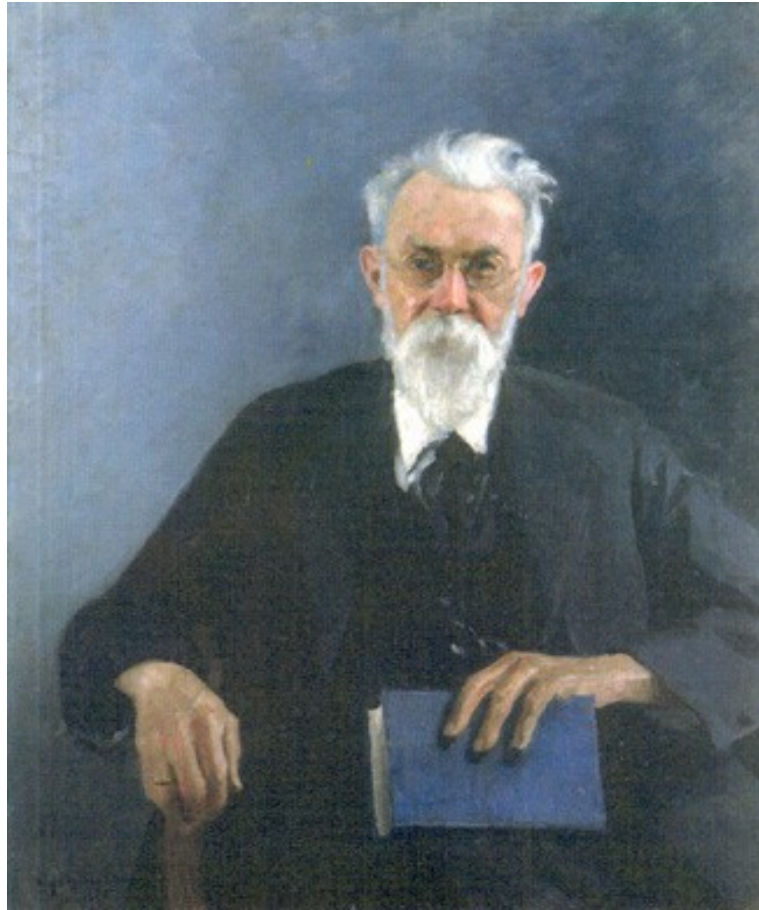


# Vladimir Vernadsky



L'autotrophie de  
l'humanité,

1925

## Présentation succincte de Vladimir Vernadski :

Vladimir Vernadski nait en 1863 en Russie à Saint-Pétersbourg, et meurt en 1945 à Moscou. Vladimir Vernadski est à l'origine de la géochimie. Il a également défini la notion de Biosphère, c'est-à-dire que la planète n'est pas un gros cailloux inerte mais une dynamique complexe d'interactions chimiques permettant à la vie de se développer.

Il est l'un des plus grands scientifiques, et est considéré comme étant le père de l'écologie. Avec le suédois Svante August Arrhenius, il fait partie des précurseurs des réflexions sur l'impact climatique sur la concentration de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère et plus généralement de l'impact des activités humaines sur la biosphère.

En effet, dans son ouvrage *La Géochimie* (1924), V. Vernadski déclare :

*« C'est un fait très important et très caractéristique de l'histoire du carbone, que la quantité de l'acide carbonique ainsi formée par l'humanité devient de plus en plus grande et est d'un ordre qui doit nécessairement être pris en considération dans son histoire géochimique [...] »*

*C'est déjà 0,05 % de toute la masse existante de l'acide carbonique de l'atmosphère. Une pareille oscillation, devient un phénomène tellurique d'une grande importance. L'homme civilisé déränge l'équilibre établi »*

Dans l'« *Autotrophie de l'Humanité* », V. Vernadski généralise ses découvertes sur la géochimie et la biosphère et tente de tirer les conséquences théoriques de ses analyses. La perspective dans la conclusion de ce texte forme une utopie permettant à l'Humanité d'aller vers une civilisation à la fois sophistiquée et en harmonie avec la biosphère.

Vladimir Vernadski, « L'autotrophie de l'humanité », *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 36, 1925

---

**1.** Il existe dans l'écorce terrestre une grande force géologique - peut être cosmique - dont l'action planétaire n'est, généralement pas prise en considération dans les concepts du Cosmos, concepts scientifiques ou basés sur la science.

Cette force ne semble pas être une manifestation ou une forme nouvelle spéciale de l'énergie, ni une expression pure et simple des énergies connues. Mais elle exerce une influence profonde et puissante sur le cours des phénomènes énergétiques de l'écorce terrestre et par conséquent doit avoir une répercussion, moindre mais indubitable, en dehors de l'écorce, dans l'existence de la planète elle-même. Cette force c'est l'entendement humain, la volonté dirigée et réglée de l'homme social.

Sa manifestation dans le milieu ambiant au cours des myriades de siècles est apparue comme une des expressions de l'ensemble des organismes - de la matière vivante (1) - dont l'humanité ne constitue qu'une partie.

Mais voilà plusieurs siècles que la société humaine se dégage de plus en plus par son action sur le milieu ambiant de la matière vivante. Cette société devient dans la biosphère, c'est-à-dire dans l'enveloppe supérieure de notre planète, un facteur unique, dont la puissance croît avec une grande accélération et change - à elle seule - d'une manière nouvelle avec une rapidité croissante le mécanisme des fondements mêmes de la biosphère.

