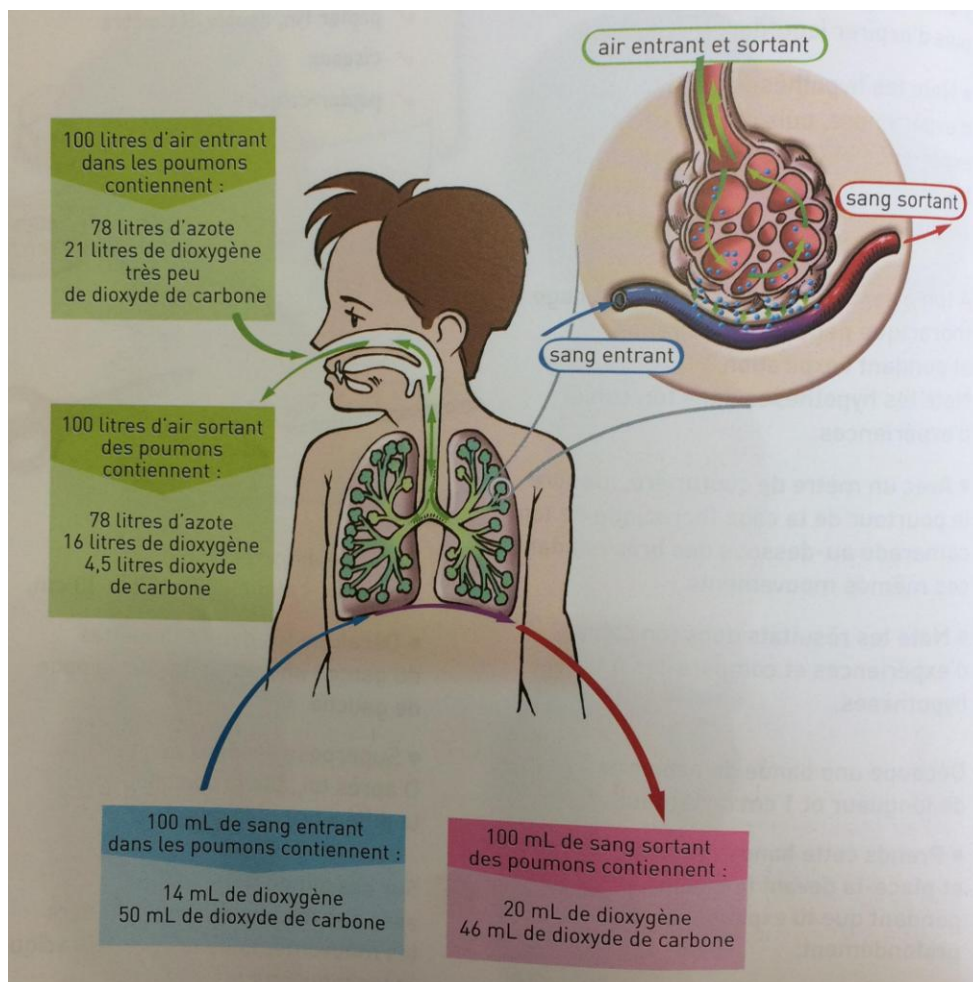
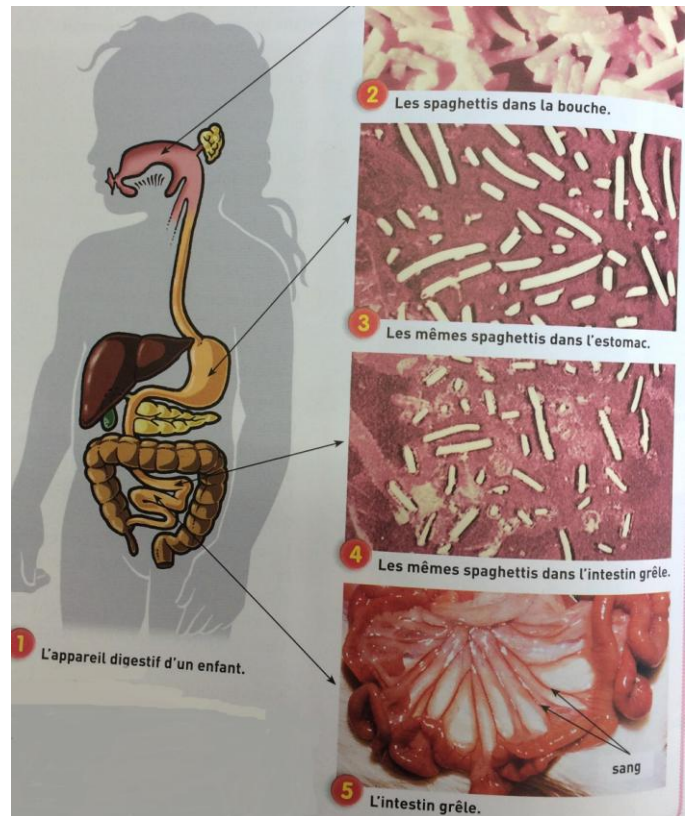
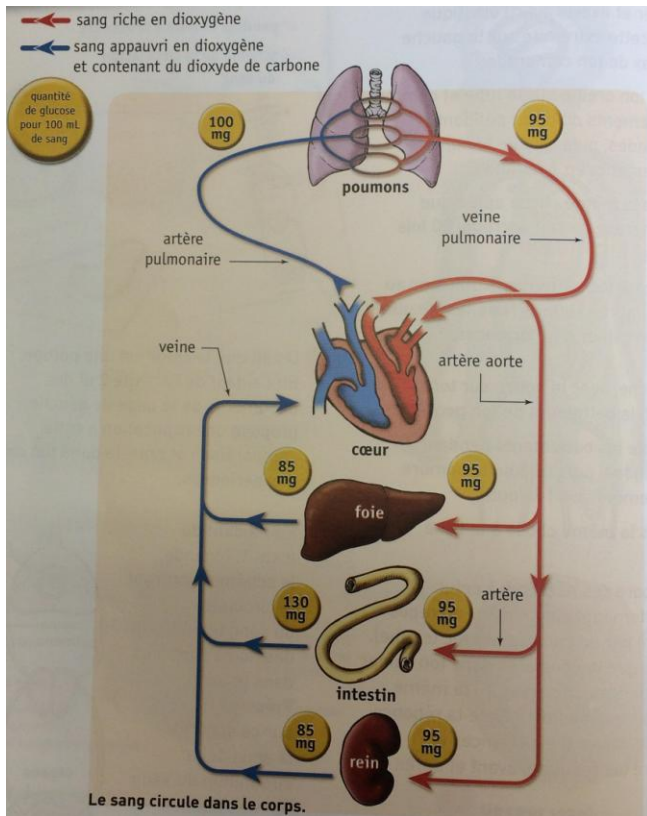
- SAVOIR LIVRE, *manuels scolaires scientifiques*. [consulté le 14.10.2018]
Disponible sur le web : <http://www.savoirlivre.com/manuels-scolaires.php>
- LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE, PERRENOUD, P. 1998. [consulté le 08.05.2018] Disponible sur le web : <http://tecfaetu.unige.ch/staf/staf-h/fdubou/staf11/ex2/transposition.html>
- SCHEMA OU DESSIN. [consulté le 14.03.2019]. Disponible sur le web : <http://ife.ens-lyon.fr/sciences21/ressources/sequences-et-outils/filtration/schemaoudessin.pdf>
- LES OBSTACLES EN SCIENCES A L'ECOLE. [consulté le 17.11.2018]
Disponible sur le web : http://sciences27.spip.ac-rouen.fr/IMG/pdf/sciences_connaissances_obstacles_BD.pdf
- COMMENT REALISER UN DESSIN SCIENTIFIQUE ET UN SCHEMA SCIENTIFIQUE ? *Travail de liaison école/collège*. [consulté le 21.02.2019]
Disponible sur le web : <http://educ47.ac-bordeaux.fr/sciences/fiches/res-05.pdf>

- FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME ET BESOIN EN ENERGIE. *Schéma simpliste du fonctionnement du corps humain*. [Consulté le 21.02.19] Disponible sur le web : <http://christian.genty.svt.pagesperso-orange.fr/doc%20cinquieme/organe.pdf>
- LES DIFFERENTS MODES DE REPRESENTATION EN SVT. Fiche méthodologie. [Consulté le 17.11.18] Disponible sur le web : http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-69/bernard/IMG/pdf/Les_principaux_modes_de_representation_en_svt.pdf
- BULLETIN OFFICIEL. Programme scolaire de 2008 et 2015. [Consulté le 13.09.18] Disponible sur le web : https://sitecoles.formiris.org/userfiles/files/sitecoles_2325_3.pdf et https://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_11/67/3/2015_programmes_cycles234_4_12_ok_508673.pdf

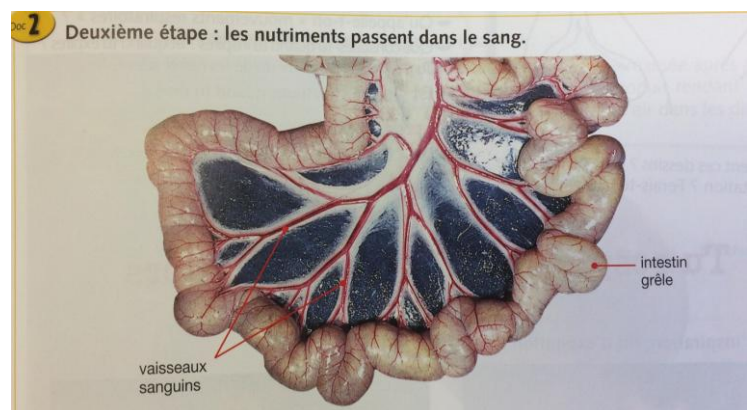
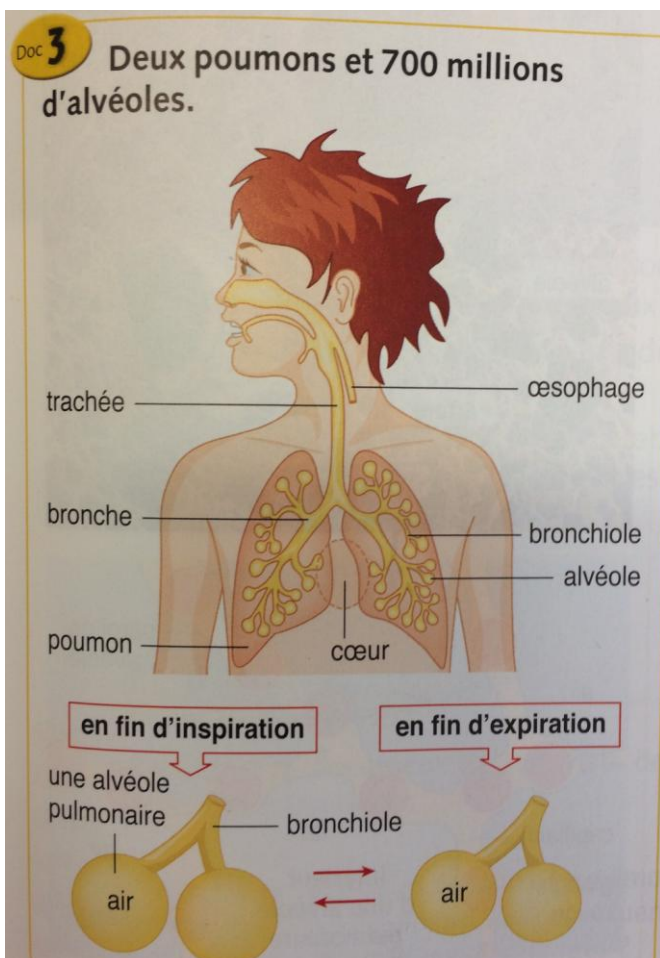
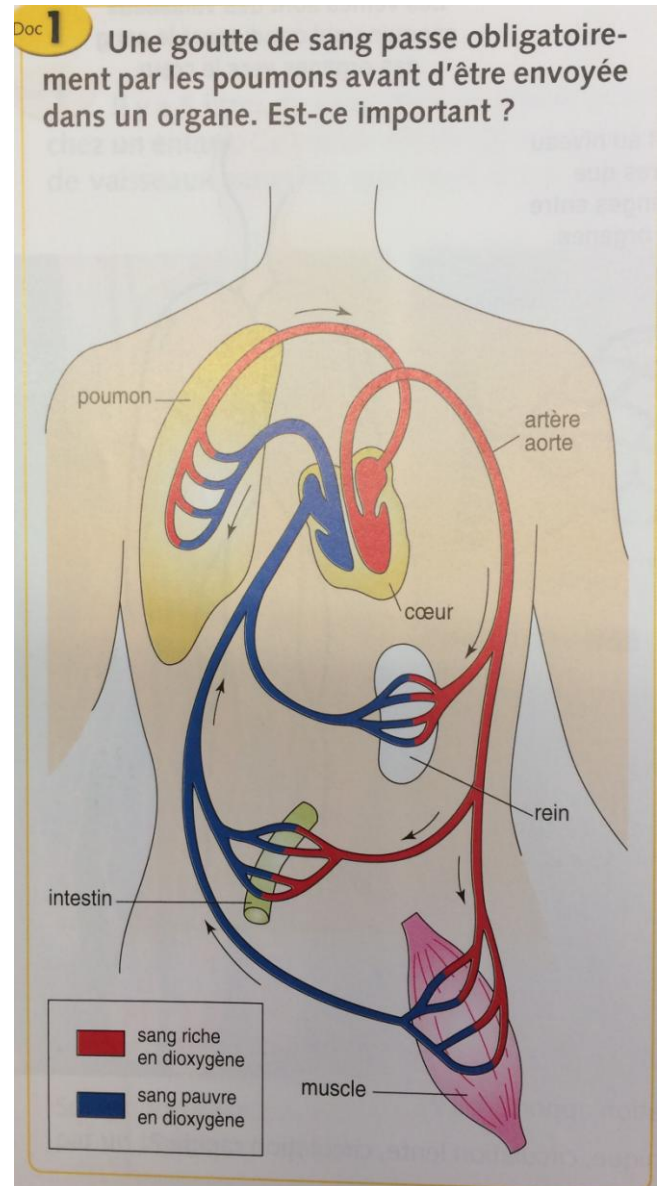
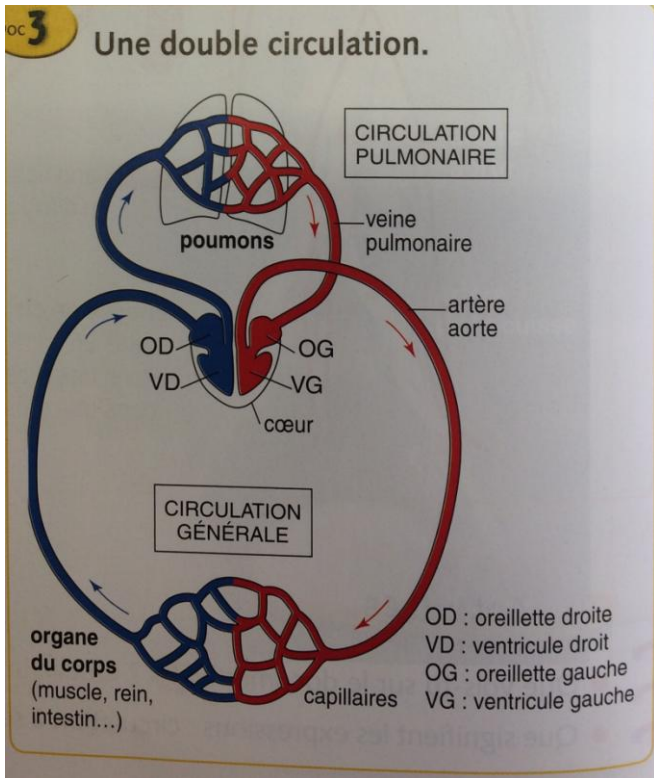
Enseignements scientifiques

