

DE LA REPRÉSENTATION EN TUYAUX AU CONCEPT DE MILIEU INTÉRIEUR

Marie Sauvageot-Skibine

Les résultats de recueil de représentations d'élèves sur la façon dont s'effectue la circulation de l'eau, de l'air et des aliments chez l'homme, le fœtus et la plante verte, mettent en évidence une représentation commune, celle de la communication par tuyaux, qui peut perdurer jusque chez l'adulte, si elle n'est jamais traitée de front. Le constat de la persistance de cette représentation, qui fait obstacle à la construction du concept de surface d'échange avec le milieu intérieur, nous a renvoyé à la construction historique de ce concept. L'analyse de la situation avant Claude Bernard, nous a permis de mieux comprendre l'obstacle rencontré, d'examiner comment il a été franchi au XIXe siècle, les ressemblances et les différences avec la situation actuelle, et d'élaborer une situation-problème, pour les élèves d'aujourd'hui.

Que ce soit à propos de l'absorption intestinale, de la respiration, de la nourriture du fœtus ou de la nourriture des plantes vertes, dès qu'il s'agit de faire passer de l'eau, de l'air ou des aliments, des tuyaux apparaissent sur les dessins, comme si les élèves n'envisageaient aucune autre façon de circuler à l'intérieur de l'organisme. Pourquoi ?

Ce mode de pensée est un obstacle à la notion de surface d'échange avec un milieu intérieur. C'est un "obstacle-facilité", puisqu'il apporte une explication suffisante aux élèves et empêche de ce fait de poser les problèmes.

Comment faire progresser les élèves ?

Un des préalables consiste à examiner la construction historique du concept, c'est-à-dire à analyser les représentations antérieures à Claude Bernard, à préciser quel obstacle a été franchi, et de quelle manière, pour nous aider à mieux cerner les obstacles actuels.

Une comparaison de l'état des connaissances avant Claude Bernard et de celui des élèves "plombiers", nous aidera ensuite à voir si le franchissement de l'obstacle peut s'opérer de la même façon, ou s'il n'y a que quelques points communs, ou si la situation est totalement différente. Une proposition de situation-problème terminera cette analyse.

1. UNE REPRÉSENTATION TRANSVERSALE À PLUSIEURS DOMAINES

La persistance de la représentation de la circulation d'éléments par des tuyaux est attestée par de nombreuses études réalisées par différents auteurs. Les façons dont elles

l'obstacle de la
représentation en
tuyaux de la
circulation des
fluides dans
l'organisme

peuvent être exprimées dans différentes situations seront illustrées ici à travers quelques exemples brièvement rapportés, extraits de nos travaux antérieurs.

1.1. Tu bois de l'eau, que devient-elle ?

Pour étudier les idées sur la digestion et plus particulièrement le devenir de l'eau dans l'organisme, l'énoncé suivant a été retenu :

une question simple

"Tu bois de l'eau. Que devient-elle ?

Fais un schéma.

Ecris un bref résumé.

Propose une expérience qui permet de démontrer ton idée."

Il a donné lieu à des recueils de représentations auprès de publics variés d'enseignants et d'élèves : en début de stage de didactique de la biologie, pour aborder le concept de représentation ou avant la séquence sur la digestion en classe de sixième et troisième.

à laquelle on doit répondre de différentes façons

Nous avons choisi plusieurs langages (dessin, écrit, expérience), pour permettre à chacun d'utiliser son langage préféré, et d'autre part pour recueillir des informations variées, chacune se communiquant plus facilement par un langage : dessiner le trajet de l'eau, pour un élève de sixième est beaucoup plus facile qu'écrire un paragraphe sur la question. Pour le dessin une silhouette était donnée, seul le dessin des organes de l'appareil digestif et excréteur nous intéressait.

L'utilisation du dessin a souvent posé problème chez les adultes, parce qu'ils étaient gênés de ne pouvoir se rappeler ce qu'ils avaient appris à l'école. La rédaction d'un paragraphe n'a pas plu aux élèves, pour qui c'est un pensum d'écrire, mais imaginer une expérience a dérouté enfants et professeurs.

L'analyse des réponses (1) a montré que la solution adoptée par l'immense majorité est celle de **deux tuyaux** (voir planche 1) Ceux-ci peuvent partir de la bouche, de l'estomac ou des intestins, ils obéissent tous à la même logique : un tuyau pour les liquides et un pour les solides. Cette conception est présente chez les élèves du CP, jusque chez les enseignants non biologistes.

l'eau passe dans des tuyaux

Bon nombre de réponses montrent la présence des reins et de la vessie dans la continuité du tube digestif. Un des tuyaux va à l'anus, l'autre à l'orifice urinaire.

(1) L'analyse de cet ensemble de données, que j'ai développée dans ma thèse a également mis en évidence d'autres représentations-obstacles relatives à l'eau : en particulier les réponses ne mentionnent pas l'eau de l'air expiré ni l'eau-constituant de la matière. On peut faire l'hypothèse que l'eau est alors associée à l'état liquide, ce qui empêche de la penser à l'état gazeux. D'autres résultats vont dans le même sens.