Elle devient de plus en plus indépendante des autres formes de la Vie et évolue vers une nouvelle manifestation vitale.

**2.** Certes l'homme semble indissolublement lié à la matière vivante - à l'ensemble des organismes, qui existent ou ont existé avant lui.

Il est lié premièrement par sa genèse.

Aussi loin que nous nous enfonçons dans le passé, nous pouvons être sûrs d'y rencontrer des générations vivantes, lesquelles sont sans aucun doute génétiquement liées les unes aux autres.

Dans ce passé, nous retrouverons certainement plus de 10.000 générations successives, au moins - de père en fils - de l'Homo sapiens, qui de par leur essence ne se distinguaient de nous ni par le caractère, ni par l'extérieur, ni par l'élévation de

la pensée, ni par la force des sentiments, ni par l'intensité de la vie d'âme. Plus de 200 générations se sont déjà succédé depuis l'époque de la naissance dans la société humaine des grandes constructions de la religion, de la science, de la philosophie. Plusieurs centaines de générations nous séparent du temps où furent tracées les grandes ébauches de l'art, de la musique, des mythes. de la magie, qui donnèrent naissance à la religion, à la science, à la philosophie.

Mais les origines de l'homme doivent être cherchées dans des profondeurs du temps encore plus lointaines. Les ancêtres se perdent dans les ténèbres de l'inconnu. Leur forme, leur organisme étaient autres que les nôtres; – mais le fait essentiel - la suite des générations matériellement liées de père en fils - est resté intact. Nos liens avec ces êtres qui ne nous ressemblent pas sont les plus réels possibles. Leur existence passée n'est pas une fiction.

Aussi loin que notre pensée ou nos recherches scientifiques peuvent atteindre dans le passé géologique de la Terre, nous constatons le même phénomène de l'existence dans l'écorce terrestre d'un seul bloc de la vie, de sa manifestation ininterrompue, unique. Nous y voyons la vie qui s'éteint et se renouvelle éternellement.

Une centaine de générations environ se sont succédées depuis que la pensée des grands Grecs s'était arrêtée devant ce phénomène, qui produisit sur elle l'effet d'un mystère du Cosmos, le plus profond. Il est resté pour nous, leurs descendants lointains, tel qu'il se posait devant ces hommes de pensée puissante.

Environ dix générations avant nous, le grand naturaliste florentin F. Redi - médecin, poète, homme d'une grande élévation morale, grand chrétien catholique - a le premier exprimé une nouvelle idée qui probablement avait déjà de temps en temps apparu aux penseurs isolés des générations passées, mais était restée cachée. Cette idée révolutionnaire fut exprimée sans avoir frappé l'esprit des hommes de son temps. Leur mentalité y était évidemment peu préparée.

Redi affirmait : Tout organisme vivant tire son origine d'un autre organisme vivant - formule exprimée sous cette forme, une ou deux générations après lui, par un autre naturaliste italien - A. Vallisnieri.

Ce principe de F. Redi n'est entré dans les concepts scientifiques qu'au XIXe siècle, presque huit générations après sa mort. C'est un grand français L. Pasteur, homme d'une mentalité parente, âme sœur de F. Redi, qui l'a introduit définitivement dans notre représentation du Cosmos. Certainement on doit ne représenter la généalogie de l'humanité par des millions de générations successives d'êtres, qui se suivent de père en fils sans interruption et dont la morphologie et les fonctions se modifient de temps en temps. Or il est extrêmement probable que la durée de l'existence de nos ancêtres lointains était plus courte. En évaluant le passé par les générations successives de l'homme et de ses ancêtres, nous arrivons à des nombres prodigieux qui dépassent notre imagination.

**3.** L'humanité occidentale n'a suivi les voies de la pensée ouvertes par F. Redi et L. Pasteur qu'à contre-cœur et avec un grand effort.

Les idées relatives à l'éternité de la vie, à la négation de son commencement, à la différence infranchissable qui existe dans le cadre des phénomènes physico-chimiques connus entre la matière brute et la matière vivante, étaient en désaccord radical avec les habitudes de sa pensée, de sa conception du monde. Les idées relatives au commencement et à la fin du Cosmos visible, de l'Univers matériel, ainsi qu'à l'unité réelle de tout ce qui existe ont profondément moulé sa mentalité.

Souvent l'abiogénèse, c'est-à-dire la genèse de l'organisme vivant aux dépens de la matière brute sans l'intermédiaire d'un autre organisme, paraît logique aux savants elle semble être une conséquence nécessaire de l'histoire géologique de notre planète et de l'explication scientifique de la vie. On a exprimé - avec une foi profonde - la conviction que la synthèse directe d'un organisme à partir de ses éléments matériels serait le couronnement inévitable du progrès de la science. On ne doute pas qu'il fut un moment - si ce processus ne s'est pas poursuivi jusqu'à notre époque - où l'organisme prit naissance dans l'écorce terrestre par un changement spontané de la matière brute.

Il est nécessaire de ne pas perdre de vue que ces conceptions ont leurs racines non dans les données de la science, mais dans les domaines de la religion et de la philosophie.

