

# BEL ET BIO

## Du même auteur

Petite Géométrie des parfums  
*Seuil, « Science ouverte », 2006*

*BRIGITTE PROUST*

# BEL ET BIO

Nature et chimie douce

*ÉDITIONS DU SEUIL*

*27, rue Jacob, Paris VI<sup>e</sup>*

ISBN 978-2-02-097483-7

© Éditions du Seuil, avril 2010

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

[www.editionsduseuil.fr](http://www.editionsduseuil.fr)

*À Julian, Erevan et à leurs copains de la Terre*



## Une révolution nécessaire

Les photos prises depuis l'espace ont révélé aux Terriens la beauté et la fragilité de leur planète : ronde comme on leur disait, mais absolument bleue et si petite quand on la regarde depuis Mars.

À quelques centaines de mètres du sol, le tableau prend du relief – magnifique, insolite et terrible.

C'est une trouée rougeâtre ourlée d'émeraude, vestige d'un massacre végétal en Amazonie, une paillote devenue île par excès de mousson au Bangladesh, une écharpe gris-jaunâtre qui voile les tours de Mexico, des volutes noires et lourdes sur fond de désert, un puits de pétrole en feu en Irak, la savane dévastée, une mine de cuivre au Katanga...

Trop souvent, ces maux apparaissent plus aux yeux des citoyens comme des dégâts collatéraux de la chimie industrielle que comme les conséquences de choix économiques et politiques. Le mot « chimique » est devenu synonyme de nuisible, maléfique, et renvoie aux temps où les alchimistes étaient suspects de sorcellerie.

La récente prise de conscience d'une possible catastrophe écologique planétaire incite chacun à réviser ses modes de vie, de consommation, et favorise l'émergence du « bio ». Ce retour au naturel initié dans les années 1960 peut parfois paraître naïf et utopique. Pourtant, depuis un demi-siècle, les experts en sciences de la nature imaginent et proposent des alternatives réalistes, et le chimiste n'est pas absent de ce débat.

Familiers des échecs expérimentaux, habitués à surmonter les contraintes locales, et toujours prêts à remettre leurs modèles en

question, les chimistes sont d'une grande flexibilité. Au cours du xx<sup>e</sup> siècle, ils ont poursuivi leur grand inventaire de la nature et ont appris à la copier et même à faire mieux qu'elle. Ainsi se sont-ils qualifiés pour comprendre et justifier le succès de certaines méthodes ancestrales, les affiner et en inventer de meilleures tout en respectant un cahier des charges exigeant et respectueux de notre environnement. L'intuition bio n'est donc pas forcément inculte ou passéiste, et cette démarche a des bases scientifiques sérieuses.

Il importe de comprendre que, d'un point de vue scientifique, le vivant est une merveille biochimique. Constitué d'un ensemble complexe de molécules et d'ions, le vivant est 100 % chimique ! Il est en équilibre dynamique avec son environnement. Des mécanismes d'échanges très subtils se sont mis en place au cours des millénaires. Ils sont à la fois stables et fragiles. Il y a donc un grand risque à vouloir gouverner ces échanges sur la base de modèles industriels simples, pour le seul profit de l'espèce dominante. Le temps des charrues chimiques est révolu. Vient le temps de la chimie fine et douce, la seule dont le vivant puisse s'accommoder. L'abandon de l'agriculture conventionnelle industrielle pour une agriculture biologique, respectueuse des équilibres biogéochimiques hérités de notre histoire terrestre, s'avère une révolution nécessaire.

Ce livre se veut un outil simple pour donner au citoyen le moyen de réfléchir et d'interpeller les experts et les décideurs. Il s'agit de lui permettre de mieux comprendre les problèmes écologiques liés à nos modes de consommation, souvent suscités par l'agriculture intensive, en s'appuyant sur l'expérience quotidienne de chacun.

