

SORTIR DE LA LOGIQUE DE VAN HELMONT

Pierre Campestrini

*L'expérience de Van Helmont souvent présentée en classe, est ici le sujet d'un exercice proposé à des élèves de Seconde : son objectif central est de faire discuter la conclusion de l'expérimentateur : "cent-soixante-neuf livres de bois, écorce et racines avaient donc été produites à partir de l'eau seule."
L'analyse détaillée des réponses des élèves confrontés à cette conclusion paradoxale, révèle une dialectique de la "qualité" et de la "quantité" : la "qualité" qui est ici la "matérialité", semble fonder plus souvent le raisonnement que la "quantité".*

la conclusion de Van Helmont, un paradoxe pour les élèves...

L'expérience de Van Helmont (1) offre aux élèves de classe de Seconde une conclusion difficilement acceptable et tout aussi difficile à dépasser : paradoxe qui marque un conflit cognitif.

L'étude suivante, initiée par la lecture d'un travail de Guy Rumelhard *"Quelques représentations à propos de la photosynthèse"* (2) propose une analyse de stratégies suivies par des élèves afin de dénoncer ce paradoxe. Ces démarches révèlent une dialectique de la "quantité" et de la "qualité" (ici la qualité est la "matérialité", dans le sens où la terre des alchimistes est l'essence des matières solides) ; dans cette dialectique, la "matérialité" écrase de tout son poids primordial la "quantité" dont Piaget a montré la genèse tardive et progressive chez l'enfant.

1. CONTEXTE DE L'ENQUÊTE

... sujet d'un exercice pour introduire la nécessité du dioxyde de carbone...

L'exercice analysé ici est proposé après l'étude de "la production primaire dans deux milieux, naturel et cultivé", au cours de l'étude des "conditions de la production primaire" : les facteurs thermiques, lumineux, l'alimentation hydrique et minérale ont déjà été détaillés. L'exercice est utilisé afin d'introduire la nécessité d'un facteur minéral impalpable, le dioxyde de carbone.

Cet exercice n'est donc pas un test ou une évaluation ; il est utilisé du fait de l'impossibilité qu'ont les élèves de le résoudre avec leurs catégories afin d'en souligner les limites, afin de les dépasser ensuite.

(1) La traduction française et d'époque du texte original de Van Helmont est donnée en annexe à la fin de cet article.

(2) *ASTER, 1, "Apprendre les sciences"*. 1985. p. 37-66.

... posé à quatre-vingt-neuf élèves de Seconde

Ce travail fut soumis à la réflexion de quatre-vingt-neuf élèves de trois classes de Seconde, disposant d'un horaire complet d'enseignement de la biologie, enseignement effectué par le même professeur et respectant la même progression. Si l'évaluation globale du niveau d'une classe a un sens, ces trois classes étaient "réputées" être l'une de niveau moyen, les deux autres de niveau faible.

Le texte proposé aux élèves est issu du livre *"Biologie, classe de Seconde"*, collection Tavernier, Bordas, 1987, p. 109. Ce texte a été modifié par l'ajout de la première question dont la fonction est d'inciter les élèves à une lecture attentive de l'expérience.

Texte de l'exercice

L'EXPÉRIENCE DE VAN HELMONT

Au début du 17^e siècle, J.-B. Van Helmont relate une de ses expériences de la façon suivante

"J'avais pris un pot de terre cuite. J'y avais placé 200 livres de terre, séchée dans un four, arrosée d'eau ensuite, et j'y avais planté une bouture de saule pesant 5 livres.

Cinq ans après, l'arbre qu'elle était devenue pesait 169 livres et 3 onces. Mais le pot n'était constamment humidifié que par la pluie ou, quand c'était nécessaire, par de l'eau distillée...

Je n'ai pas relevé le poids des feuilles tombées lors des quatre automnes. Finalement, je séchai à nouveau la terre du pot, je trouvai qu'elle pesait 200 livres moins 2 onces : 169 livres de bois, écorce et racines, avaient donc été produites à partir de l'eau seule."

- 1°- *Vous voulez refaire cette expérience, dressez la liste des actes (= protocole) que vous devrez réaliser.*
- 2°- *Quelle(s) hypothèse(s), Van Helmont cherchait-il à tester par cette expérience ?*
- 3°- *Discuter l'affirmation exprimée dans la dernière phrase du texte de Van Helmont.*

Il est précisé aux élèves qu'une livre contient 16 onces et pèse entre 380 et 552 grammes selon les régions (données fournies par le dictionnaire Littré), (la livre parisienne au 17^{ème} siècle devait peser 489,5 g.). La valeur d'une once est donc comprise entre 23,75 g. et 34,5 g. (30,6 g. à Paris).

2. LES RÉPONSES DES ÉLÈVES

Comme la question essentielle de cet exercice, (*"Discutez l'affirmation exprimée dans la dernière phrase du texte"*) est une question "ouverte", l'analyse des réponses demande une part d'interprétation.

un tableau-bilan
axé sur les
attitudes...