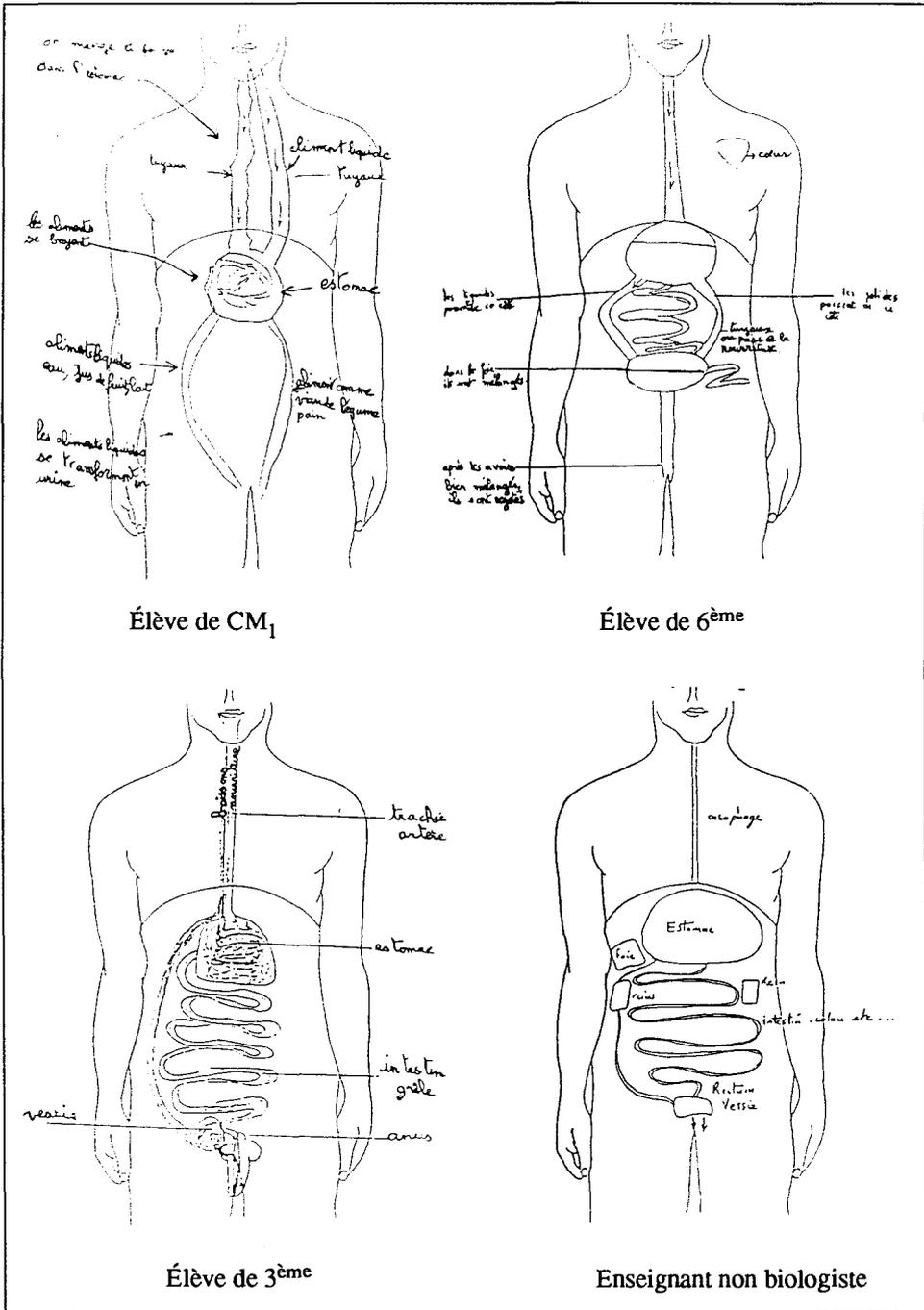


Planche 1. Devenir des aliments liquides et solides

Le dessin pose le problème suivant : comment faire communiquer un orifice d'entrée avec deux orifices de sortie ?

Il semble que les élèves ne peuvent imaginer que l'eau traverse la paroi d'un tube, ils cherchent une solution de "plombier". On peut penser, que s'ils présentent une telle réponse, c'est qu'ils ont en tête, l'image de circulation d'un fluide dans des tuyaux ou dans des poches reliées entre elles.

Cette représentation perdure également chez les adultes enseignants, instituteurs ou professeurs de collège non scientifiques (2).

1.2. Quel est le trajet de l'air dans ton corps ?

On relève deux grandes familles de schémas parmi les réponses d'élèves de sixième à la question : "quel est le trajet de l'air dans le corps ?" (voir planche 2) :

- le trajet de l'air est limité de l'extérieur aux poumons, puis des poumons à l'extérieur : "l'air entre par le nez, il va dans les poumons, il ressort par la bouche" ;
- le trajet de l'air n'est pas limité aux poumons, l'oxygène va dans le sang, dans les intestins, au cerveau ou aux organes. Le "comment" n'est pas explicité ; une faible minorité d'élèves envoie l'oxygène dans le sang.

l'air circule dans
des tuyaux et des
poches

L'étude de ce second exemple fait apparaître comme obstacle l'impossibilité, pour l'air, de circuler dans l'organisme autrement qu'à l'intérieur de tuyaux, de sacs ou de ballons. Cet obstacle de nature épistémologique, puisqu'il rend unimaginable les échanges gazeux à travers une membrane, ressemble à celui rencontré dans le premier exemple, dans le sens où la circulation de l'air, comme celle de l'eau, s'effectue à l'intérieur de tuyaux.