Dans le premier chapitre, « La vie en germe », nous suivons l'aventure végétale avec le regard d'un chimiste. De la graine à la maturité, nous voyons se dérouler le film de la capture de l'énergie solaire et de la sélection des éléments primordiaux. Les glucides, protéines, lipides, vitamines et autres molécules de la vie sont élaborés au sein des plantes. Nous découvrons avec quelle finesse ces êtres vivants maîtrisent les cycles des éléments. Au-delà de l'émerveillement, nous nous interrogeons sur les risques que nous prenons à vouloir contrôler, sans précaution, leur développement.



Le deuxième chapitre, «Nourrir la Terre», éclaire la relation entre la plante et le sol en expliquant comment on peut nourrir l'une sans épuiser l'autre. Il met en avant le mode de culture biologique, exigeant et subtil, mais plus répandu de par le monde qu'on ne l'imagine. Nous découvrons le rôle historique qu'a tenu la chimie dans la naissance de l'agronomie et aussi, non sans surprise, les liens de l'industrie des engrais avec celle des explosifs. Nous comprenons que le choc des cultures bio et conventionnelle tient à une différence profonde de conception de la terre : support vivant ou support inerte.

Le troisième chapitre commence comme une fable écologique. «Le pommier, le chat et le népéta» est une enquête biochimique qui nous conduit sur les traces des pesticides naturels. Le secours mutuel des plantes, au service d'une agriculture respectueuse des écosystèmes, s'oppose aux charrues chimiques. Du DDT aux plantes génétiquement modifiées pour résister à un unique pesticide, nous découvrons l'arsenal chimique de la guerre menée aux nuisibles depuis trois quarts de siècle. Où la recherche scientifique voisine souvent avec celle dont bénéficient les guerres modernes. Ces neurotoxiques et défoliants, répandus sans discernement, peuvent-ils contaminer la chaîne alimentaire ?

«Inspiration nature», le quatrième chapitre, nous révèle le champ immense et à peine exploré des molécules naturelles. À travers l'histoire de quelques brillantes découvertes, nous appréhendons l'art de la synthèse et voyons le chimiste développer des stratégies élégantes qui rivalisent avec celles des plantes elles-mêmes. Nous débusquons au passage quelques «arnaques au naturel» qu'un minimum de culture chimique permet d'éviter. Pour notre plus grand bien-être, le «synthétique» imite et surpasse bientôt le «naturel». Économe de matière et de moyens, la chimie se fait verte, à l'école de la nature.

Le chapitre cinq, «Nous n'irons plus au puits», traite de la pollution des sols et des eaux. Il nous interpelle sur les pratiques agricoles et aussi sur notre manière de consommer. Naturelles, artificielles ou synthétiques, que deviennent les molécules que nous rejetons dans l'environnement ? Nous pistons quelques macro- et micropolluants ordinaires. Nous découvrons, dans l'art et la manière de les éliminer,

des méthodes bio peu coûteuses, qui rivalisent avec les plus sophistiquées. Mais aussi des méthodes récentes, chimiques et douces, qui potentialisent l'action du soleil.

« Bel et bio », le dernier chapitre, tente de dépasser les effets de mode – et le champ de l'émotion – pour réfléchir aux raisons qui poussent consommateurs et agriculteurs à faire le choix du bio. Nous comprenons que la manipulation des cycles des éléments par et pour l'homme conduit à la rupture d'équilibres biogéochimiques millénaires. Nous nous apercevons que l'agriculture conventionnelle, même si elle se veut durable (pour préserver l'avenir de la planète) et intégrée (saupoudrée de quelques pratiques empruntées à l'agriculture biologique), continue de « penser » la Terre à la manière des Occidentaux du XIX<sup>e</sup> siècle. C'est-à-dire en termes de conquêtes : plus de rendements pour plus de marchés. Il apparaît alors que seule l'agriculture biologique offre de véritables perspectives planétaires. Parce qu'elle est soucieuse de préserver les échanges de la biosphère avec l'environnement, elle pense à la fois global et local. Par sa souplesse, et parce qu'elle se veut respectueuse des pratiques culturelles et des écosystèmes locaux, elle semble plus apte à résoudre les problèmes de la faim et de la malnutrition. Le consommateur comprend alors qu'il se trompe de cible en pointant la chimie du doigt, car cette science est, avec les sciences de la Terre, indispensable pour accompagner et valider la prochaine révolution agraire.