Certes il est possible qu'elles correspondent à la réalité. Elles ne peuvent pas encore être considérées comme réfutées par la science. Mais rien n'indique leur probabilité. Rien n'indique non plus que le problème de l'abiogénèse ne soit du même ordre que les problèmes de la quadrature du cercle, de la trisection de l'angle, du mouvement perpétuel, de la pierre philosophale. La tendance de la pensée à résoudre tous ces problèmes eut des suites très importantes. Grâce à elle, on est arrivé à de grandes découvertes - mais les problèmes mêmes étaient irréels.

En restant dans le domaine de la science nous devons constater que :

1. Nulle part on n'a trouvé d'indices de l'abiogénèse dans les phénomènes qui ont lieu ou qui ont eu lieu dans l'écorce terrestre.
2. La vie, telle qu'elle se présente à nous dans ses manifestations et sa quantité, existe sans interruption depuis la formation des couches géologiques les plus anciennes - depuis les époques archéennes.
3. Il n'existe pas un seul organisme - parmi les centaines de milliers d'espèces différentes étudiées - qui ne soit réglé dans sa genèse exclusivement par le principe de F. Redi.

Si l'abiogénèse n'est pas une fiction de la pensée, elle ne peut se produire qu'en dehors des phénomènes physico-chimiques connus. Seule une découverte de phénomènes imprévus pourrait démontrer sa réalité, comme la découverte de la radioactivité a prouvé la perte de poids par la matière et la destruction de l'atome, lesquelles ne se manifestent qu'en dehors des phénomènes physico-chimiques jusqu'alors étudiés.

A l'heure présente nous ne pouvons considérer scientifiquement la vie sur notre globe autrement que comme l'expression d'un phénomène unique qui dure sans interruption depuis les temps géologiques les plus reculés dont nous puissions étudier les indices. La matière vivante a été durant tout ce temps nettement séparée de la matière brute. L'homme est indissolublement lié à un même bloc de la vie avec tous les êtres vivants qui existent ou qui ont existé.

4. L'homme est encore lié à ce bloc par sa nutrition. Cette liaison nouvelle, si intime et si indispensable qu'elle soit, n'est pas du même ordre que la suite ininterrompue des générations d'êtres vivants. Cette liaison ne se manifeste pas à nous comme un processus naturel profond, immuable, indispensable à la vie comme l'est le fait exprimé par le principe de Redi.

Il est vrai que cette liaison fait partie d'un grand phénomène géochimique - de la circulation des éléments chimiques dans la biosphère par suite de la nutrition des êtres organisés. Cette liaison peut être changée, cependant, sans toucher à la stabilité du bloc de la vie. Dans l'histoire paléontologique de la biosphère, il existe des indications sérieuses qu'un changement analogue a eu lieu déjà dans le cours des temps, dans l'évolution de quelques groupes de bactéries - êtres invisibles et infimes, mais d'une action géochimique puissante.

La dépendance de l'homme du bloc vivant par sa nutrition règle aujourd'hui toute son existence. Un changement de régime, s'il se produisait, aurait des conséquences immenses. Le fait essentiel, à l'heure présente, est la possibilité qui est propre à l'homme de conserver son existence, de construire et de maintenir intact son corps uniquement par l'assimilation soit des autres organismes, soit des produits de leur vie.

Les composés chimiques ainsi formés dans l'écorce terrestre lui sont nécessaires et indispensables pour l'existence, mais l'organisme humain n'a pas de moyens de les produire lui-même. Il doit les chercher dans le milieu ambiant vivant, anéantir d'autres êtres vivants ou exploiter leur travail biochimique. Il meurt s'il se trouve dans l'écorce terrestre en l'absence d'autres êtres vivants, qui constituent sa nourriture.

Il est clair que toute la vie humaine, toute la construction sociale au cours de l'histoire est réglée par cette nécessité. En dernière analyse, c'est ce désir irrésistible qui gouverne le monde humain, qui façonne toute son histoire et toute son existence.

C'est la famine qui est en dernier lieu le facteur impitoyable, l'agent terrible de l'édifice social. L'équilibre social n'est obtenu que par un travail incessant, et il est toujours instable. Les grands bouleversements dans les constructions sociales, les fautes commises sur ce terrain ont toujours des conséquences désastreuses.

Notre civilisation se trouve toujours sous ce rapport au bord d'un précipice. A l'heure présente des centaines de milliers d'hommes meurent ou languissent en Russie par suite du manque de nourriture et des millions d'autres - plus de 10-15 millions - y ont été victimes des fautes sociales commises. Jamais la précarité de l'existence humaine ne fut si claire et le spectre de déchéance et de décadence si vivant dans les âmes bouleversées...

**5.** C'est récemment moins de cinq générations nous séparent de ce temps que l'homme a commencé à comprendre la structure intime et très spéciale du bloc vivant auquel il appartient.

Et jusqu'à présent les conséquences de cette structure - conséquences sociales et politiques énormes - n'ont pas pénétré sa mentalité.

On le voit nettement en considérant les idées sociales courantes, qui se propagent autour de nous et font marcher le monde. Ces idées restent dans leurs fondements en dehors de la science actuelle. Elles sont l'expression du passé des sciences exactes, correspondent à la science d'il y a cent ans !