Après lecture des réponses des élèves, une typologie des attitudes adoptées vis-à-vis de la conclusion de Van Helmont fut établie : "acceptation", "interrogation", "refus", sont les trois pôles de cette classification et apparaissent donc dans les titres des colonnes du tableau suivant (page 92).

Les justifications de ces attitudes, listées et classées, constituent le deuxième axe du tableau où est reporté le nombre de réponses de chaque type.

...et sur leurs
justifications

Si les élèves n'adoptent qu'une seule "attitude" (non réponse, acceptation, doute, refus), ils peuvent fournir plusieurs "justifications", parfois contradictoires. Ainsi le tableau contient-il 104 couples "attitude - justification" pour 89 élèves interrogés.

Le tableau est suivi d'exemples de réponses d'élèves illustrant les types de justifications retenues.

2.1. Treize élèves n'ont pas répondu à la question ou ont avoué leur incapacité

"Je ne pense rien."

"Je ne comprends pas ce qu'il y a à discuter dans cette affirmation."

Incidemment on ne sera pas étonné de constater que les deux classes les plus faibles fournissent dix des treize "non réponses" et que les deux redoublants n'ayant pas répondu appartiennent à la classe de niveau moyen.

2.2. Neuf élèves acceptent la conclusion de Van Helmont

"Comme la terre qui était sèche pesait 200 livres et la terre que l'on pèse à la fin fait 200 livres moins 2 onces et que la terre a été arrosée chaque jour il faut bien que l'eau ait été quelque part. De plus l'arbre qui pesait 5 livres au départ pèse maintenant 169 livres et 3 onces donc je pense que l'eau a bien produit le bois."

Dépassant ce constat, le savoir scolaire est même utilisé pour renforcer la conclusion :

"Parce qu'en utilisant de l'eau distillée ou de l'eau de pluie il utilise de l'eau vraiment pure, c'est-à-dire sans et vraiment sans minéraux. Malgré cette eau, l'arbre a quand même poussé. Donc, c'est une preuve de ce qu'il affirme."

Tableau - Bilan de l'analyse des réponses

Attitudes Justification	non réponse	acceptation	doute	refus	nombre de "citations"	pourcen- tage du total des citations
aucune justification	13 dont 2 redoublants	2	2		17	16,3 %
eau survalorisée eau nourrissante		4	1		5	4,8 %
eau porteuse de sels minéraux		2		13	<u>15</u>	14,4 %
nécessité de la terre ou des sels minéraux			8	13	<u>21</u>	20,1 %
nécessité de la lumière (et de la chaleur)			1	9	10	9,6 %
le bois produit provient de la bouture				1	1	0,9 %
autres facteurs non précisés				4	4	3,8 %
le bois n'est pas de l'eau un liquide ne peut don- ner un solide				2	2	1,9 %
l'eau n'est pas un aliment				1	1	0,9 %
recyclage, des sels minéraux des feuilles mortes				7	<u>7</u>	6,7 %
apport de sels minéraux par le vent ou les ani- maux				1	<u>1</u>	0,9 %
"température, lumière, et sels minéraux"				15	15	14,4 %
tout est relatif				1	1	0,9 %
photosynthèse				4 dont 3 redoublants	4	3,8 %
nombre d'élèves =	13	8	12	56	Total = 104 = 89	Total = 99,4 %
Pourcentage du total des élèves	14,6 %	9 %	13,5 %	62,9 %	Total = 100 %	

Les chiffres soulignés correspondent aux citations impliquant la terre ou les sels minéraux, soit un total de 44 citations. J'ai écarté de ce décompte les 15 citations "lumière, température, sels minéraux", où le rôle des sels minéraux n'est jamais clarifié ; ces citations sont des récitations inertes !

L'eau n'est-elle pas un corps survalorisé ?

"On constate que plus de la moitié du poids de l'arbre a été produite qu'à partir de l'eau seule. L'eau a donc une action primordiale sur l'arbre."

"V.H. dit que l'eau produit l'arbre car l'arbre a besoin d'eau."

"Discutez l'affirmation. C'est que sans eau, pas d'arbre, pas de vie végétale."

... survalorisation justifiant le rejet du savoir scolaire déjà acquis :

"Il a donc voulu nous montrer que les autres facteurs (sels minéraux, lumière...) n'étaient pas indispensables."

Pour trois élèves, l'eau est nourrissante

- soit par elle-même :

"Peut-être que selon Van Helmont l'eau est-elle plus nourrissante que la terre ?"

- soit par les sels minéraux, qu'elle contient (!) :

"Les apports de l'eau seule suffisent à la production de l'arbre car elle contient les éléments nécessaires à sa survie eau ⇒ sels minéraux."

"Le bois, écorce et racines ont été produits à partir de l'eau car la pluie nourrit la plante car elle contient des sels minéraux."

Cette explication de l'in vraisemblable conclusion sera, nous le verrons, également utilisée par un bon nombre de partisans du refus, au mépris du savoir scolaire, ce qui nécessitera une interprétation.

2.3. Dix élèves, dans des formulations souvent proches des précédentes expriment leur étonnement, leur doute, sans pour autant oser le refus

"Cela peut être possible bien que étonnant."