Les belles gravures du XIX<sup>e</sup>, extraites de l'*Histoire des plantes* de Louis Figuier, nous rappellent les liens anciens qui nous unissent aux plantes. À la manière des flores de Gaston Bonnier, les formules développées de quelques molécules aux noms familiers sont rassemblées dans des planches en fin d'ouvrage. Il faut regarder ces modèles. Ils ont une beauté formelle et sont faciles à décoder, sans aucune notion de chimie. On pourra d'ailleurs solliciter l'aide des collégiens et lycéens initiés à ce langage, et à l'occasion feuilleter leurs livres de chimie, de nos jours simples et attrayants.

# 1. La vie en germe

## L'expérience primordiale

Cela fait dix jours que les petits sixièmes du collège Saint-Exupéry ont mis leurs graines de lentilles à germer. Sur un lit de coton, avec ou sans eau, avec ou sans lumière, à la température de la classe ou au fond du frigo, ils ont tout essayé. Le moment est maintenant venu d'observer ; après avoir comparé et discuté, chacun consigne sur sa fiche de SVT la conclusion de la classe : « Pour germer les plantes ont besoin d'eau et de chaleur, mais pas de lumière. Les plantes privées de lumière ont poussé plus vite mais sont moins vertes que les plantes laissées à la lumière. »

Ce n'est pas la première fois qu'ils pratiquent cette activité, ils se souviennent des jours d'atelier en moyenne section de maternelle, quand Françoise leur racontait l'histoire de Jack et de son haricot magique. À la maison, ils avaient recherché les différentes sortes de haricots, cuisiné, dégusté, toute la famille s'était prise au jeu, et l'on s'était bien amusé à compter les graines dans les gousses. Et puis ils avaient aussi rêvé et inventé d'autres histoires de graines extraordinaires. Mais encore plus magique que le conte, il y avait cette fève dont ils avaient vu sortir et s'étirer une plante minuscule ; ils l'avaient mise en terre dans le jardin carré de la cour de récré et ils l'avaient même vue fleurir... Au collège, les élèves de sixième sont les chouchous des professeurs, à peine sortis de l'enfance, ils ont encore cette fraîcheur et ce goût de l'expérimentation que les plus grands n'osent plus afficher.

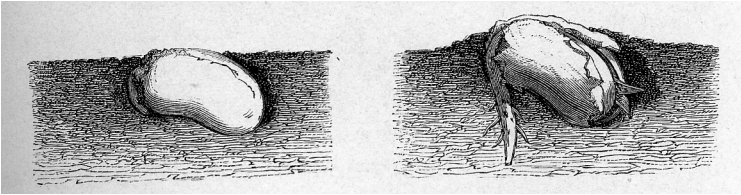
Renouant avec les expériences enfantines, qui n'a pas été tenté d'acheter un de ces germoirs en verre pour le plaisir de voir croître, en quelques jours, dans sa cuisine, un jardin miniature ? Si l'on n'est pas un fervent du bio, cela n'est pas si facile car il faut transgresser ses habitudes alimentaires – le tout cru est réputé indigeste. On commence souvent par les lentilles ; comme cela est simple et bon, on essaye le blé, puis le soja, le quinoa (la graine sacrée des Incas), et même le radis. Ces jeunes pousses égayent salades et sandwiches, puis on ose en parsemer les pommes de terre cuites. Croquantes, souvent piquantes, parfois poivrées ou légèrement sucrées, elles renouvellent le plaisir de se nourrir au naturel. Ce sont aussi des compléments alimentaires intéressants car les graines germées concentrent les substances primordiales nécessaires au développement de la future plante. Protéines, glucides, lipides, vitamines et sels minéraux, tout est là dans les justes proportions pour démarrer la croissance du végétal. Le germe c'est, comme le disent les moines trappistes de l'abbaye de Sept-Fons en Bourbonnais, inventeurs de la Germalyne®, « le principe vital du blé ». Depuis son invention dans les années 1930, sa composition n'a pas varié et les moines, bien dans leur siècle, n'oublent pas aujourd'hui de mentionner qu'elle est une « excellente source équilibrée des Oméga 6 et Oméga 3 ».