Tout le progrès de la science des XIXe et XXe siècles n'a eu encore qu'une faible influence sur la pensée sociale contemporaine. Les sciences exactes se transforment de fond en comble et leur antagonisme avec les idées sociales devient de plus en plus grand. Non seulement les masses - mais les meneurs et les inspireurs eux-mêmes - appartiennent par leur mentalité et par leur bagage scientifique à des stades depuis longtemps dépassés par l'évolution scientifique. Dans sa construction sociale actuelle, l'humanité est en grande partie gouvernée par des idées qui ne sont plus conformes à la réalité et expriment la mentalité et les connaissances scientifiques de générations évanouies dans le Passé.

Le changement profond des idées sociales et politiques, par suite des nouvelles acquisitions fondamentales des sciences naturelles, des sciences exactes, est imminent, et l'on commence déjà à l'entrevoir. Les problèmes de la nutrition et de la production doivent être révisés. Il s'en suivra nécessairement un

bouleversement dans les principes sociaux mêmes qui dirigent l'opinion. La lente infiltration des acquisitions scientifiques dans la vie et dans la pensée est un trait habituel et général de l'histoire de la science.

**6.** Les fondements nouveaux de notre représentation actuelle de la nutrition ont été obtenus en quelques années vers la fin du XVIIIe siècle par l'effort d'une petite élite de l'humanité qui transforma ainsi notre conception du monde sans avoir été comprise et estimée par ses contemporains.

Ce furent lord H. Cavendish à Londres, l'homme le plus riche de son pays, misanthrope et ascète de la science ; A. L. de Lavoisier, financier et expérimentateur, penseur profond et lucide, dont l'assassinat est une honte inoubliable pour l'humanité; le fougueux théologien et radical anglais J. Priestley, persécuté et incompris, qui par hasard échappa à la mort, quand la foule brûla et anéantit sa maison, son laboratoire, ses manuscrits et qui dut quitter son pays ; l'aristocrate genevois, représentant d'une famille où la haute culture scientifique fut héréditaire, Th. de Saussure ; le profond naturaliste et médecin hollandais J. Ingen Housz qui, à cause de sa qualité de catholique, n'a pu se créer une situation dans son pays et travailla à Vienne et en Angleterre. Ils ont été suivis par de nombreux chercheurs dans tous les pays.

Une ou deux générations après ces pionniers - vers 1840 - leur pensée a pénétré définitivement dans la science et a été exprimée dans toute sa clarté et avec une

grande ampleur à Paris par J. Boussingault et J. Dumas et à Giessen en Allemagne par J.Liebig.

Un fait capital d'une portée immense s'est dégagé de ce labeur.

**7.** Le bloc de la vie - le monde des organismes - est apparu double dans ses fonctions, dans sa position dans l'écorce.

La plus grande quantité de la matière vivante, le monde des plantes vertes, ne dépend dans son existence que de la matière brute, est indépendante des autres organismes. Les plantes vertes peuvent former elles-mêmes les substances nécessaires à leur vie en se servant des produits chimiques bruts de l'écorce. Elles prennent les gaz et les solutions aqueuses du milieu ambiant et construisent elles-mêmes les composés carboniques et azotés innombrables - les centaines de milliers de corps différents - qui entrent dans la composition de leurs tissus.

Le physiologiste allemand J. Pfeffer a distingué les organismes qui possèdent ces propriétés sous le nom d'organismes autotrophes, parce qu'ils ne dépendent que d'eux-mêmes pour leur nutrition. Il a nommé organismes hétérotrophes ceux qui, pour leur nutrition, dépendent de l'existence des autres organismes, utilisent leurs produits chimiques. Ils ne peuvent que changer ces composés chimiques préparés en dehors d'eux, les approprier à leur vie, mais ils ne peuvent pas les construire.

Il existe des organismes verts, dont la nutrition est mixte, organismes qui en partie préparent les composés chimiques nécessaires, en utilisant les corps de la matière brute, en partie les obtiennent - comme en parasites - par l'exploitation des autres organismes. Ces êtres, nombreux dans la nature vivante, sont les organismes mixotrophes de Pfeffer. Le gui en est un exemple connu de tout le monde.

En dernière analyse les organismes autotrophes verts - les plantes vertes - forment la base fondamentale du bloc de la vie. Le monde si varié des champignons, les millions d'espèces animales, l'humanité, - ne peuvent exister que par suite de leur travail biochimique. Ce travail ne devient possible que grâce à la propriété innée de ces organismes de transformer l'énergie rayonnée par le Soleil en énergie libre chimique.

Il est clair que la vie n'est pas un simple phénomène terrestre, mais se présente comme un phénomène cosmique dans l'histoire de notre planète, pour autant que le principe de Redi correspond à la réalité.

Et d'autre part il s'ensuit que le bloc de la vie n'est pas un assemblage d'individus isolés, assemblage dû au hasard, mais présente un mécanisme dont les parties ont des fonctions qui s'influencent et se coordonnent.

**8.** La matière verte autotrophe peut exercer la fonction qui lui est propre dans ce mécanisme, grâce à l'élaboration par elle d'une substance verte, possédant des propriétés très spécifiques et très remarquables - la chlorophylle. C'est un composé complexe qui contient des atomes de magnésium et dont l'édifice moléculaire, constitué par le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote, est très voisin de celui de l'hémoglobine rouge de notre sang, où le magnésium est remplacé par le fer.