(2) Plusieurs auteurs obtiennent des résultats tout à fait convergents aux nôtres. Citons A. Giordan et G. De Vecchi ; Pierre Clément propose une analyse détaillée qui converge avec la nôtre.

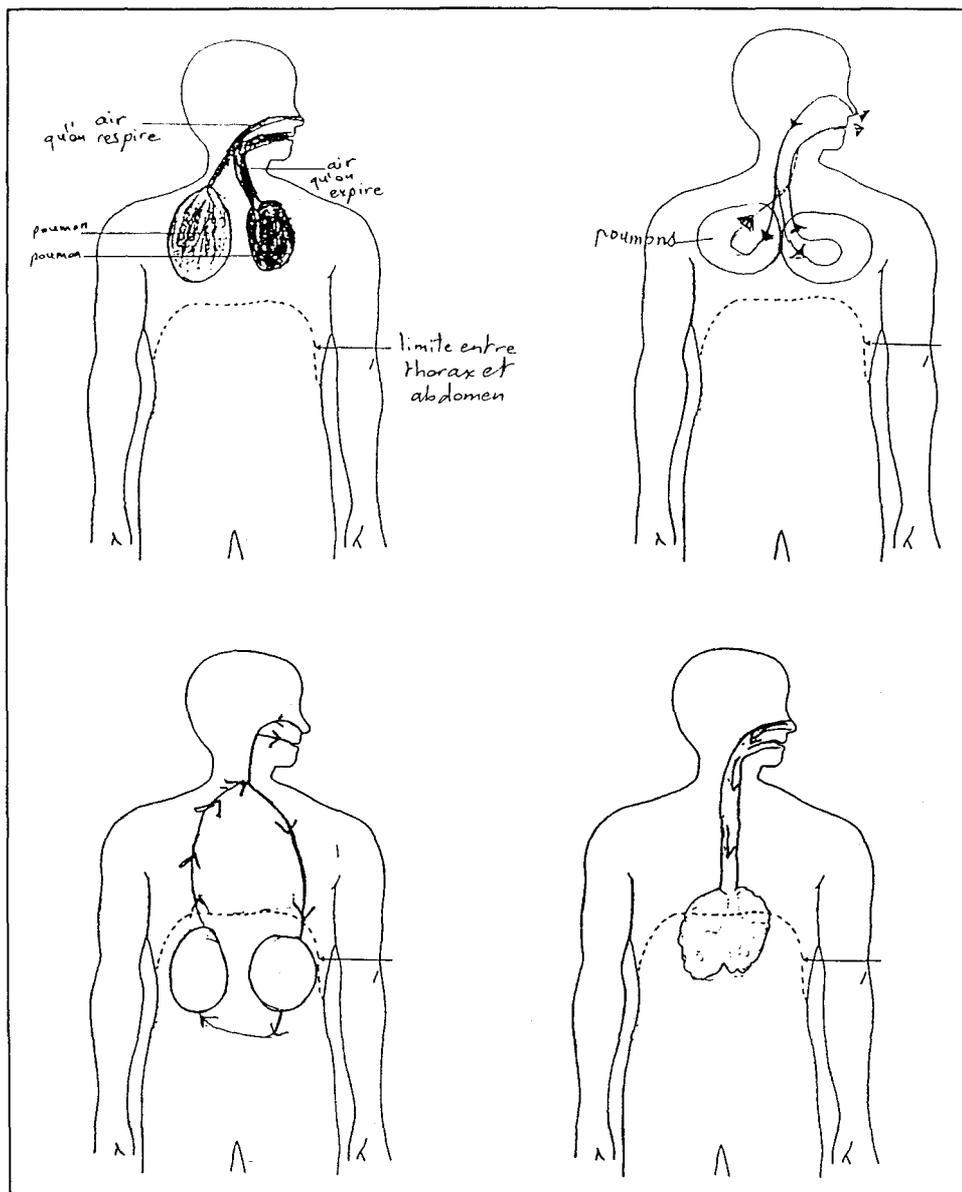


Planche 2. Trajet de l'air dans le corps (réponses de 6^{ème})

1.3. Comment mange le bébé ?

les aliments
passent dans des
tuyaux...

Les dessins d'élèves de sixième, concernant le fœtus dans l'utérus maternel (voir planche 3), montrent très souvent un tuyau qui relie la bouche du fœtus, soit à la bouche maternelle, soit au nombril de la mère.

On est là devant une incapacité à penser nutrition autrement que par l'intermédiaire de la bouche, un canal et un orifice.