• **Mais cet étonnement, ce doute a une même origine pour huit de ces dix élèves : la terre.**

Ces élèves expriment leur doute selon trois procédés différents (la paraphrase, la question, le "oui, mais...") mais en invoquant toujours la terre.

- **La paraphrase :**

"La terre séchée avec les racines pèse moins que la terre du début."

"L'arbre a besoin de la terre, pour y grandir mais il n'en prend pas."

- **La question :**

"La question primordiale est donc l'arbre peut-il grandir sans terre ?"

L'élève peut même attribuer sa question à Van Helmont :

"V. Helmont se demande comment rien qu'avec de l'eau, cet arbre a pu produire le bois aussi important."

– **Le "oui, mais..." :**

Si l'argument peut avoir une apparence logique :

"Je suis d'accord avec l'affirmation de Van Helmont car la plante a besoin de nourriture pour croître. Mais comme la masse de la terre a diminué un peu nous pouvons penser que l'arbre a puisé un, petit peu dans la terre donc il n'aurait tout de même pas tout puisé dans l'eau distillée."

... il repose en fait sur une survalorisation de la terre :

"Finalement la matière végétale est produite à partir de l'eau servie mais aussi de la terre, les deux sont indissociables."

"L'expérience prouve que le bois n'est produit que par de l'eau mais cela paraît invraisemblable. On aurait plutôt cru que c'était la terre aidée de l'eau qui l'aurait produite."

... survalorisation de la terre ou des "sels minéraux", c'est tout un !

"C'est vrai mais l'apport de sels minéraux est important."

• **Un seul élève, marquant son doute par une question, n'invoque pas la terre mais la lumière.**

"L'arbre n'a poussé qu'avec de l'eau, et non de la lumière. L'arbre a-t-il été exposé à la lumière ?"

Ce n'est pas l'introduction de la photosynthèse dans le raisonnement, mais, comme le montreront les justifications des refus, la récitation, ici très partielle, des conclusions d'un cours précédent.

2.4. Cinquante-six élèves refusent explicitement les conclusions de Van Helmont

Leurs justifications se révèlent plus variées que celles des élèves dociles, plus variées mais relevant de démarches de pensées très proches, le plus souvent, et de ce fait tout aussi indifférentes aux données, au "bon sens" ou à la signification du "savoir scolaire" qu'ils sont pour la plupart capables de réciter.

• **Pour une élève la matière de l'arbre provient de la bouture :**

"Cette affirmation veut peut-être dire que la bouture a poussé avec très peu d'eau. Il s'est trompé en disant que c'était à partir de l'eau seule. À mon avis c'est à partir de la bouture que 169 livres de bois, écorce et racines ont été produites et peut-être avec très peu d'eau."

La croissance par soi-même !

Ne pas rire, car c'est une vision qui réapparaîtra dans la suite de ce travail.

- **Quatre élèves refusent la conclusion mais en expliquant la croissance par l'évocation de facteur indéterminés :**

"Van Helmont conclut que la plus grande partie de l'arbre est produite à partir de l'eau. L'eau est importante pour le saule mais pas déterminante. D'autres facteurs permettent au saule de pousser."

Deux de ces quatre élèves complètent leur justification du refus par des arguments de "bon sens" :

– l'eau n'est pas nourrissante, d'abord :

"Les livres de bois, l'écorce et les racines ne peuvent pas avoir été produites que par l'eau seule. L'arbre lui-même ne produit pas d'eau. L'eau n'est pas un aliment elle a besoin d'autres apports pour se développer."

– Le bois n'est pas de l'eau, ensuite :

"Selon Van Helmont, l'eau seule serait capable de produire du bois, l'écorce et racines. Le bois est donc de l'eau, ce qui n'est pas vrai. Il doit exister un autre."

- **L'imprécision laissée par ces quatre élèves va être levée par la majorité des refuseurs.** L'évidence ci-dessus (l'eau n'est pas du bois et inversement), la disparition de deux onces invitent les élèves à l'**invocation de la terre (ou des sels minéraux**, ce qui est équivalent pour eux, les sels minéraux étant une terre invisible).

"Van Helmont ne s'est pas demandé si d'autres facteurs (cités ci-dessus) auraient pu intervenir. Il ne s'est pas posé la question comme quoi l'eau ne pouvait se transformer en une matière solide : l'arbre. Les moins 2 onces : que sont-ils devenus ? Le pot en terre cuite avait-il un trou au fond ou non ?"

Treize élèves vont ainsi expliquer la croissance.

Si six d'entre eux complètent leur remarque "quantitative" ainsi :

"La dernière phrase prouve que l'arbre a besoin quand même de la terre. Car il manque un peu de terre. Donc, l'arbre a dû prendre les sels minéraux de la terre que l'arbre ne trouve pas dans l'eau de pluie, ni dans l'eau distillée."

l'un s'interroge :

"Y a-t-il des sels minéraux dans l'eau de pluie ?"

mais un dernier affirme que l'eau apporte des sels minéraux :

"Van Helmont affirme que l'arbre se serait nourri uniquement de l'eau et des sels minéraux qu'elle contient. Ce qui est vrai en partie seulement car la terre, au début de l'expérience, pesait 200 livres et à la fin, elle pèse 200 livres moins 2 onces. Que sont devenues les 2 onces ?