La chlorophylle, dont la structure et les propriétés chimiques commencent à devenir claires, se produit dans les plantes dans de petits grains microscopiques spéciaux - les plastides - dispersés dans les cellules. Ces plastides ne proviennent que de la division des autres plastides. L'organisme ne peut leur donner autrement naissance. Il s'y manifeste un fait remarquable, qui indique un phénomène général analogue à celui qu'exprime le principe de F. Redi. Aussi loin que nous nous enfonçons dans le passé - nous voyons la formation de plastides chlorophylliennes effectuée exclusivement par des plastides antérieurement formées.

Grâce aux plastides à chlorophylle, l'organisme des plantes vertes peut se passer dans sa vie d'autres organismes.

Si nous ne prenions en considération que sa nutrition - la plante verte pourrait exister seule sur la surface de notre planète.

**9.** La répercussion de l'existence des organismes autotrophes à fonction chlorophyllienne dans l'écorce terrestre est immense.

Non seulement ce sont eux qui donnent naissance à tous les autres organismes et à l'humanité mais ils règlent la chimie de l'écorce terrestre. On peut se faire une idée de l'ordre de ce phénomène en se rappelant quelques données numériques.

La verdure de nos jardins, de nos champs, forêts et prairies nous entoure. Vue d'une autre planète, des espaces cosmiques, la Terre aurait une teinte verte. Mais cette masse de chlorophylle n'en représente qu'une part. La plus grande partie de la chlorophylle est invisible pour nous. Elle remplit les couches supérieures de l'Océan mondial jusqu'à 400 mètres au moins de profondeur. Elle y est répandue dans d'innombrables myriades d'algues unicellulaires invisibles; chacune d'elles donne naissance, dans le cours de deux ou trois révolutions diurnes de notre planète, à une nouvelle génération, qui commence de suite à se reproduire. En quelques mois, si elles n'entraient pas dans la nourriture des autres êtres, leur quantité deviendrait prodigieuse et remplirait l'Océan mondial.

L'existence de l'oxygène libre de notre atmosphère et des eaux est l'expression de la fonction chlorophyllienne. Tout l'oxygène libre du globe est un produit des plantes vertes. Si les plantes vertes n'existaient pas, dans quelques centaines d'années il ne resterait à la surface terrestre aucune trace de l'oxygène libre et les transformations chimiques y auraient pris fin.

La masse de l'oxygène libre de l'écorce terrestre correspond à 1,5 quadrillions de tonnes métriques. Ce nombre seul peut donner une idée de l'importance géochimique de la vie !

La quantité de chlorophylle élaborée par les plantes vertes qui est nécessaire pour maintenir cette masse d'oxygène libre au même niveau correspond au minimum à plusieurs billions de tonnes au moins, existant à chaque moment dans les cadres des plantes autotrophes.

**10.** Il y a plus de trente ans que le biologiste russe S.N. Winogradsky a introduit dans ce tableau un nouveau trait important, qui démontre la complexité encore plus grande du bloc vivant. Il a découvert l'existence d'êtres vivants autotrophes privés de chlorophylle. Ce sont des êtres invisibles, des bactéries qui pullulent dans les sols,

dans les parties superficielles de l'écorce, pénètrent les couches puissantes de l'Océan mondial.

Nonobstant leur petitesse, grâce à leur reproduction prodigieuse, leur importance dans l'économie de la Nature est immense. Cette énorme reproduction - hors de comparaison avec celle même des algues vertes unicellulaires - nous oblige à considérer leur existence comme un phénomène d'un ordre voisin de celle des plantes vertes.

Certes le nombre des espèces de bactéries autotrophes est petit il ne dépasse peut-être pas une centaine, tandis que celui des plantes vertes est voisin de 180.000. Mais chaque bactérie peut donner en une journée au moins plusieurs trillions d'individus, tandis qu'une algue verte unicellulaire, celle de toutes les plantes vertes qui se reproduit le plus rapidement, n'en donne dans le même intervalle de temps que quelques-uns et généralement beaucoup moins, soit un seul individu en deux ou trois jours.

Les bactéries découvertes par S. Winogradsky sont indépendantes dans leur nutrition non seulement des autres organismes, mais du rayonnement solaire. Elles utilisent pour la construction de leur corps l'énergie chimique des composés chimiques terrestres - des minéraux - riches en oxygène.

Elles produisent par suite de cette décomposition - et par suite des synthèses qui en sont une conséquence - un travail géochimique immense. Leur rôle est des plus grands dans l'histoire du carbone, du soufre, de l'azote, du fer, du manganèse et probablement de beaucoup d'autres éléments de notre globe.

Il est certain qu'elles appartiennent au même bloc de la vie que les autres organismes, car elles deviennent la nourriture de ces derniers et utilisent leurs déchets. Tout fait penser que la liaison est encore plus intime, qu'elles appartiennent à ce bloc génétiquement.

On peut les considérer comme des dérivés très spécialisés des plantes vertes, comme on est tenu de le faire pour les plantes sans chlorophylle en général, sans exclure cependant la possibilité de voir en elles des représentants d'ancêtres des êtres à fonction chlorophyllienne.