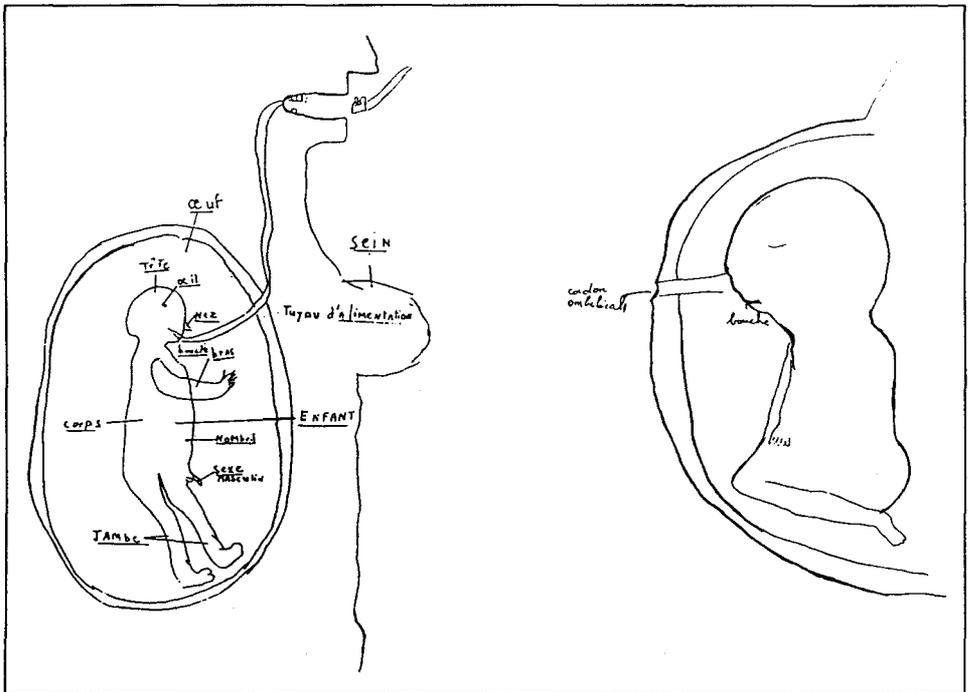


Planche 3. Alimentation du fœtus (réponses de 6^{ème})

1.4. De quoi se nourrissent les plantes ?

l'eau et les sels
minéraux aussi

Les enfants de 10-11 ans, et souvent les plus grands, pensent que la plante se nourrit, à la manière des animaux :

"elle mange par ses racines et cela va monter dans toute la plante par un petit tuyau et cela va faire pousser la plante."

Dans ce contexte comme dans les précédents, on retrouve la représentation de la communication par tuyaux.

Celle-ci apparaît comme un modèle très répandu, voire unique, pour mettre en relation deux organes et faire circuler l'eau, l'air et les aliments.

2. ANALYSE DES REPRÉSENTATIONS-OBSTACLES

2.1. Quelle représentation de l'organisme ont les élèves de sixième?

Si on rassemble les différentes représentations, on peut penser que les enfants de 10-11 ans voient le corps humain comme un tout formé d'organes, plus ou moins proches les uns des autres, plus ou moins imbriqués. Les organes ne sont pas formés de cellules, en sixième. Ils sont autonomes, ont une forme, une place, un nom, une fonction : le coeur pompe et envoie le sang, le poumon respire, le muscle permet le mouvement. Certains communiquent avec l'extérieur ou entre eux par des tuyaux, comme la bouche avec les poumons par la trachée artère, ou avec l'estomac par l'oesophage. Le tube digestif, lui, traverse l'organisme, et pourtant l'intérieur du corps commence à la bouche. Pour les enfants, le milieu extérieur est constitué par l'extérieur du corps humain.

Entre les organes, il n'y a rien. C'est l'image que donne un écorché.

La représentation de l'organisme est une vision mécaniste, qui assimile les organes aux pièces d'un moteur, qui agissent les uns sur les autres grâce à la proximité, et dont certaines communiquent entre elles à l'aide de câbles ou de tuyaux. Il semble bien que le modèle de communication emprunté par les élèves soit celui de la plomberie ou de l'électricité. La circulation de l'eau et du courant permet de penser la circulation des fluides dans le corps.

Le cerveau dirige la machine, le système nerveux envoie des ordres aux organes.

2.2. Quel est le concept visé ? Quel est le schéma de synthèse visé par l'enseignant ?

Le précis de physiologie humaine de Vander et al. donne la définition suivante :

"Les systèmes concourent à maintenir au sein de l'organisme un milieu dont la nature correspond aux besoins des fonctions cellulaires ; on lui donne le nom de milieu intérieur. La notion de milieu intérieur n'est pas seulement théorique. Le milieu intérieur a aussi un support anatomique : le milieu intérieur du corps est constitué par le liquide extra-cellulaire dans lequel baignent toutes les cellules" (80% de liquide intercellulaire ou interstitiel et 20% de plasma). Cette définition est illustrée par la figure qui suit.