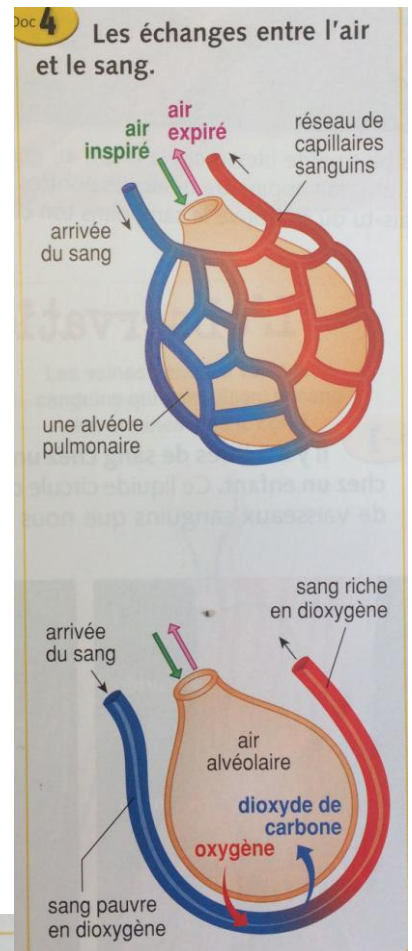
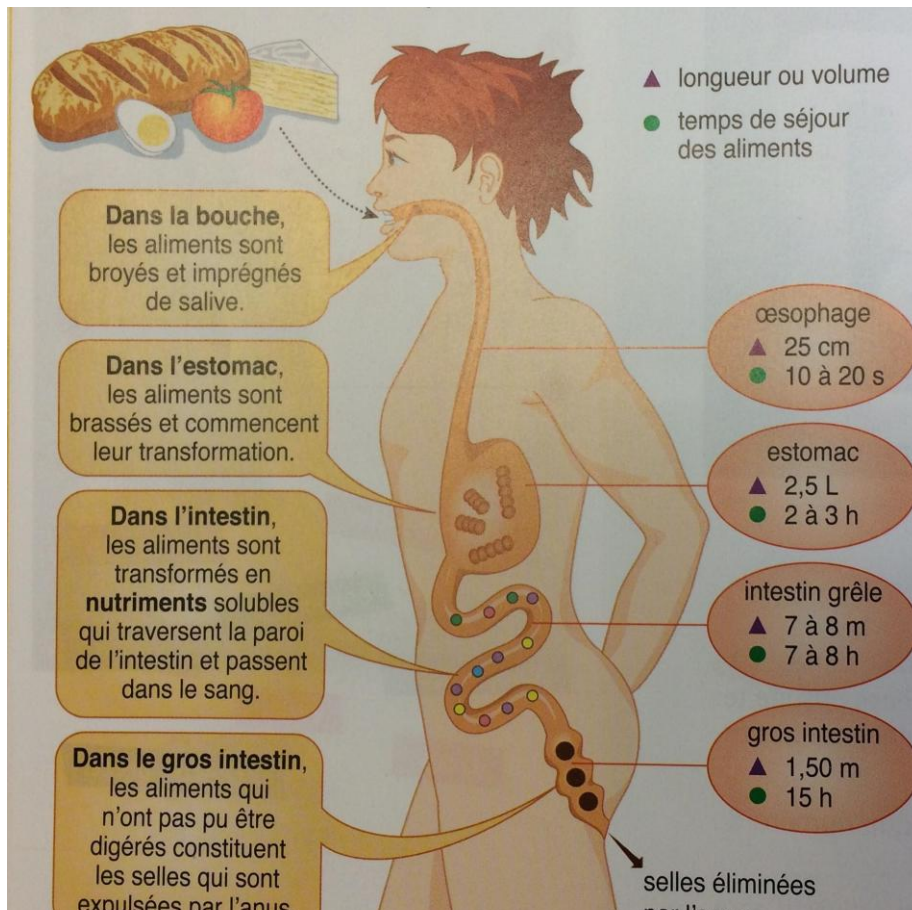
- Enseignement sur les fonctions de nutrition en licence de biologie générale en physiologie animale. M.COLIN enseignant à l'université de Pau et des Pays de l'Adour.
- Enseignement des sciences en master MEEF première année : système intégrant les fonctions de nutrition. M.GERMANN enseignant à l'ESPE d'Albi.

Schémas retenus du manuel de l'édition Belin



Schémas retenus du manuel de l'édition Bordas





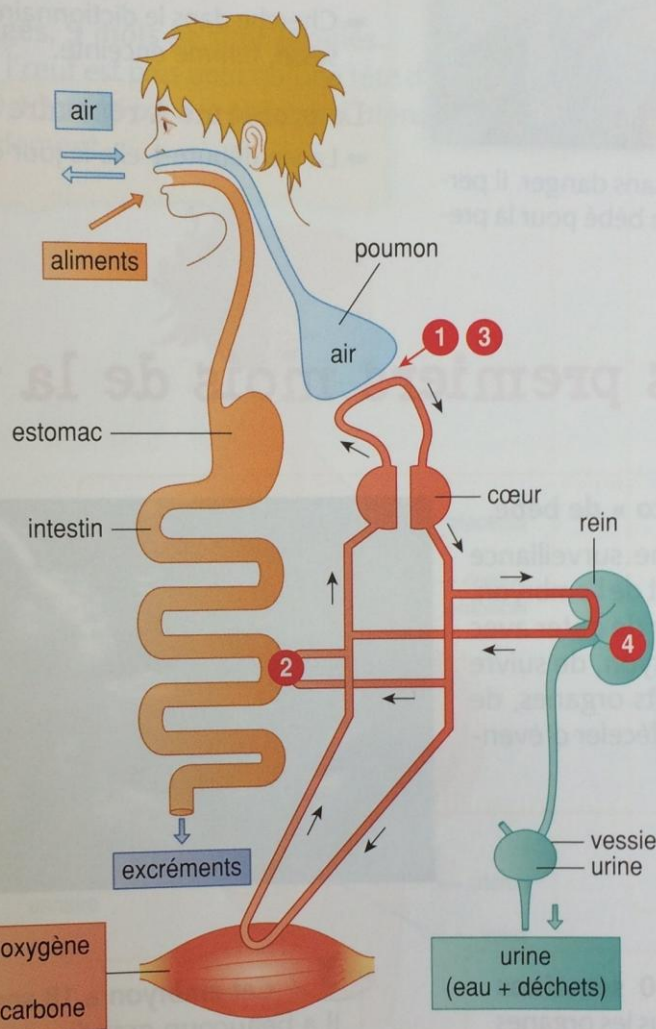
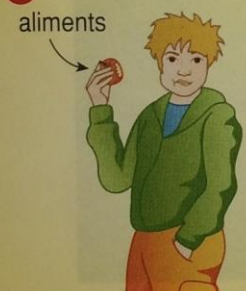
4 Les échanges entre le sang et les organes.

L'approvisionnement du sang ...

1 en dioxygène



2 en nutriments aliments



- Consommation de dioxygène et de nutriments
- Rejet de dioxyde de carbone

L'élimination ...