En l'état actuel de nos connaissances, la première hypothèse semble plus vraisemblable. Cependant il faut toujours tenir compte du fait que ces organismes de S. Winogradsky jouent un rôle prépondérant dans les phénomènes d'altérations superficielles des minéraux terrestres. Ces altérations semblent être immuables au cours de l'histoire géologique de notre planète. Elles n'ont pas changé depuis l'ère archéenne.

**11.** L'homme est un animal social hétérotrophe. Il ne peut exister qu'en présence des autres organismes, des plantes vertes spécialement. Son existence sur notre planète se distingue tout de même nettement de celle de tous les autres êtres organisés. L'entendement, qui le distingue dans les cadres de la matière vivante, crée dans cette dernière des traits étonnants, change profondément son action sur le milieu ambiant.

La genèse de l'homme fut un fait capital, unique dans l'histoire géologique, qui n'eut rien d'analogue dans les myriades des siècles précédents.

Au point de vue scientifique, on ne peut la considérer que comme une conséquence d'un long processus naturel, dont le commencement se perd pour nous, mais qui dure sans interruption au cours de tous les temps géologiques. Aucune théorie scientifique n'a pu jusqu'à présent embrasser dans son ensemble l'évolution paléontologique des êtres organisés, dont la dernière expression importante fut la genèse de l'homme.

Nous ne pouvons représenter ce changement génétique du bloc vivant - l'extinction et la génération d'espèces innombrables (2) - que sous forme d'une généralisation empirique - celle de l'évolution des espèces.

Pour un homme de science, la généralisation empirique est la base de toute connaissance, sa forme la plus certaine. Mais, pour la lier aux autres faits et aux autres généralisations empiriques, le savant doit se servir de théories, d'axiomes, de modèles, d'hypothèses, d'abstractions. Nous n'avons que des ébauches imparfaites dans ce domaine.

On voit nettement qu'il existe une direction déterminée dans l'évolution paléontologique des êtres organisés et que l'apparition de l'entendement, de la raison, de la volonté coordonnée dans l'écorce terrestre - cette manifestation de l'homme - ne peut pas être un jeu du hasard. Mais il est impossible pour nous jusqu'à présent de donner une explication de ce phénomène, c'est-à-dire de le lier logiquement avec notre construction scientifique abstraite du Monde - basée sur les modèles et sur les axiomes.

**12.** L'homme se distingue profondément des autres organismes par son action dans le milieu ambiant. Cette distinction, qui fut grande dès le commencement, est devenue immense avec le cours du temps.

L'action des autres organismes est presque exclusivement déterminée par leur nutrition et leur croissance. Le seul fait de la formation de l'oxygène libre est suffisant pour apprécier l'importance planétaire de leur nutrition. Et c'est un fait entre des milliers d'autres. La formation des houilles, des pétroles, des minerais de fer, des humus des sols, des calcaires, des îles de coraux, présentent des cas isolés - entre des milliers d'autres - de la manifestation de leur croissance.

L'homme agit certainement de la même manière que tous ces organismes. Mais sa masse est complètement négligeable en comparaison de celle de la matière vivante et les manifestations directes dans la nature vivante de sa nutrition et de sa croissance sont presque nulles. Le savant économiste autrichien L. Brentano a donné une représentation très nette de l'échelle de l'humanité dans ce milieu. Si on assignait à chaque individu humain un mètre carré et si on rassemblait ensemble tous les hommes qui existent sur la surface terrestre - la superficie qu'ils occuperaient ne dépasserait pas celle du lac de Constance.

Il est clair que la manifestation d'une telle masse vivante considérée à l'échelle des phénomènes géologiques serait négligeable.

L'entendement change tout. Par son intermédiaire l'homme utilise la matière ambiante - brute ou vivante - non seulement pour la construction de son corps, mais aussi pour sa vie sociale. Et cette utilisation devient une grande force géologique.

L'entendement introduit par ce fait dans le mécanisme de l'écorce un processus puissant qui ne correspond à rien d'analogue avant l'apparition de l'homme.

**13.** L'homme est l'Homo faber de M. H. Bergson. Il change l'aspect, la composition chimique et minéralogique du milieu de son habitation. Ce milieu de son habitation est toute la surface de la Terre.

Son action devient plus puissante et plus coordonnée avec chaque siècle. Le naturaliste ne peut y voir qu'un processus naturel de même ordre que toutes les autres manifestations géologiques. Ce processus est nécessairement réglé par le principe de l'inertie : il doit suivre son cours jusqu'au bout, s'il n'existe pas de forces qui l'anéantissent ou qui la tiennent à l'état potentiel.

La découverte de l'agriculture, faite plus de 600 générations avant nous, a décidé de tout l'avenir de l'humanité. En réglant sur la surface terrestre la vie des organismes verts autotrophes l'homme a obtenu un levier d'action, dont les conséquences dans l'histoire de la planète furent immenses. L'homme est devenu de ce fait maître de toute la matière vivante, et non seulement des plantes vertes, car l'existence de tous les êtres est réglée par les plantes vertes. Peu à peu il changea la matière vivante selon les décisions les buts - de son entendement.