une vision
mécaniste de
l'organisme

un milieu intérieur
liquide entre les
organes

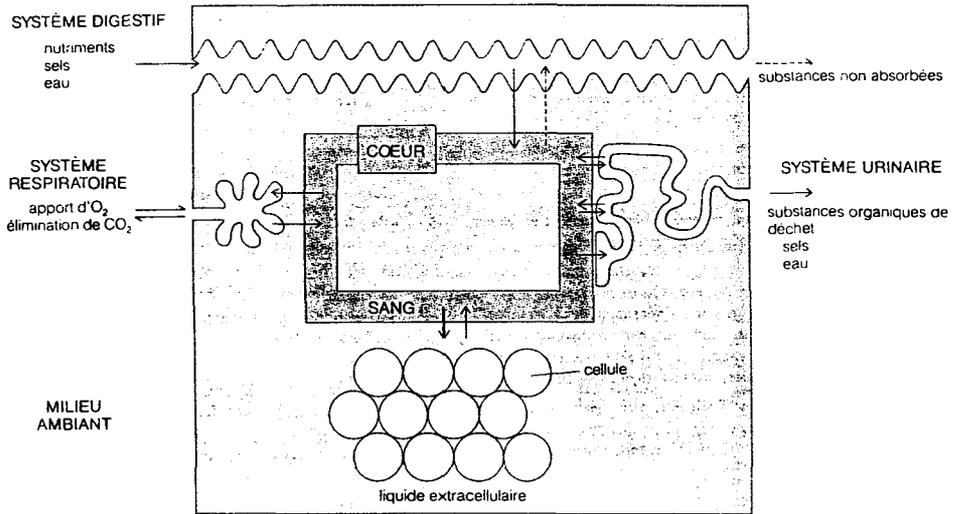


Figure 1. Échanges entre le milieu ambiant et le système circulaire par l'intermédiaire des systèmes digestif, respiratoire et urinaire.

2.3. Qu'empêche de comprendre le système explicatif des élèves ?

Un tuyau ayant une entrée et une sortie, cela empêche de comprendre un passage **sur une certaine distance**, puisqu'il est alors limité à deux orifices.

De plus, un canal, un tuyau évoquent une paroi d'une certaine épaisseur, tout à fait opposée à l'idée de **finesse** d'une surface d'échanges.

L'idée d'une relation directe entre organes remplace l'idée de communication entre les organes, **par l'intermédiaire** de vaisseaux sanguins, à travers leurs parois alors fines. L'image des capillaires irriguant les organes est parfaitement absente des conceptions des élèves.

Le modèle du moteur fait obstacle à la présence d'un **milieu liquide** dans lequel baigneraient les organes.

2.4. Quels changements doivent être opérés pour construire la notion de surface d'échanges et le concept de milieu intérieur ?

En sixième, il s'agit de passer d'une vision mécaniste de l'organisme, en termes d'organes-pièces de moteur reliées par des tubes, à une vision en termes d'organes baignant dans un liquide, et échangeant des substances véhiculées par ce liquide, substances traversant de fines parois sur une certaine longueur. Et ceci à propos des échanges gazeux respiratoires et de l'absorption intestinale.

un réseau
d'obstacles

changer de
représentations

En troisième, les organes sont formés de cellules. Il faut donc envisager le niveau cellulaire et poser le problème des échanges de substances à travers la membrane, et de sa participation à la survie de l'organisme, en aidant à maintenir la stabilité du milieu intérieur.

Les concepts abordés seront la respiration, l'absorption intestinale et l'excrétion.

En Terminale, les concepts de milieu intérieur et d'homéostasie sont construits à l'aide de la notion d'équilibre hydro-minéral et du concept de régulation envisagé dans le cas de la glycémie et de la sécrétion des hormones sexuelles. Le concept d'hormone entraîne la notion d'action à distance et celle d'autonomie des organes, à partir du concept de sécrétion interne.

Il faut maintenant se demander comment permettre ce changement. Pour ce faire, cherchons tout d'abord comment ce concept a émergé historiquement. Quel(s) obstacle(s) a-t-il permis de franchir, et comment ?

3. ANALYSE HISTORIQUE DE L'APPARITION DU CONCEPT DE MILIEU INTÉRIEUR

3.1. Le milieu intérieur, présenté par Claude Bernard

Parmi les leçons sur les propriétés des tissus vivants, la deuxième datant du 19 mars 1864 s'intitule : *"Des milieux chez les êtres vivants"*. Il y définit ce qu'il appelle *milieux*, puis distingue le milieu cosmique et le milieu intérieur. *"Nous comprenons ici, sous le nom de milieux intérieurs, le sang et tous les liquides plasmatiques ou blastématiques qui en dérivent."*

Les milieux intérieurs sont donc des produits de l'organisme ; toutes les parties constitutives du sang, azotées ou non, albumine, fibrine, sucre, graisse, etc... sont dans ce cas, sauf les globules du sang qui sont des éléments organiques."

Au début de la seconde partie, de l'introduction à la médecine expérimentale, parue en 1865, Claude Bernard rappelle :

"Dans l'expérimentation sur les corps bruts, il n'y a à tenir compte que d'un seul milieu, c'est le milieu cosmique extérieur : tandis que chez les êtres vivants élevés, il y a au moins deux milieux à considérer : le milieu extérieur ou extra-organique et le milieu intérieur ou intra-organique... Tous les liquides circulant, la liqueur du sang et les fluides intra-organiques constituent en réalité ce milieu intérieur."