Elles ont été absorbées par l'arbre. L'arbre s'est nourri des sels minéraux de la terre aussi (les 2 onces)."

- Comme ce dernier, **douze élèves expliquent**, mais conjointement à d'autres types de justifications, **la croissance du saule par l'apport de sels minéraux par l'eau.**

La plupart de ces douze élèves n'envisagent un apport d'éléments minéraux **que par l'eau de pluie** (ce qui est, d'ailleurs, chimiquement possible mais qualitativement et quantitativement insuffisant) :

"On peut croire à cette expérience car l'eau a des sels minéraux nécessaires à la croissance qui sont retenus dans la terre. Mais le problème est que dans l'eau distillée, il n'y a pas de sels minéraux."

Par contre deux élèves sont plus imprécis et ne distinguent pas eau de pluie et eau distillée :

"L'eau n'est pas du bois mais l'eau peut contenir des sels minéraux et elle aide au développement de la plante."

Deux élèves affirment même, au mépris du cours de chimie :

"Van Helmont dit que le saule n'a besoin que d'eau pour pousser. Mais dans l'eau qui lui est apportée par la pluie et par l'eau distillée, il y a aussi des sels minéraux."

"L'eau de pluie n'est pas de l'eau pure, donc l'eau n'est pas la seule source de production. Seule l'eau distillée est à peu près convenable."

Qu'est-ce que "l'eau pure" ?

Enfin le dernier de ces douze élèves transmute la matière :

"L'eau absorbée par la terre a produit des sels minéraux en plus de ceux de la terre."

- **Un autre argument est avancé, qui met aussi en jeu les sels minéraux : le recyclage des feuilles de l'arbre.**

Sept élèves évoquent cette possibilité, comme cet élève-ci :

"Je ne suis pas d'accord avec Van Helmont quand il dit que "169 livres de bois, écorce et racines, avaient donc été produites à partir de l'eau seule" car l'arbre a besoin aussi de sels minéraux qui se trouvent dans la terre. Ce qui explique que la terre ait le même poids au début de l'expérience qu'à la fin, c'est que les feuilles tombées lors des automnes ont restitué la majorité des sels minéraux pris par l'arbre durant l'année. De plus, l'eau de pluie contient des sels minéraux. Si bien que le reste de sels minéraux manquant pour que la terre se "renouvelle" entièrement est comblé par les sels minéraux contenus par l'eau de pluie."

Un seul élève évoque **les apports éventuels par les animaux ou le vent** :

"Les animaux ont peut-être pu intervenir sur cette expérience (si le pot était dehors). Certains animaux peuvent en détruire certains autres, nuisibles à l'arbre. Les déchets d'animaux peuvent peut-être constituer un engrais pour l'arbre. Le vent a pu déposer des choses dans le pot."

- **Par contre quinze élèves récitent fidèlement le cours déjà appris, sans tenir compte des données de l'exercice.**

"J'en conclus donc que Van Helmont s'est trompé en affirmant que seule l'eau suffisait à l'arbre et en ignorant ces autres facteurs qui sont la chaleur, la lumière et les sels minéraux qui sont indispensables à la survie des végétaux."

L'argumentation est absente de leur justification de refus, refus qui semble dû plus à leur "bon sens" (le bois n'est pas de l'eau) qu'à une réflexion sur l'adéquation des facteurs cités.

D'ailleurs, **neuf élèves ne citent que la lumière** (et parfois la température) comme adjuvant de l'eau dans la croissance du saule :

"Pour Van Helmont l'eau est un élément indispensable à une plante. Si la plante n'a pas d'eau elle ne peut pas se développer. Il n'y a pas que l'eau seule qui a produit la plante mais aussi de la lumière puisqu'elle se trouvait dehors."

"Comment l'eau seule, a-t-elle pu produire du bois, des écorces et racines ? N'y a-t-il pas d'autre phénomène, comme le soleil, la température ?"

L'"oubli" des sels minéraux dans ces citations est tout à fait étonnant ; l'un des neuf élèves le souligne d'ailleurs :

"Je ne suis pas d'accord, car il y a eu automatiquement le facteur de la lumière puisque la bouture se trouvait à l'extérieur."

Il y a eu aussi le facteur température car s'il avait gelé la bouture serait morte, et n'aurait pu se développer. On arrive à la conclusion que seuls les sels minéraux ne sont pas intervenus dans cette expérience."

En effet **la lumière n'est-elle pas l'immatériel même**, contrairement aux sels minéraux ?

L'un des élèves, déjà cité, conclut sa justification de refus ainsi :

"De plus une expérience n'est jamais parfaite, tout est relatif. Toutes les mesures sont imprécises."

Seul à l'écrire, était-il le seul à le penser ?

- Enfin j'ai mis à part **quatre élèves** (dont trois sont des redoublants) qui **justifient leur refus par la "photosynthèse"**. Mais que recouvre ce mot pour ces élèves ?