Par l'agriculture, il se libéra - dans sa nutrition - de la nature vivante ambiante, dont tous les autres êtres organisés ne sont sous ce rapport que des appendices impotents.

**14.** Se basant sur cette grande conquête, l'homme a anéanti « la nature vierge ». Il y a introduit des masses immenses de nouveaux composés chimiques inconnus et des formes nouvelles de la vie - les races des animaux et des plantes.

Il a changé le cours de toutes les réactions géochimiques. La face de la planète devint nouvelle et se trouva, à l'état de bouleversements continuels.

Mais l'homme n'a jusqu'à présent pas réussi à obtenir dans ce nouveau milieu la sécurité nécessaire de sa vie.

Dans son organisation sociale, l'existence même de la majorité est précaire, la distribution des richesses ne donne pas à la grande masse humaine les moyens d'une vie conforme aux idéals moraux et religieux.

Des faits nouveaux troublants, qui se rapportent aux bases de son existence, se dégagent en ces derniers temps.

Les réserves de matières premières diminuent visiblement. Si leur usage augmente avec la même vitesse, la position deviendra grave. Dans deux générations on pourra s'attendre à une disette de fer; le pétrole deviendra rare encore plus tôt; dans quelques générations, la question du charbon pourra devenir tragique. Il en est de même pour la plupart des autres matières premières. La disette de houille paraît particulièrement grave, car c'est le charbon qui procure à l'homme l'énergie nécessaire pour sa vie sociale dans sa forme actuelle.

C'est un phénomène inévitable, car l'homme utilise les concentrations des matières premières qui se sont formées au cours de myriades de siècles et qui ne pourraient s'augmenter sensiblement que dans une même durée de temps. Ces réserves sont nécessairement restreintes. Si même on en trouvait encore des sources inconnues, ou si on utilisait leurs concentrations moins riches ou plus profondes on ne reculerait que la date de la période critique mais le problème troublant resterait non résolu. Les esprits profonds ont depuis des générations aperçu la nécessité de moyens sociaux radicaux, d'acquisitions scientifiques d'un ordre nouveau pour parer au danger imminent.

Au commencement du siècle dernier, la disette imminente des matières premières ne pouvait encore être perçue, car l'énergie dont disposait l'homme de cette époque était encore trop liée à d'anciennes formes séculaires d'existence - à la vie et au travail des hommes, des plantes et des animaux. Cependant déjà alors les fondateurs du socialisme - particulièrement le comte H. de Saint-Simon. W. Godwin, R. Owen comprenaient - l'importance primordiale de la science, l'impossibilité de résoudre la question sociale en faisant seulement usage des ressources qui existaient de leur temps, sans avoir augmenté par la science les moyens de la puissance humaine.

C'était vraiment un socialisme scientifique dans le sens qui a été oublié depuis.

Le problème qui se pose à l'heure actuelle devant l'humanité dépasse clairement l'idéologie sociale, élaborée depuis par les socialistes et les communistes de toutes les écoles, lesquelles dans leurs constructions ont toutes laissé échapper l'esprit vivifiant de la science, son rôle social. Notre génération a été victime d'une application de cette idéologie dans le cours des événements tragiques de mon pays - l'un des plus riches en ressources naturelles, - dont les résultats furent la mort et la disette de multitudes et l'échec économique du système communiste qui semble incontestable. Mais l'échec du socialisme semble plus profond. Il présente en général le problème social sous un point de vue trop restreint, qui ne correspond pas à la réalité; il reste à la surface.

**15.** Pour résoudre la question sociale, il est nécessaire de toucher aux fondements de la puissance humaine - de changer la forme de la nourriture et les sources de l'énergie que l'homme utilise.

Dans ces deux voies précisément s'engage peu à peu la pensée des chercheurs. On y est maintenant sur un terrain solide. Il n'y a pas de doute non seulement en ce qui concerne la possibilité de résoudre les deux problèmes, mais encore sur la nécessité inévitable de cette solution dans un temps très court par rapport à la durée de la vie humaine.

La solution de ces problèmes se dessine comme un résultat du progrès de la science en dehors de toute préoccupation sociale. Depuis des générations, la science, dans sa recherche de la vérité, s'efforce de trouver des formes nouvelles d'énergie dans le monde et de grandes synthèses chimiques organiques. Elle travaille avec des moyens très insuffisants, les seuls qui soient à sa portée dans la société humaine d'aujourd'hui, où sa situation est en contradiction frappante avec son rôle réel comme producteur des richesses et de la puissance humaine.

On peut accélérer ce mouvement scientifique en créant des moyens nouveaux de recherches, on ne peut pas l'arrêter. Car il n'y a pas de force dans le monde qui puisse entraver l'entendement humain dans sa marche, une fois qu'il a compris, comme dans le cas actuel, la portée des vérités qui s'ouvrent devant lui.

**16.** Jusqu'à présent la force du feu dans ses formes multiples était la source presque unique de l'énergie de la vie sociale. L'homme l'obtenait par la combustion des autres organismes ou de leurs restes fossiles.

Depuis quelques dizaines d'années, on commence à la remplacer systématiquement par d'autres sources d'énergie, indépendantes de la vie - par la houille blanche en premier lieu. On a fait la balance de la quantité de houille blanche - force motrice de l'eau - existant à la surface terrestre. Et on a vu que, si grande qu'elle paraisse, elle n'est pas suffisante à elle seule pour les nécessités sociales.