Dans les leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux, parues en 1878, il précise dans le paragraphe sur la *"vie constante ou libre"* :

le milieu intérieur
selon Claude
Bernard

sa fixité :
condition de la
vie libre

"La vie constante ou libre est la troisième forme de vie : elle appartient aux animaux les plus élevés en organisation. La vie ne s'y montre suspendue dans aucune condition : elle s'écoule d'un cours constant et indifférent en apparence aux alternatives du milieu cosmique, aux changements des conditions matérielles qui entourent l'animal...Il en est ainsi parce qu'en réalité le milieu intérieur qui enveloppe les organes, les tissus, les éléments des tissus, ne change pas ; les variations atmosphériques s'arrêtent à lui, de sorte qu'il est vrai de dire que les conditions physiques du milieu sont constantes pour l'animal supérieur ; [...] La fixité du milieu intérieur est la condition de la vie libre, indépendante : le mécanisme qui la permet est celui qui assure dans le milieu intérieur le maintien de toutes les conditions nécessaires à la vie des éléments."

Le milieu intérieur est donc un milieu intraorganique, "chez les êtres vivants élevés", milieu liquide fait de sang et des "fluides intraorganiques", produit par l'organisme, et milieu constant qui conditionne l'autonomie.

3.2. Le milieu intérieur contre le mécanisme

le concept
analysé par
Canguilhem

Quelle est la place et le rôle de ce concept au XIX^e siècle ? C'est en 1857, que Claude Bernard a énoncé pour la première fois l'importance capitale du liquide extracellulaire de l'organisme. "Le concept de milieu était, au XVIII^e siècle, un concept de mécanique et de physique", rappelle G. Canguilhem, dans les *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, "Son importation en biologie, au XIX^e siècle, favorisait les conceptions mécanistes de la vie. Le génie de Claude Bernard, en créant le concept de milieu intérieur, opérait la dissociation en biologie des concepts de déterminisme et de mécanisme."

Comment le concept de milieu intérieur opère-t-il la dissociation en biologie des concepts de déterminisme et de mécanisme ?

Le mécanisme doit être compris ici au sens cartésien, c'est-à-dire qu'il induit une représentation de l'organisme en terme de machine, au sens strict du mot. Descartes affirme que le fonctionnement des organes obéit aux lois de la mécanique. Gabriel Gohau nous donne un aperçu de ce système explicatif :

"Pour expliquer la contraction musculaire, Descartes imagine que les esprits animaux s'engouffrent dans le muscle comme le vent dans la voile. Borelli, lui, compare le muscle contracté à la corde, qui, gonflée par l'eau, acquiert une résistance lui permettant de soulever des poids considérables."

Parler de mécanisme pour l'organisme, revient à admettre que le fonctionnement de la biologie se réduit aux lois de la physico-chimie. Or il n'y a pas dans la technologie humaine, de transport de message par l'intermédiaire d'un liquide. On pourrait seulement faire l'analogie avec les ondes radio, dans lesquelles on baigne, comme on baigne

dans le milieu intérieur, et quand on a son récepteur branché sur la bonne fréquence, on reçoit le message.

passer d'un
déterminisme
mécaniste...

La seule conception du déterminisme à l'époque, était un déterminisme de type mécanique, c'est-à-dire des objets, des pièces qui sont en relation de position avec d'autres et qui agissent à cause de leur position. Avec la découverte du milieu intérieur, la causalité n'est plus la causalité du moteur de la voiture, c'est une causalité "à distance", par l'intermédiaire d'un liquide, dans lequel se trouve le message. On pourrait conclure avec Canguilhem :

... à un
déterminisme
physiologique

"Bref, Claude Bernard, même s'il a retenu de Lavoisier et de Laplace, par la médiation de Magendie, l'idée de ce qu'il devait nommer lui-même le déterminisme, ne doit qu'à lui-même ce concept biologique de milieu intérieur qui permet enfin à la physiologie d'être, au même titre que la physique, une science déterministe, sans céder à la fascination du modèle proposé par la physique."

3.3. Le milieu intérieur arrive après le concept de sécrétion interne et la théorie cellulaire

Canguilhem souligne la place de ce nouveau concept, et les conditions qui ont permis son émergence :

1830
formulation de la
théorie cellulaire

"Le concept de milieu intérieur ne suppose pas seulement l'élaboration par Claude Bernard du concept de sécrétion interne, mais aussi la référence à la théorie cellulaire... En effet, la théorie cellulaire permettait de comprendre la relation entre le tout et la partie, entre le composé et le simple, dans l'ordre des êtres organisés, tout autrement que selon un modèle mathématique ou mécanique."

- **Le milieu intérieur, une réponse**

Avant la théorie cellulaire, l'organisme est conçu comme un tout indivisible. Le fait de le diviser en unités, qui sont des unités d'anatomie, des unités de fonction, et aussi de reproduction, pose le problème de la relation entre ces unités : comment entrent-elles en relation les unes avec les autres ? Pour Claude Bernard, l'une des mises en relation sera le système nerveux, l'autre étant le milieu intérieur.