- Pour le premier redoublant :

"Van Helmont n'a pas entièrement tort mais il cite un facteur parmi 4 qui sont essentiels. Sachant que le saule est un végétal chlorophyllien, il a besoin de lumière, d'eau, température et sels minéraux. Donc le saule, même dans des conditions artificielles, a besoin de lumière qu'il ne cite pas dans son expérience car la plante ne pourrait pas faire sa photosynthèse donc produire sa matière organique à partir des minéraux puisés dans le sol et dans l'eau donc il ne pourrait pas croître."

La production de matière attachée à la photosynthèse n'est due qu'à la matérialité des sels minéraux dont l'eau n'est que le vecteur. Pour lui, l'eau n'est pas investie d'une matérialité suffisante pour participer à la constitution d'un solide.

– Pour le deuxième redoublant :

"Ceci me semble impossible car les plantes en général ont besoin de la lumière, plus les ions minéraux pour produire de la matière vivante par photosynthèse, et de plus il faut qu'il y ait des échanges gazeux."

L'eau est oubliée, les gaz ne sont évoqués que par ajout ; leur rôle dans la constitution de la matière solide n'est pas imaginable. Ici encore la matérialité repose sur les ions minéraux.

– Le troisième redoublant cite les gaz mais ne les fait pas participer à la constitution de la matière organique :

"La lumière agit par photosynthèse, c'est-à-dire que la lumière est captée par les feuilles ainsi que le CO₂, l'O₂... La lumière est ensuite répartie dans toute la plante. La plante se nourrit donc par elle-même (par photosynthèse). La plante capte les sels minéraux du sol, et non pas la terre. Les sels minéraux du sol et de la lumière se transforment ensuite en sève brute et alimentent la plante de haut en bas."

– Pour finir, voici ce qu'écrit l'élève non redoublant :

"Je pense que sa dernière affirmation est fausse : le fait que la terre pèse 2 onces de moins qu'au début de son expérience, me fait penser que l'arbre a retiré quelque chose de la terre ; s'il ne s'était nourri que d'eau, il n'y aurait aucune raison qu'il manque de la terre. De plus si l'on prend l'exemple des cactus dans le désert, on se rend bien compte qu'il ne faut pas forcément d'eau."

La plante s'est nourrie par elle-même. C'est le phénomène appelé photosynthèse."

Puisque la terre a fourni peu de matière, puisque l'eau n'est pas indispensable (ce qui va dans la même direction que le "bon sens" : le bois n'est pas de l'eau) le mot "photosynthèse" offre une sortie commode : la croissance par soi-même ! La génération spontanée de matière.

3. ESSAI D'INTERPRÉTATION

La sériation des réponses des élèves à la seule troisième question (*Discutez l'affirmation...*) ne permet pas la prise en compte de la logique interne de chaque copie : des informations potentielles sont perdues et, plus grave, des distorsions de la pensée des élèves risquent d'être créées.

Mais cette sériation révèle des courants profonds qui animent la pensée des élèves ; ainsi les sels minéraux et la terre sont-ils invoqués dans 44 des 104 citations, soit 42 %.

les sels minéraux
et la terre sont les
plus invoqués

contre seulement 10 % pour l'eau, 9,6 % pour la lumière et 3,8 % pour la photosynthèse. Quelles significations donner à ces chiffres ?

Quand on aborde le **problème des attitudes**, les motivations des "non réponses" échappent, par le silence, à toute interprétation, sans le secours d'entretiens individuels avec ces élèves.

soumission à
l'autorité, révélée
chez trop
d'élèves

Les formes des réponses des élèves acceptant la conclusion invraisemblable de Van Helmont révèlent une soumission à l'autorité, un désinvestissement de la pensée critique et autonome. Il en est de même, mais à un degré moins marqué, des élèves exprimant seulement leur doute. Ces deux catégories d'élèves constituent 22,4 % de l'effectif testé, ce qui est considérable. Cependant j'écarterai de mon analyse ultérieure ces problèmes d'attitude de soumission qui sortent du champ étudié ici.

Par contre **l'exploration des mécanismes de justification** des refus, mais aussi des acceptations et des doutes, où l'inconscient intervient aussi, relève de ce champ.

quand on
décortique
comment se sont
élaborées les
justifications

Le moteur des justifications est, me semble-t-il, et pour reprendre un terme piagétien, la "**coordination**" de la **quantité et de la qualité**. En effet, contrairement à la conclusion de Guy Rumelhard (*Aster n° 1*, p. 46) – "*L'absence de comparaison quantitative empêche ici de poser le problème de l'apport massique*" – le quantitatif n'est pas absent de la pensée des élèves, bien qu'il ne soit pas manipulé avec rigueur !

"*Imaginer une qualité*, nous dit Gaston Bachelard, *c'est lui donner une valeur qui dépasse ou contredit la valeur sensible*" (3).

La qualité est ici la "matérialité" comme le souligne bien cette élève "*il ne s'est pas posé la question comme quoi l'eau ne pouvait se transformer en une matière solide*".

l'eau ne peut
donner un corps
solide...