Ce concentré de vie enfermé dans la graine se réveille après une période dite « de dormance » qui peut durer selon les espèces de quelques jours à plusieurs années, voire plusieurs siècles. Le record serait actuellement détenu par une graine du dattier de Judée découverte par des archéologues israéliens dans les ruines de la citadelle de Massada, et qui a germé après environ deux mille ans de repos. Cette graine de l'« arbre de vie » des Chaldéens, surnommée « Mathusalem » d'après le personnage de la Bible qui aurait vécu neuf cent soixante-neuf ans, a donné aujourd'hui un jeune palmier de plus d'un mètre qui permettra peut-être d'améliorer par clonage les variétés actuelles de *Phœnix dactylifera*.

Pour réveiller la graine endormie, il faut que les conditions locales soient favorables à l'épanouissement de la future plante. Cela, les enfants de la classe de sixième l'ont bien compris, tout comme ce

botaniste du XIX<sup>e</sup> siècle, Louis Figuier, qui commençait son *Histoire des plantes* en invitant le lecteur à la même expérience primordiale :

« Confiez une graine à la terre ; placez par exemple une graine de haricot à quelques centimètres de profondeur dans la terre végétale humectée ; si la température extérieure est de 15 à 20 °C, la graine ne tardera pas à germer : elle se gonflera et par cet admirable travail de la nature dont il nous est permis de contempler les merveilleux résultats, mais non de comprendre l'étonnant mystère, un végétal en miniature ne tardera pas à éclore. » (*Figure 1*)