- **Que permet de penser le concept de sécrétion interne ?**

1855
le concept de
sécrétion interne

Canguilhem rappelle sa naissance : *"On sait que, dans une de ses "Leçons de physiologie expérimentale", le 9 janvier 1855, Claude Bernard se fondant sur la découverte de la fonction glycogénique du foie (1848), prononce pour la première fois les mots de "sécrétion interne" ; qu'en 1859 et en 1867, il étend ce concept aux autres glandes vasculaires internes (rate, thyroïde, surrénales), jusqu'à considérer le sang ou milieu intérieur organique comme un produit de l'ensemble des sécrétions internes."*

A propos de la fonction glycogénique du foie Claude Bernard montre qu' il y a des produits qui sont mis en réserve dans le foie, puis relibérés dans l'organisme, au service d'autres parties. C'est la première fois que, au lieu d'ingérer des aliments qui vont directement aux endroits qui en ont besoin, il y a une mise en réserve temporaire puis une remobilisation. Ce phénomène se passe à l'intérieur pour une autre partie de l'intérieur, alors qu'avant, il y avait une dominance du milieu extérieur, c'était lui qui permettait le fonctionnement de l'intérieur.

Avec le concept de sécrétion interne, l'intérieur a une certaine autonomie. Il y a une certaine discontinuité entre les moments où on ingère et les moments où l'organisme a besoin. Il y a autonomie parce que l'organisme peut resécréter, relibérer un produit en fonction de la demande.

La fonction glycogénique du foie, permet au produit qu' est le glucose, d'aller d'une partie à une autre partie de l'organisme, par le biais de la circulation, et par celui d'un liquide intérieur. Par analogie avec la communication par fils, par messages électriques, l'idée que le système nerveux véhicule des messages est une idée relativement immédiate. Tandis que l'idée qu'un liquide véhicule des messages, est une idée sans équivalent dans la technologie humaine.

3.4. Quel obstacle Claude Bernard a-t-il franchi avec le concept de milieu intérieur ?

C'est la représentation de l'organisme du début du XIX^e siècle, que Claude Bernard a bouleversée. Il a permis une autre façon de penser, même si les effets ne furent pas immédiats, comme le rappelle Canguilhem : *"Pour que le concept bernardien de sécrétion interne soit appelé à jeter quelque lumière sur les fonctions de la thyroïde, il faut attendre une trentaine d'années après la formation du concept."*

Il a rendu possible, en 1884, l'expérience de Schiff, qui consiste à greffer une thyroïde dans une cavité abdominale. Pour avoir l'idée de transplanter un organe et qu'il conserve sa fonction à une autre place dans l'organisme, il faut avoir en tête ce changement de représentation, dont l'expression milieu intérieur est précisément la marque fondamentale.

4. AUTREFOIS ET AUJOURD'HUI

Les représentations des élèves de sixième sont-elles identiques à celles qui précédaient la formulation du concept de milieu intérieur ?

Il semble qu'il y ait un point commun à propos de la vision mécaniste du corps humain. Mais il apparaît également une grande différence : la théorie cellulaire était formulée (1830 selon Hughes) pour les contemporains de Claude Bernard,

une vision
mécaniste
repoussée

les programmes
d'aujourd'hui et
la construction
historique

elle est au contraire parfaitement ignorée des élèves de sixième. Ce concept de cellule ne sera construit qu'en troisième d'après les programmes : *"les explications, limitées jusque là pour l'essentiel au niveau des organes, et qui gagneront progressivement au lycée celui des ultrastructures et des molécules, commencent à atteindre le niveau cellulaire."*

Quant au concept de sécrétion interne, antérieur historiquement à celui de milieu intérieur, il semble bien que ce soit en seconde avec la communication hormonale qu'on aborde le problème d'un produit déversé dans le sang par une glande et agissant sur un autre organe. Les nouveaux programmes précisent comme objectif à atteindre : *"Dans un organisme, des populations cellulaires différentes peuvent communiquer entre elles par des messages hormonaux."* Le concept de milieu intérieur n'est au programme que de terminale.

La stratégie prévue par les programmes passe par la construction du concept de cellule, puis par celui de sécrétion interne et enfin par celui de milieu intérieur. Pour les élèves de sixième, on ne peut que rester au niveau de la communication entre organes par l'intermédiaire du sang, à travers des surfaces d'échanges.

4.1. Une situation-problème pour les élèves de sixième

Quelles sont les conditions de possibilité du franchissement de l'obstacle ?

- Les organes ont des **besoins** en oxygène et en nutriments d'une part et ont d'autre part des déchets à rejeter, ce qui rend indispensable la présence d'un système distributeur et collecteur.
- Les fournisseurs ne sont pas obligatoirement proches, il peut exister une **distance** entre le fournisseur et le demandeur.
- La présence d'un **liquide** entre tous les organes, liquide qui peut transporter des éléments.
- Le **passage possible à travers une paroi** nécessite de ne pas voir seulement une membrane comme une limite, un mur, mais aussi comme une frontière entre deux pays, frontière qui permet le passage à certains postes.