Dans l'imaginaire des élèves il semble donc que l'eau, limpide, fluide, sans forme propre ne puisse donner un corps solide, opaque, de forme définie. La glace, eau figée, eau ralentie, n'a probablement pas les attributs imaginaires de la matérialité puisque cette élève en oublie cette forme effectivement solidifiée de l'eau.

"*La pierre [précieuse] immobilise un horoscope*".

Par cette phrase lapidaire Gaston Bachelard stigmatise l'imaginaire céleste, l'étoile-lumière et le temps, investis dans le cristal (4). Comme Mallarmé fusionne pierre, ciel, immobilité et fluidité : "*Quelle pierrerie, le ciel fluide*" (5). L'eau ne touche à la matérialité que dans la pierre précieuse imaginaire, le cristal.

(3) BACHELARD G. *La terre et les rêveries du repos*. Paris. J. Corti. 1947. p. 82-83.

(4) BACHELARD G. *La terre et les rêveries de la volonté*. Paris. J. Corti. 1947. p. 302.

(5) *id.* p. 291.

L'eau liquide, comme la glace, est sans intériorité, sans structure. De là, sans doute, provient la fascination exercée par les agates et pâtes de verre qui révèlent des mouvements et des structures figées, autrement invisibles et inimaginables.

... donc ne peut être à l'origine du bois

Cette solidité, cette matérialité, si présente dans le bois, doit trouver un support, un véhicule avant le bois. Ce sera la terre, ou les sels minéraux, essences de solidité invisible et opaque.

L'eau ne peut être ce véhicule imaginaire de la matérialité : "l'eau n'est pas un aliment" affirme un élève pour justifier son refus. Est-ce pour dire qu'un aliment ne peut être que solide ? L'alimentation parentérale ou par perfusion doit, de ce point de vue, générer quelques frustrations ! Quand un élève évoque "l'eau plus nourrissante que la terre" c'est sous forme interrogative.

eau plus maternelle que matérielle

Le cas des quatre élèves pour qui "il n'y a pas de vie végétale sans eau" doit être relié à leur attitude, d'acceptation/soumission : l'eau ici est probablement plus maternelle que matérielle.

Dans l'imaginaire et le raisonnement des élèves **matérialité et quantité doivent donc se conjuguer.**

• **À un pôle, la qualité seule fonde le raisonnement, au détriment de la quantité.**

la terre est tellement plus matérielle que l'eau, peu importe les quantités

Comme l'exprime cet élève "L'arbre a besoin quand même de la terre, car il manque un peu de terre. Donc l'arbre a dû prendre les sels minéraux de la terre que l'arbre ne trouve pas dans l'eau de pluie ni dans l'eau distillée", la prise en compte de la quantité (2 onces de terre disparues) s'efface devant la matérialité de cette terre, de ces sels minéraux, occultant le fait que si seules ces deux onces ont été puisées, elles seront diluées dans 160 livres d'eau pour constituer le bois !

• **À l'autre pôle, moins fréquemment exprimé, la quantité, la permanence de la quantité plutôt, évince de l'explication, la nécessité de la permanence de la matérialité : "il faut bien que l'eau ait été quelque part".**

Mais pour le plus grand nombre, la nécessaire coordination de la permanence de la quantité et de la qualité introduit **les autres formes d'explication** qui suivent.

les sels minéraux véhiculés de matérialité

• **Le recyclage des sels minéraux des feuilles mortes**, bel exemple de raisonnement quantitatif biaisé par l'oubli (!) des sels minéraux, censés constituer le bois : les "sels minéraux" n'interviendraient-ils pas plus comme véhicules de matérialité que comme particules s'agglomérant en un tout solide ?

• **L'apport de sels minéraux par l'eau de pluie** (ce qui est, je le répète, chimiquement possible mais quantitativement improbable) voire par l'eau distillée. Il faut redonner à

l'eau, même au mépris du cours de chimie, la matérialité ici nécessaire.

- **L'apport de matière par le vent ou les animaux.**
- **La "photosynthèse"** dont l'effet productif est en fait attribué, par trois élèves sur quatre citant le mot, aux sels minéraux.

l'invocation du rôle de l'eau n'est qu'une récitation

L'intervention de la lumière dans ce débat est manifestement le fruit d'une récitation, la lumière étant citée dans un paquet "lumière, température, sels minéraux", ou "lumière, chaleur", l'oubli des sels minéraux dans ce dernier paquet est d'ailleurs problématique? Un élève souligne clairement ce paradoxe :

"... Il y a eu le facteur lumière... il y a eu aussi le facteur température... On arrive à la conclusion que seuls les sels minéraux ne sont pas intervenus dans cette expérience." Étonnement ! En effet la lumière ne serait-elle pas l'immatérialité même, la simple conscience du monde ?

Enfin la **non-coordination absolue** est latente et se traduit par la **croissance par soi-même** : *"c'est à partir de la bouture que 169 livres de bois ont été produites", "la plante s'est nourrie par elle-même, c'est le phénomène appelé photosynthèse", "l'eau absorbée par la terre a produit des sels minéraux en plus de ceux de la terre"*.

génération spontanée de la matière !