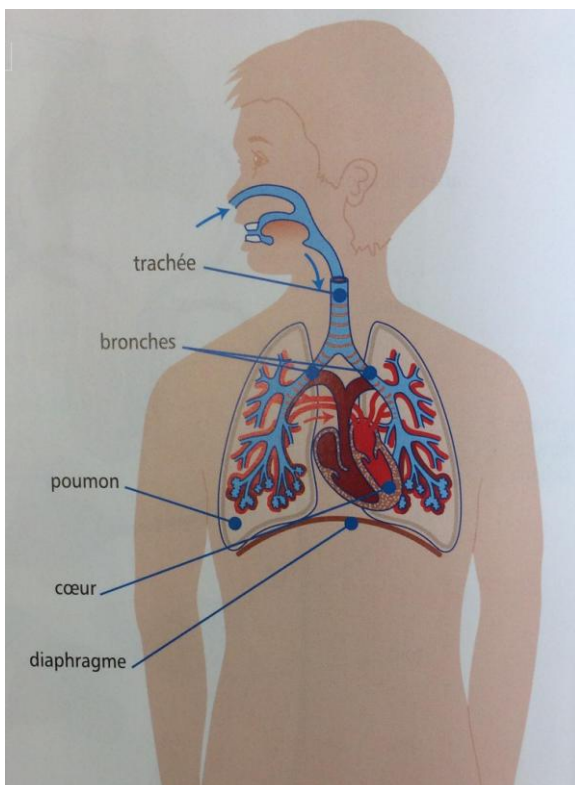
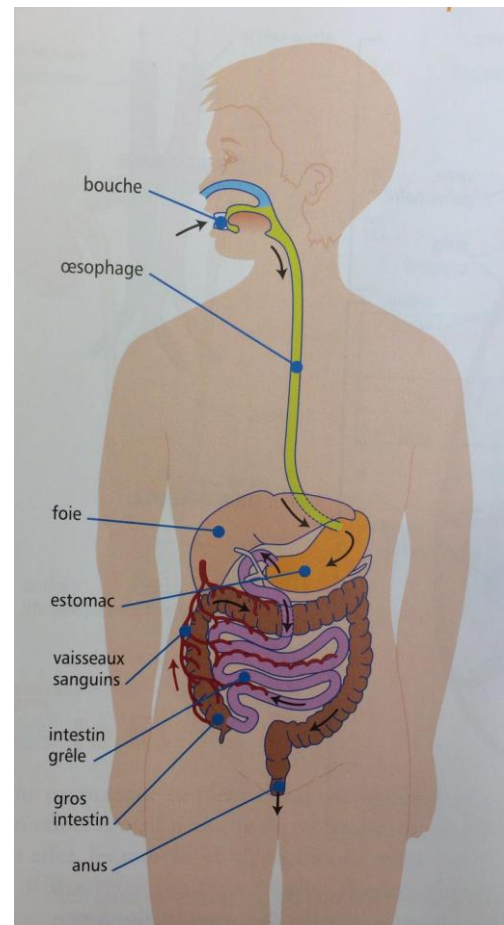
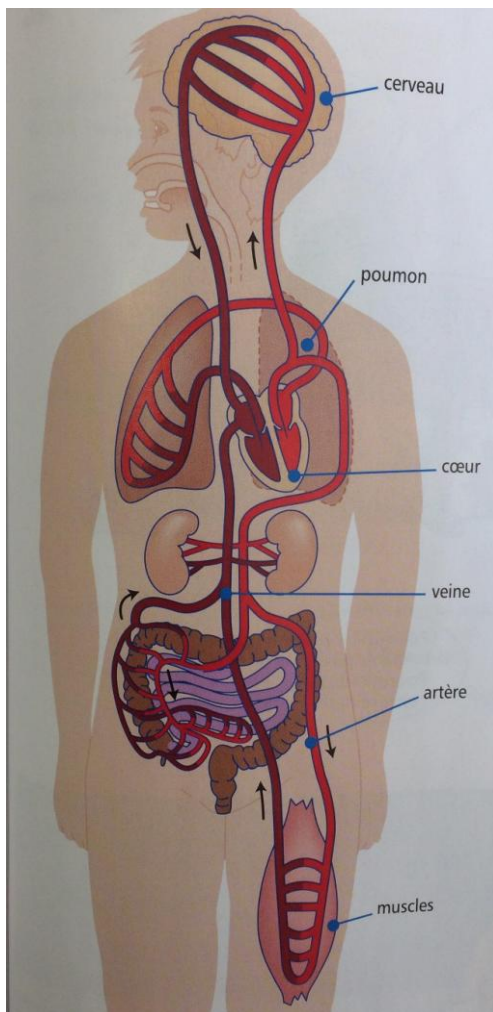
3 du dioxyde de carbone



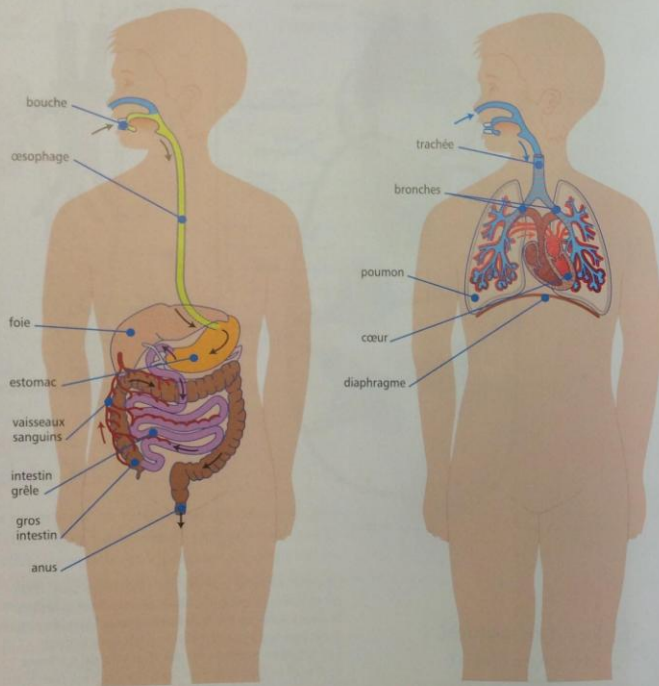
4 des autres déchets



Schémas retenus du manuel de l'édition Hachette

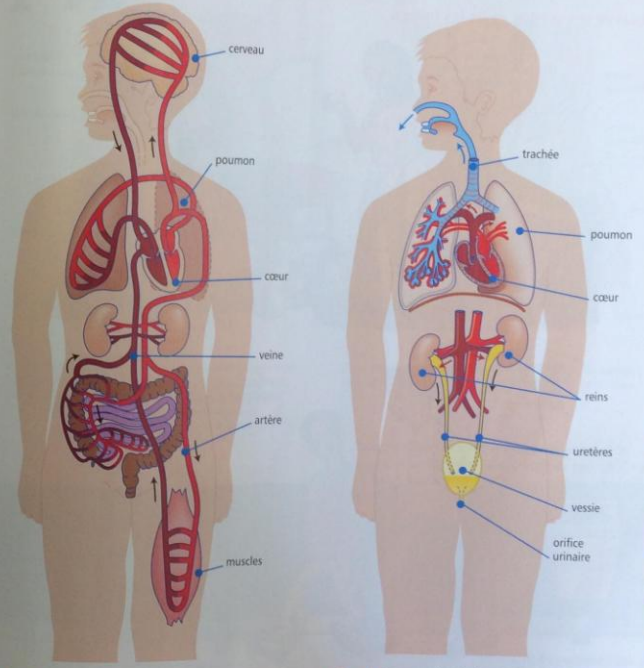


L'organisme est complexe : les appareils respiratoire, circulatoire, digestif et excréteur sont indissociables les uns des autres pour un bon fonctionnement de nos organes.



▲ Doc. 1 : Les nutriments passent de l'appareil digestif dans l'organisme par le sang.

▲ Doc. 2 : Le dioxygène passe de l'appareil respiratoire dans l'organisme par le sang.



▲ Doc. 3 : Des artères transportent le sang riche en dioxygène et en nutriments pour alimenter les organes et les muscles. Le fonctionnement des organes et des muscles produit du dioxyde de carbone et d'autres déchets.

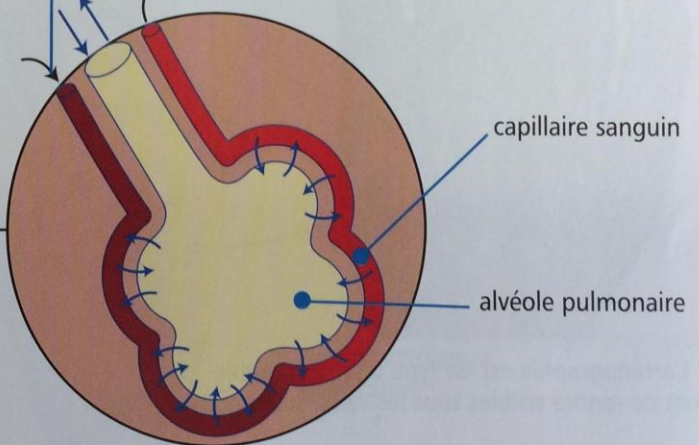
▲ Doc. 4 : Le sang collecte le dioxyde de carbone et les autres déchets pour les évacuer. Les poumons rejettent le dioxyde de carbone. Les autres déchets sont rejetés par l'appareil excréteur (reins, vessie).