Mais les réserves d'énergie qui sont à la disposition de l'entendement sont inépuisables. La force des marées et des vagues marines, l'énergie atomique radioactive, la chaleur solaire peuvent nous donner toute la puissance voulue.

L'introduction de ces formes d'énergie dans la vie est une question de temps. Elle dépend de problèmes dont la solution ne présente rien d'impossible.

L'énergie ainsi obtenue n'aura pas de limites pratiquement.

En utilisant directement l'énergie du soleil, l'homme se rendra maître de la source d'énergie de la plante verte, de la forme qu'il utilise par l'intermédiaire de cette dernière dans sa nourriture et dans ses combustions.

**17.** La synthèse des aliments, libérée de l'intermédiaire des êtres organisés, quand elle sera accomplie, changera l'avenir humain.

Elle obsède l'imagination des savants depuis les grands succès de la chimie organique; de fait elle présente une aspiration cachée mais toujours vivante des laboratoires. On ne la perd jamais de vue. Si les grands chimistes ne l'expriment que de temps en temps, comme le faisait M. Berthelot, c'est qu'ils savent que ce problème ne peut être résolu avant l'accomplissement d'un long travail préliminaire. Ce travail s'effectue systématiquement, mais ne peut être qu'un travail de longues générations, vu la grande misère de la science dans notre structure sociale.

Une génération a déjà disparu depuis la mort de M. Berthelot. Nous sommes beaucoup plus près de ce but suprême que nous l'étions de son vivant. On peut en suivre le progrès lent, mais incessant. Après les travaux brillants du chimiste allemand E. Fischer et de son école sur la structure des albumines et des hydrates de carbone, aucun doute n'est possible relativement au succès final. Pendant la grande guerre, le problème a été plusieurs fois envisagé dans différents pays sous son aspect pratique et la conviction de sa solution imminente a pris des racines profondes dans le milieu savant.

Certes, il arrive souvent qu'une découverte scientifique se perd ou ne trouve son application pratique, son introduction dans la vie, que longtemps après qu'elle a été faite. Mais on peut être sûr que tel ne sera pas le sort de la synthèse des aliments.

On attend la découverte de cette synthèse et ses grandes conséquences dans la vie se manifesteront immédiatement.

**18.** Que signifierait une synthèse pareille des aliments dans la vie humaine et dans la vie de la biosphère ?

Par son accomplissement, l'homme se libérerait de la matière vivante. D'un être social hétérotrophe il deviendrait un être autotrophe.

La répercussion de ce phénomène dans la biosphère doit être immense. Ce fait signifierait la scission du bloc vivant, la création d'un troisième embranchement indépendant de la matière vivante. Par ce fait apparaîtrait dans l'écorce terrestre, et pour la première fois dans l'histoire géologique du Globe, un animal autotrophe.

Il nous est aujourd'hui difficile, peut-être impossible de nous représenter les conséquences géologiques de cet événement ; - mais il est clair que ce fait serait le couronnement d'une longue évolution paléontologique, représenterait non une action de la volonté libre humaine, mais la manifestation d'un processus naturel.

L'entendement humain produirait par ce fait non seulement un grand effet social, mais un grand phénomène géologique.

19. La répercussion de cette synthèse dans la société humaine devra certainement nous toucher encore de plus près. Sera-t-elle bienfaisante ou apportera-t-elle de nouvelles désolations à l'espèce humaine ? Nous ne le savons pas. Mais le cours des phénomènes - l'avenir - peut être réglé par notre volonté et par notre entendement. On doit se préparer à comprendre les conséquences de cette découverte, dont l'action est inévitable.

Seuls, des penseurs isolés pressentent l'approche de cette ère nouvelle. Ils se représentent ses conséquences de façons différentes.

On retrouve l'expression de ces intuitions dans les œuvres de fiction. L'avenir y apparaît trouble et tragique pour quelques-uns (Histoire de quatre ans de M. D. Halévy), tandis que les autres se le représentent comme grand et beau (Auf zwei Planeten, du profond penseur et historien des idées allemand K. Lasswitz).

Le naturaliste ne peut contempler cette découverte qu'avec une grande tranquillité. Il voit dans son accomplissement l'expression synthétique d'un grand processus naturel qui dure depuis des millions d'années et qui ne présente aucun signe de dissolution. C'est un processus créateur et non anarchique.

De fait, l'avenir de l'homme est toujours formé en grande partie par l'homme lui-même. La création d'un nouvel être autotrophe lui donnera, des possibilités qui lui ont manqué pour l'accomplissement de ses aspirations morales séculaires elle lui ouvrira les voies d'une vie meilleure.

V. Vernadsky,

Membre de l'Académie des Sciences de Russie.

*Notes*

1. Sur la notion de la "matière vivante" comme d'un ensemble des organismes, voir V. VERNADSKY: *La Géochimie*, 1924 (Alean), p.51. Je donne dans ce livre un aperçu plus détaillé de quelques problèmes qui se rapportent au sujet de cet article.

2. La différenciation du bloc vivant se produit sans changement appréciable ni dans sa composition chimique, ni dans sa masse.