L'imagination fertile génère ex nihilo les quantités manquantes dans le respect des qualités.

Devant ce vertige un élève prolix conclut *"tout est relatif"*, comprendre *"tout est possible"* !

pas de réinvestissement des connaissances de chimie ni de biologie

Pour conclure aucun élève n'utilise ses connaissances théoriques de chimie et de biologie ; la quasi totalité de ces élèves a "analysé" la matière organique par la chaleur une, deux ou trois fois déjà : le bois n'en demeure pas moins un mixte d'eau et de sels minéraux semble-t-il (à moins qu'il ne soit une essence matérielle sans composition !). Plus grave, ce même exercice donné en début d'année à des élèves de classe de Première scientifique restitue des résultats voisins.

Comment sur un tel terreau aborder une biologie moléculaire ?

Peut-être en méditant la proposition de Gaston Bachelard : *"Au lieu de chercher la qualité dans le tout de l'objet, comme le signe profond de la substance, il faudra la chercher dans l'adhésion totale du sujet qui s'engage à fond dans ce qu'il imagine"* (6).

Pierre CAMPESTRINI
Lycée de Roissy-en-Brie

(6) BACHELARD G. *La terre et les rêveries du repos*. Paris. J. Corti. 1947. p. 81.

ANNEXE

L'EXPÉRIENCE DU SAULE DE JEAN-BAPTISTE VAN HELMONT

Cette expérience étant souvent citée et donnée à commenter, il nous a semblé utile de reproduire un fragment significatif du texte original dans sa traduction française. Jean-Baptiste Van Helmont (1577-1644) est Bruxellois et, de son état, docteur en médecine. Sa conception de "la science" est bien évidemment très éloignée de la nôtre, mais également de celle des alchimistes de l'école de Paracelse. Il s'attaque ici à la théorie des quatre éléments admise depuis Aristote. L'eau, l'air, la terre, le feu sont ces quatre constituants élémentaires, mais pour Van Helmont le feu n'est ni un élément, ni une substance. Il part également en guerre contre l'élément terre.

Extraits du chapitre 15, première partie des "Œuvres de Jean-Baptiste Van Helmont traitant des principes de médecine et physique, pour la guérison assurée des maladies" (1670)

"Le charbon qui se fait par une colliquatio de soufre et de sel qui agissent ensemble en brûlant et généralement, tous les corps qui immédiatement ne s'en vont pas promptement en eau jettent un certain esprit sauvage, nommé Gas. Par exemple soixante deux livres de charbons consumés ne laissent guere plus d'une livre de cendres. Donc les soixante livres de surplus ne seront qu'esprit. Cet esprit ou ce gas ne peut pas être détenu dans des vaisseaux ni être réduit en corps visible que la vertu séminale ne soit préalablement éteinte. Les corps le contiennent et souvent s'en vont tout en cet esprit. Ce n'est pas pour autant qu'il soit actuellement en eux (car il ne pourroit pas être détenu, et tout l'assemblage du corps se dissiperait avec lui) mais c'est un esprit coagulé corporellement, qui est excité par une acquisition de serment, comme voit au pain, vin hydromel pomé, cidre, ... ou par quelque addition étrangère comme par le sel ammoniac avec l'eau forte, ou par quelque disposition altérative, comme on voit aux pommes qui cuisent au feu. Les raisins entiers se seichent et se conservent mais si tôt que la pelure des grains se rompt et se déchire, ils conçoivent d'abord le ferment d'ébullition qui est un principe de transmutation. Les jus de raisins, de pommes d'hydromel, les feuilles et les fleurs contuses, commençant à bouillir tout aussitôt qu'elles ont pris le ferment, et, alors le gas, ou cet esprit sauvage s'excite. Et s'il est détenu par force dans les tonneaux il rend les vins furieux, violés, et nuisibles, qui souvent ne pouvant pas être dompté par la vertu digestive, il se joint à l'esprit vital, malgré qu'il en ait, et si par hasard, il se rencontre quelque excrément qui soit sur le point de s'évacuer par insensible transpiration, il le condense et le coagule par son acidité fermentale et le rend, fort incommode jusqu'à causer souvent des tranchées, diarrhées, et des dissenteries facheuses. Ce gas n'est pas l'esprit qui est au vin après qu'il est fait, mais c'est celui-là qui fait le furibond, quand le vin est en sa facture et en son ébullition, qui souvent suffoque ceux qui le respirent tout à coup. Ce qui devrait advertir les médecins de ne pas mépriser les parfums comme ils font, ni les remèdes, qui par leur odeur ne recréent pas seulement ceux qui sont tombés en syncope et défaillance, mais, aussi ils sont capables de guérir beaucoup de maladies à cause de leur prompt pénétration

car cet esprit pénètre, et emporte les odeurs plus avant que ne le font pas les liqueurs et les conservent plus longtemps.

Donc si tout mixte est réduit en eau pure pluviale, il est nécessaire aussi que ce gas qui part de plusieurs corps mêlés ensemble, soit matériellement de l'élément de l'eau et cette propriété séminale qui était demeurée en lui, meurt, et s'éteint avec le temps, par la rigueur du froid de l'air, puis retourne en eau simple et pluviale.