Voici le circuit de l'air, des poumons vers le sang et du sang vers les poumons.

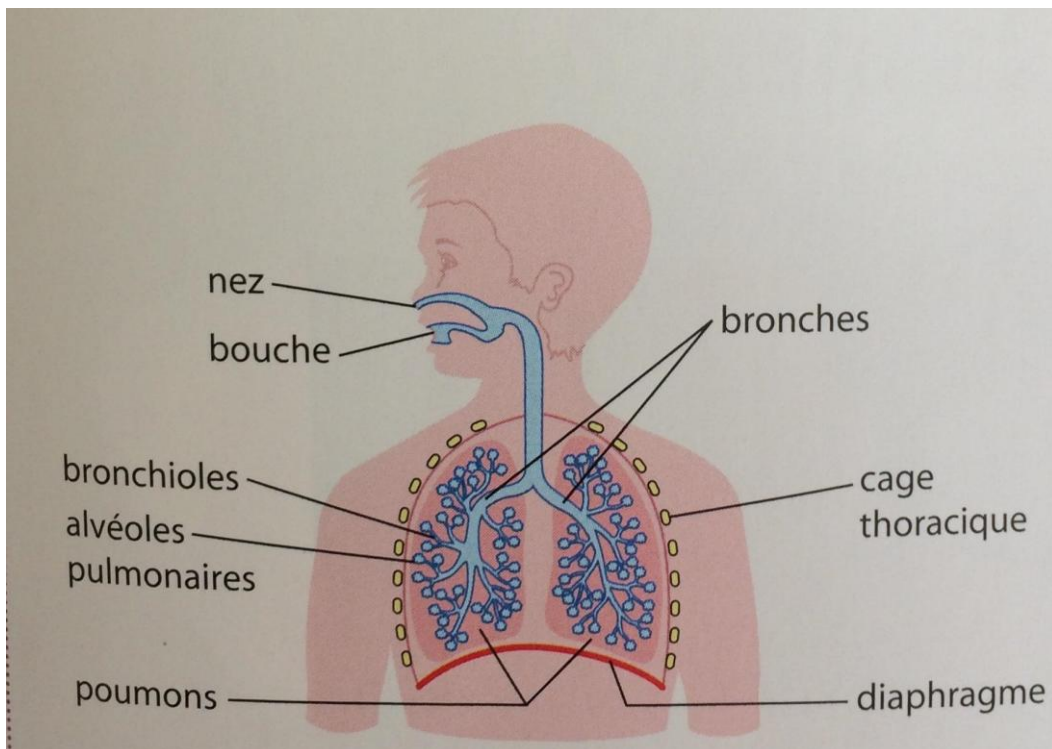
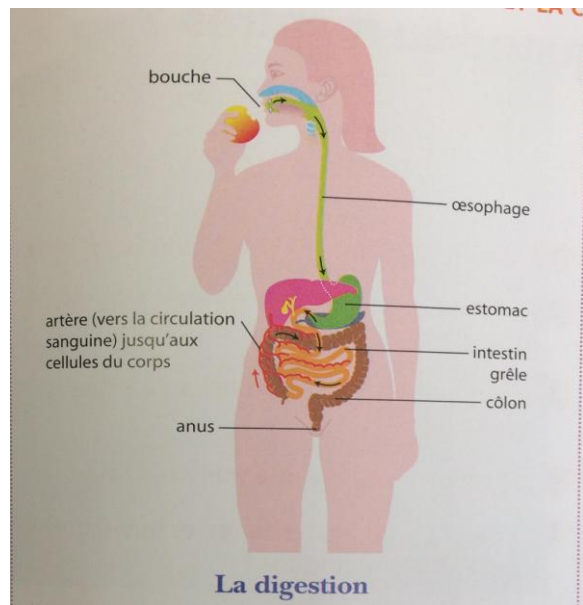
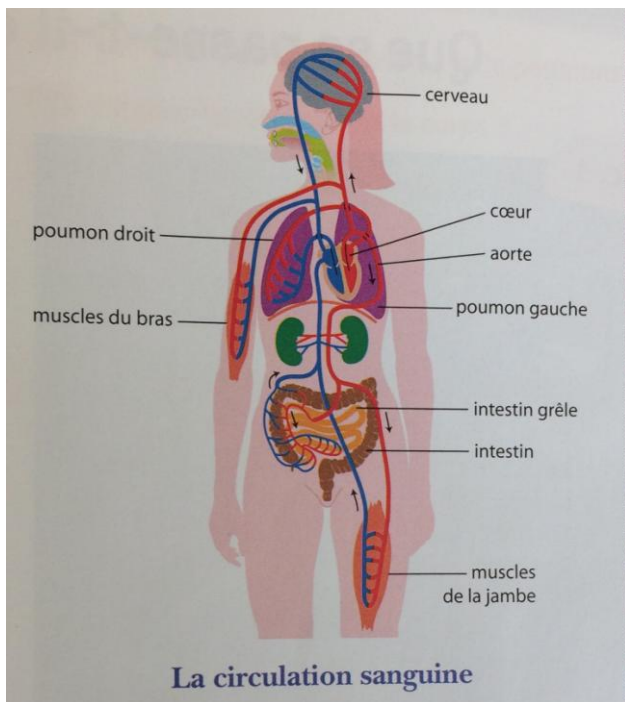
▼ Doc. 1 : Les échanges de gaz.

sang arrivant aux poumons
(pauvre en dioxygène,
riche en dioxyde de carbone)

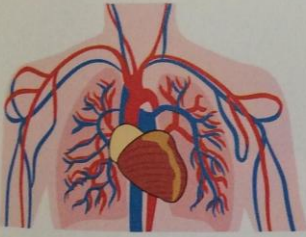
sang repartant des poumons
(riche en dioxygène,
pauvre en dioxyde de carbone)



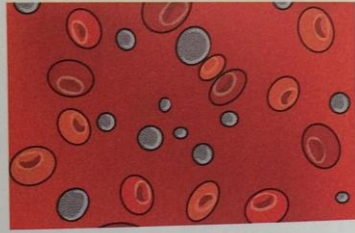
Schémas retenus du manuel de l'édition Istra



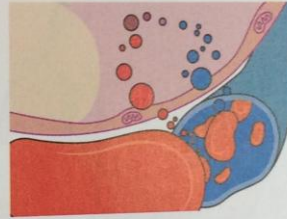
LES ÉCHANGES RESPIRATOIRES



Dans les poumons, le dioxygène contenu dans l'air inspiré passe dans le sang.



Le sang transporte le dioxygène à partir des poumons par les artères, jusqu'à toutes les cellules du corps.



Les cellules consomment le dioxygène et rejettent du dioxyde de carbone.