L'analogie avec une rivière, frontière entre deux pays, permet de penser le transport et la distribution d'objets véhiculés, à divers points de la berge, sur une certaine longueur. Chaque pays frontalier pouvant s'approvisionner au fleuve et pouvant y rejeter également ses déchets.

La présence de liquide interstitiel est liée à la présence de cellules, donc reporté à la classe de troisième.

Une situation-problème devra permettre de passer d'une vision mécaniste du corps, c'est-à-dire d'une conception

franchir l'obstacle
à quelles
conditions ?

“organe-pièce de moteur” et “tuyau-cable” à un organisme imprégné de liquide, dans lequel les organes puisent et rejettent.

L'élève connaît l'existence de différents organes : poumon, estomac, foie... et l'existence de liquide, le sang, dans les vaisseaux sanguins. Se pose le problème de les relier et d'envisager comment ils communiquent.

L'étude se fera à partir d'exemples concrets, qui posent une énigme à l'élève, énigme qu'il ne pourra pas résoudre avec les représentations dont il dispose, et qui l'amènera à émettre des hypothèses, qui pourront être confrontées entre elles, et confrontées à une observation ou à des résultats d'expériences.

Proposition de situation-problème :

une situation-
problème pour
les 6^e

1. *Un accidenté de la route a subi une prise de sang. Les résultats mettent en évidence la présence d'alcool dans le sang.*
2. *D'autre part, les analyses d'une personne diabétique révèlent la présence d'une quantité anormale de sucre dans le sang qu'on lui a prélevé.*
3. *Quelqu'un étant mort parce qu'il se chauffait à l'aide d'un poêle défectueux, dans une pièce non aérée, on procède à l'analyse de son sang et on y trouve la présence de monoxyde de carbone.*
Comment peux-tu expliquer la présence d'alcool, de sucre et de monoxyde de carbone dans le sang de ces différents individus ?

Au cours de la séance, en réponse aux hypothèses des élèves sur le mode de relation entre certains organes et les vaisseaux sanguins, l'apport d'autres informations pourra être fait, par l'observation d'une grande vascularisation des poumons, par exemple, de la proximité des vaisseaux sanguins et des organes, de la finesse des membranes, de la porosité d'une paroi...

CONCLUSION

L'obstacle à la construction du concept de milieu intérieur révélé par l'explication “tuyaux” est très répandu au collège, et se retrouve même chez des adultes. Il apparaît donc nécessaire de s'y attaquer dès la sixième. La méthode qui consiste à analyser la construction historique du concept concerné, les représentations de l'époque, l'obstacle franchi et la façon dont il a été franchi, est un moyen très riche, pour bien cerner le réseau d'obstacles présents, et aider à envisager la construction verticale du concept.

Pour ce qui concerne la construction de la notion de surfaces d'échanges, en sixième, les situations d'aujourd'hui et d'autrefois différent et ne permettent pas d'essayer de faire franchir l'obstacle aux élèves de sixième, de la même façon qu'au XIX^e siècle les scientifiques ont pu le faire.

Marie SAUVAGEOT-SKIBINE
IUFM et MAFPEN, Dijon
Équipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J P., PETERFALVI B., "Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales", in : *"Modèles pédagogiques 1"*, Aster, 16. 1993.
- AUDIGIER F., FILLON P., *"Enseigner l'histoire des sciences et des techniques"*. Paris. INRP. 1991.
- BAZAN M., *La construction du concept de respiration chez les élèves de premier cycle de l'enseignement secondaire*. Thèse de 3ème cycle. Université Paris VII. 1984.
- BERNARD C., *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris. Garnier-Flammarion. 1865.
- BERNARD C., *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*. Paris. 1866.
- BERNARD C. *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris. 1878.
- CANGUILHEM G., *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris . Vrin. 1968. 2ème éd. 1983.
- CANGUILHEM G., *La connaissance de la vie*. Paris. Vrin. 1985.
- CLÉMENT P., "Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion", in : *"Respirer, digérer, assimilent-ils ?"*, Aster, 13. 1991.
- GIORDAN A., *Histoire de la biologie*. Tome 2. Technique et documentation. Paris. Lavoisier. 1987.
- GIORDAN A. et DE VECCHI G. *Les origines du savoir*. Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1987.
- GOHAU G., *Biologie et biologistes*. Paris. Magnard. 1978.

SAUVAGEOT-SKIBINE M., *Obstacles et conditions de possibilité à la construction du concept de respiration pulmonaire chez l'homme, en classe de sixième*. Mémoire de DEA. Université Paris 7. 1988.

SAUVAGEOT-SKIBINE M., *Problèmes posés par l'enseignement des concepts d'alimentation et de nutrition au collège. Obstacles à la construction du concept de digestion au collège*. Thèse de doctorat. Université Paris 7. 1991.

VANDER A. J., SHERMAN J. H., LUCIANO D. S., GONTIER J. R., *Physiologie humaine*. Mc Graw-Hill, Editeurs. 1989.