L'auteur a été confirmé que tous les végétales tiroient leur matière de l'eau par l'Alkaest et par cette mécanique. Il prit un grand vase de terre, auquel il mit 200 livres de terre déséchée au four qu'il humecta avec de l'eau de pluie. Puis y planta un tronc de saule, qui pesoit cinq livres. Cinq années après le saule qui étoit cru en la dite terre, fut arraché et se trouva pesant de 169 livres environ et environ 3 onces de plus. Le vaisseau qui étoit - fort ample, enfouice en terre, et couvert d'une lame de fer blanc étamé percé en forme de crible, de force petits trous afin qu'il n'y ait que l'eau de pluie ou de l'eau distillée seule (de laquelle la terre du vaisseau étoit arrosée lorsqu'il en faisoit besoin) qui y puisse découler. Les feuilles ne furent point pesées parce que c'étoit en automne que les feuilles tombent que l'arbre fut arraché. En après il fit derechef resèche la terre du vase et la terre ne se trouva diminué que d'environ 2 onces qui s'étoit pû perdre en vidant ou emplissant le vaisseau, donc il y avait 164 livres de bois, d'écorce et de racnes qui étoient venues de l'eau. Aussi si le charbon (qui provient entièrement de l'eau) est réduit en pierre, en quelques fontaines qui ont cette faculté la. Cela ne pourroit pas faire, si cette pierre n'étoit aussi matériellement de l'eau.

La suye, ou la vapeur fuligineuse est une partie du sel volatil du constitut qui (par mélange d'une portion de vapeur aqueuse) s'envole avec elle a été préservée de l'inflammation ; c'est aussi une partie de la graisse, qui par la célérité de son vol s'est exemptée de la combustion. Ainsi la liqueur acide du soufre tiré par la campagne, môtre qu'il y a une bonne partie du soufre qui monte en haut, qui n'a pas été touchée de la flamme, qui est séparée de la liqueur par rectification les soufres, ou graisses encore qu'elles soient plusieurs fois distillées à quel degré de feu que ce soit, demeurent toujours grasses, et retiennent toujours leur même nature tandis qu'elles jouissent de leur propriété séminale, mais si tôt que la flamme (qui est une mort artificielle) les a une fois atteint, et qu'elle y est empreinte elles s'envolent d'abord en gras qui retient encore quelques temps les conditions séminales du constitut puis s'éteignent en après en l'air et retourne finalement eau pluviale et insipide.

Les vapeurs fuligineuses de la flamme diffèrent par genres et espèces ; ce qui ne se feroit pas s'ils retournoient immédiatement à leur premier élément car le feu détruit simplement et n'engendre rien, car il n'a point de puissance séminale. Il sépare les choses qu'il ne peut détruire, ou il laisse les fixes qu'il ne peut pas pénétrer dans leur intégrité. Et le feu n'a pas le pouvoir de changer en air ce qui est matériellement de l'eau ; autrement il faudroit qu'il contienne en soy la semence de l'air. On pourroit icy nous opposer l'écriture qui dit de l'homme : "tu es terre et tu retournera en poussière" (terra es et in terrain oeu puverem revertaris). Mais on demandera aussi que si l'homme n'est que terre pourquoi dit - on qu'il est composé des quatre éléments ? Donc comme le bois n'est totalement que de l'eau, sa cendre, son sel, et le verre ne sera aussi que de l'eau. On peut prouver que les gas des sels n'est que de l'eau par cette mécanique. Qu'on prenne du vitriol, du salpêtre et de l'alun par égal portion, qu'on les laisse désécher séparément ; puis qu'on les distille ensemble ce qui en sort n'est que du pur sel volatil. Prenez de cette eau et joignez une once de sel ammoniac dans un fort vaisseau de verre si exactement fermé qu'il n'en puisse rien exaler ; d'abord le vaisseau

quel fort qu'il soit sautera, aussi bien au froid qu'à la chaleur ; que si on laisse une petite ouverture à la jointure du récipient, et qu'après (l'ébullition cessée) on distille le reste, on en tirera de l'eau qui tire sur l'aigre, qui finalement (par distillations répétées) est convertie en eau insipide, où on voit qu'une partie s'en va en gas, et l'autre en eau. Donc le gas des sels n'est matériellement que de l'eau puisque finalement il retourne en eau. Ce qui montre évidemment, qu'il est impossible aux écoles de connoître la nature, les causes, les différences, et les propriétés des corps ; ni la vraie philosophie sans l'exercice de la chimie.

Notre esprit vital est de la nature du gas susdit, ce qui se fait assez connoître en la palpitation hypothermie, G syncope, où on voit que cet esprit qui auparavant par une naturelle rougeur vivifioit toute l'économie, entraîne et emporte (par sa suite) l'embonpoint et la vivacité du visage. Et après cette défaillance, les esprits fixes des autres membres (qui comme des chandelles éteintes fument encor) sont rallumés par la chaleur solaire du cœur. C'est pourquoy cet esprit de vie est fort promptement affecté des gas, à cause de leur mutuelle et facile conjonction.