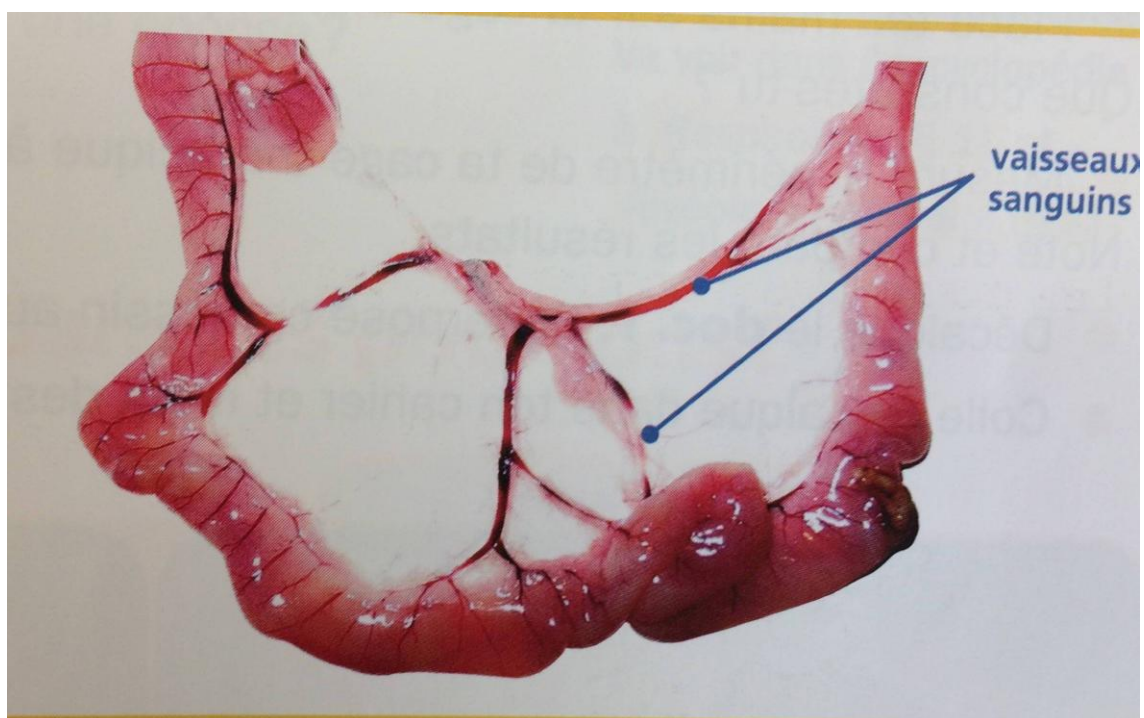
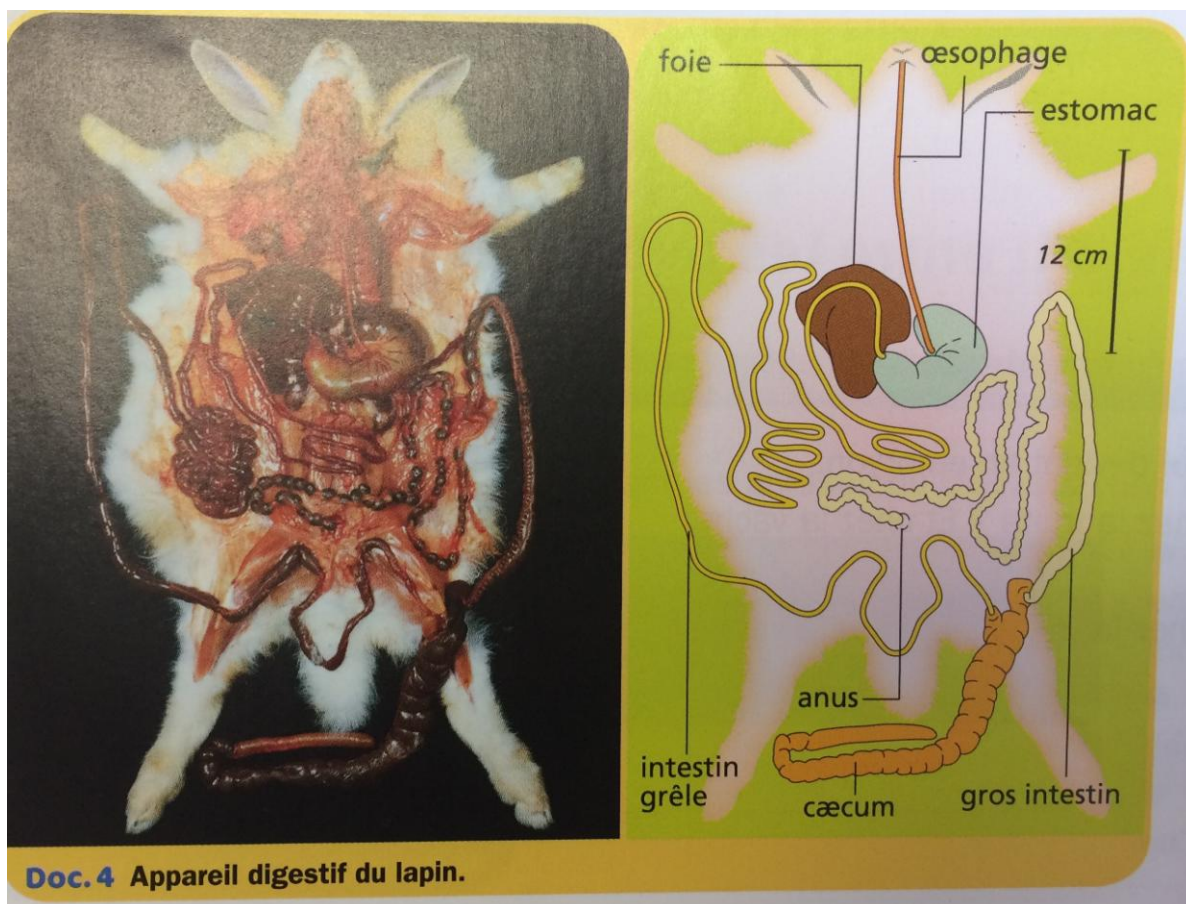
Le sang rapporte le dioxyde de carbone jusqu'aux poumons par les veines. C'est l'air que l'on expire.

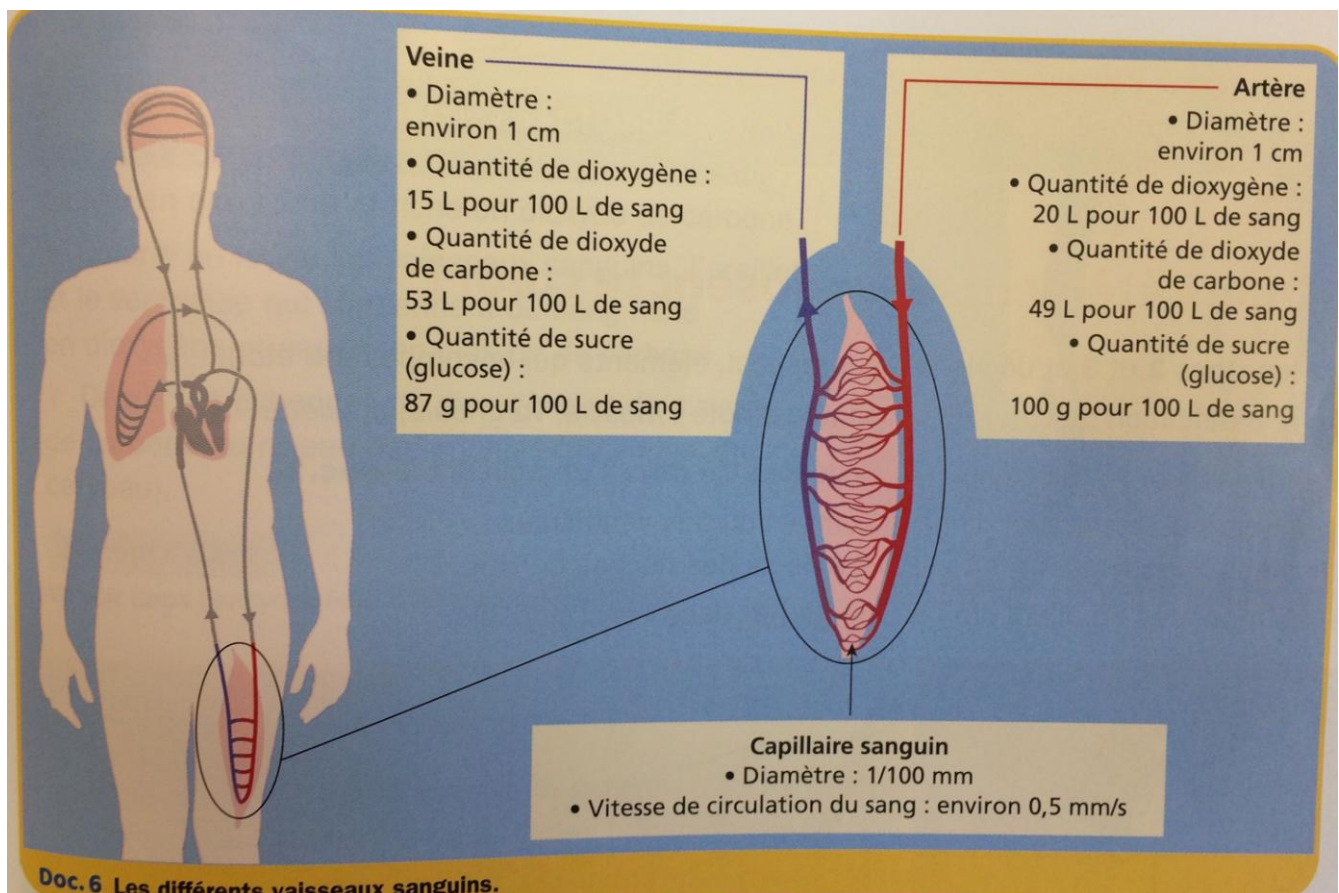
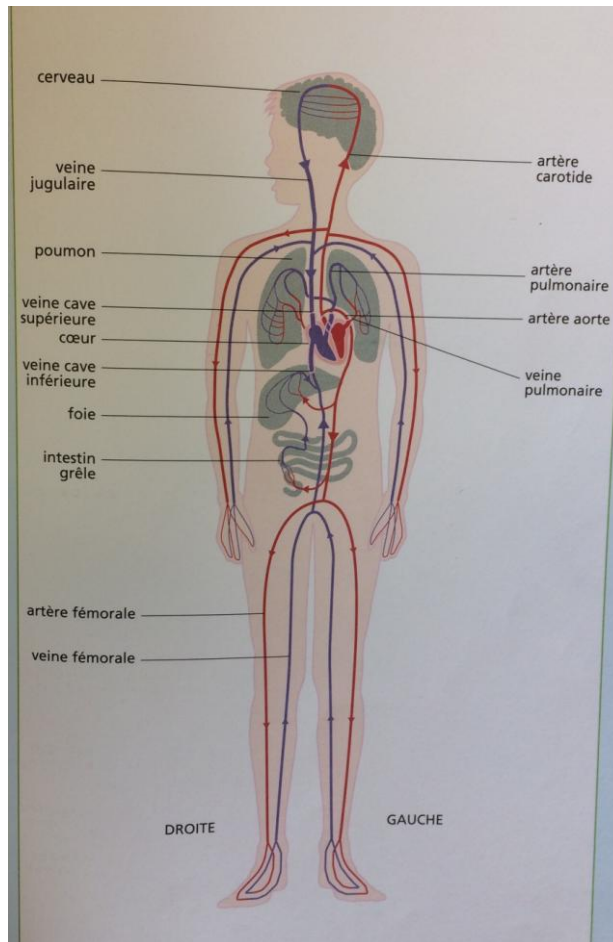


7 Décris cette représentation du réseau sanguin autour des intestins.

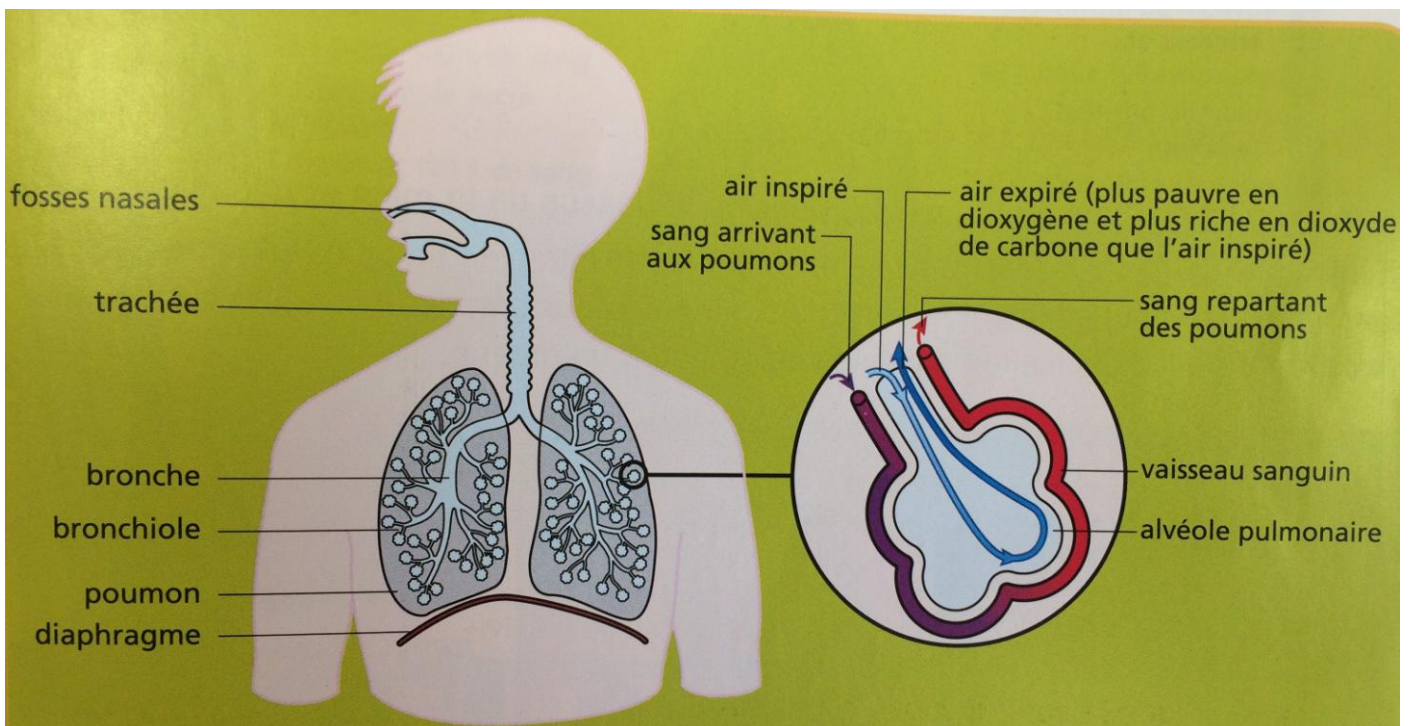
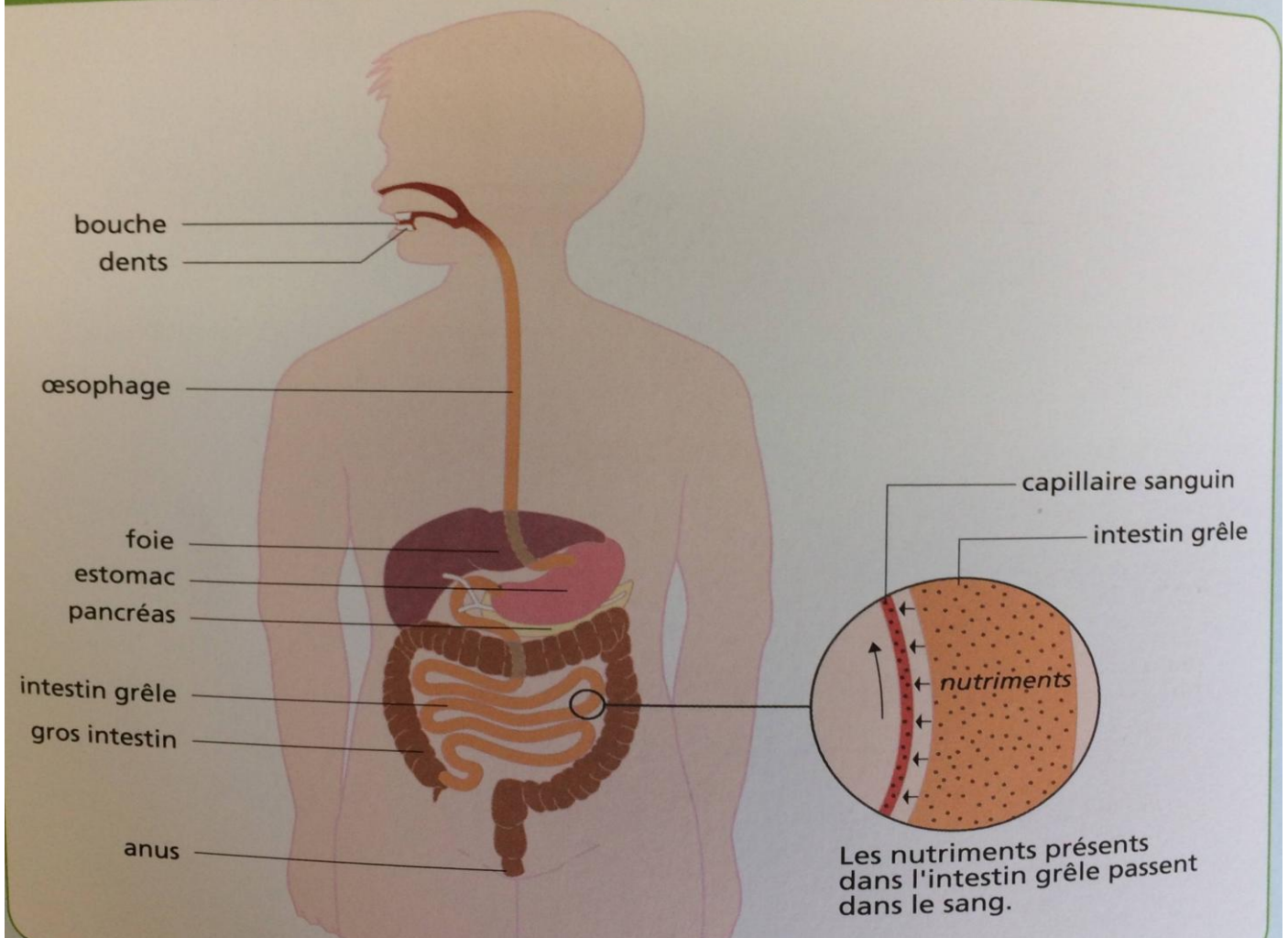
8 D'après toi, comment une partie des aliments (nutriments) passe-t-elle dans le sang ? En quoi est-ce important pour le corps ?

Schémas retenus du manuel de l'édition Magnard

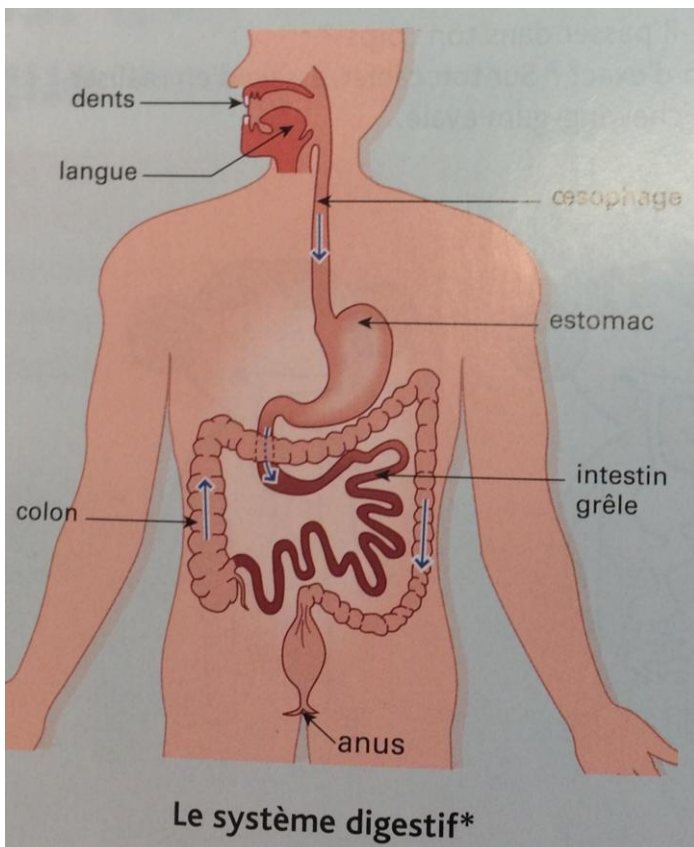
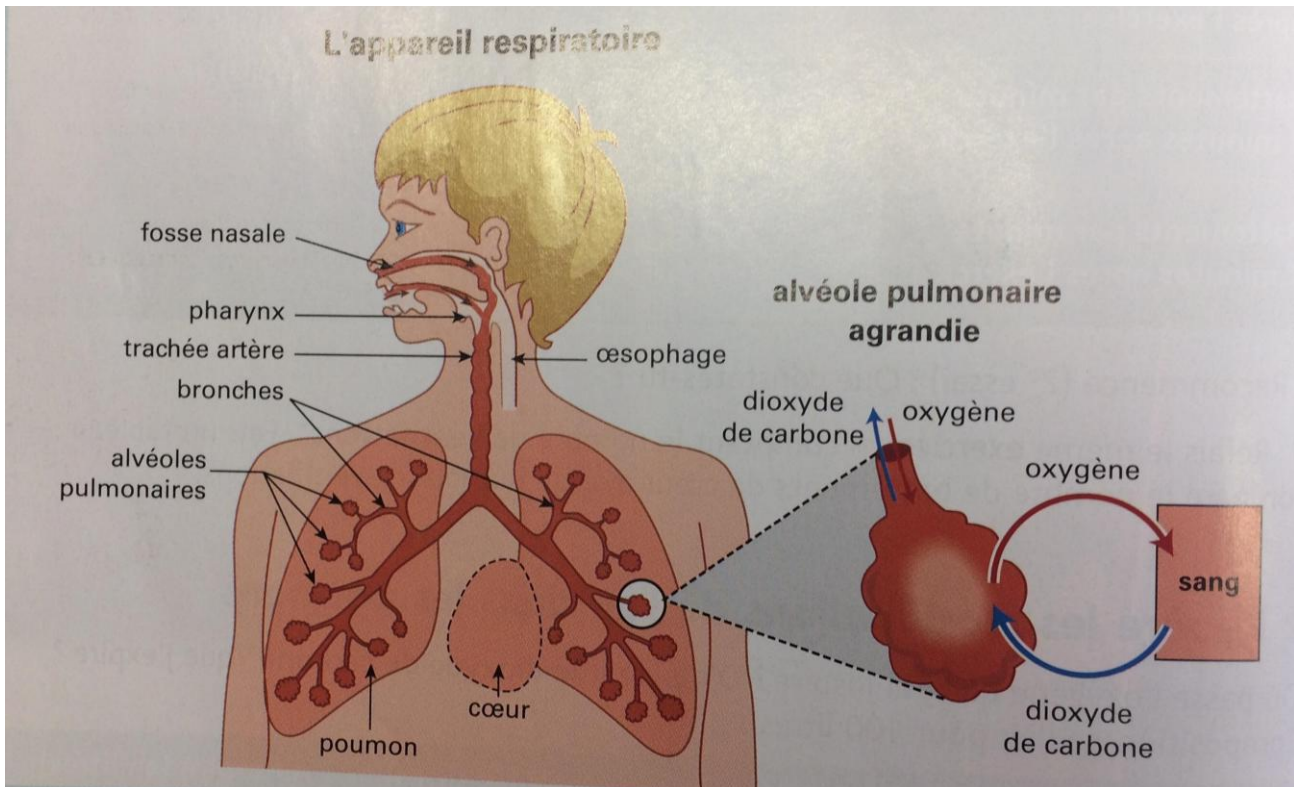




L'appareil digestif



Schémas retenus du manuel de l'édition Nathan



1 La fabrication de l'urine

Le sang recueille tous les déchets des organes de notre corps. Le sang est filtré en permanence par les reins : le sang propre repart dans le corps et les déchets dissous sont évacués par l'urine.