*Figure 1 – Graine de haricot en germination.*

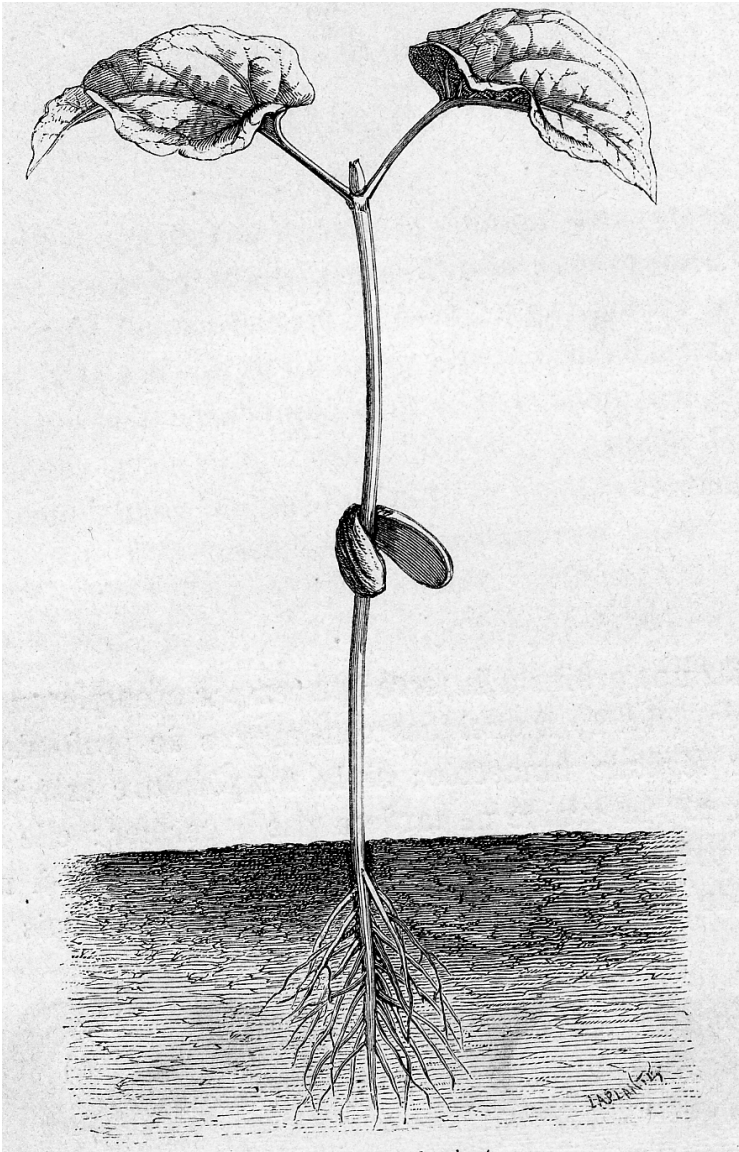
Si la graine gonfle, c'est que l'embryon qu'elle abrite a repris son développement interrompu durant la dormance. La plupart des graines sont très sèches (environ 10% d'eau) ; quand l'eau afflue, elle désactive les substances chimiques qui bloquaient la croissance de l'embryon. C'est pourquoi les graines destinées à nos germoirs doivent être trempées toute une nuit puis rincées matin et soir pour éliminer les molécules inhibitrices qui rendent les graines indigestes et parfois toxiques ; il faut les rincer encore une dernière fois avant de les consommer. Les jardiniers savent bien qu'ils doivent faire tremper certaines graines avant de les planter, comme celles des pois de senteur qui ne sont bonnes à semer qu'après être restées vingt-quatre heures dans l'eau.

Bien que les écoliers ne l'aient pas remarqué, la lumière favorise aussi la germination ; à quelques centimètres de la surface du sol, elle est encore perceptible par la graine qui est sensible à l'allongement

des jours et donc à la lumière solaire directe ou réfléchiée par la Lune. Cultiver avec la Lune n'est peut-être pas une croyance de jardinier poète ou naïf. On a découvert, dans les années 1950, la molécule qui est sensible à ces variations d'éclat et qui contrôle la germination et aussi la floraison ; c'est une protéine associée à un pigment appelé phytochrome, présente dans tous les organes de la plante. Ce photorécepteur existe sous deux formes, l'une est bleuâtre et absorbe le rouge, l'autre est bleu-verdâtre et absorbe l'infrarouge. Mais point de bleu dans la graine mise à nue car les quantités de pigments sont si ténues que notre œil ne perçoit pas leurs couleurs. Lors des premières tentatives, il fallait 20 kilogrammes de plantules de seigle pour en isoler seulement 300 milligrammes. L'énergie lumineuse nécessaire pour activer ces capteurs est très faible, un flux lumineux de l'ordre du dixième de celui de la lumière lunaire suffit à déclencher une cascade d'événements biochimiques qui vont entraîner une réponse physiologique. De plus, les proportions de ces deux formes bleu et bleu-vert sont fonction de l'éclairement ; ainsi le phytochrome non seulement détecte la lumière solaire mais renseigne la plante sur sa qualité et il lui permet de s'adapter au rythme des jours, des nuits et des saisons.

Pour ce qui est de la température, son rôle est simplement d'accélérer les processus chimiques à l'œuvre. Toutes ces transformations sont de mieux en mieux comprises, le voile se lève enfin sur le mystère de la germination, mais au fil des découvertes, comme au temps de Louis Figuière, on s'émerveille toujours davantage de l'extraordinaire subtilité des transformations biochimiques qui sont à l'œuvre (*Figure 2*).

Quand toutes les conditions sont favorables, l'embryon qui vivait au ralenti dans la graine va reprendre son développement en utilisant les nutriments qui sont stockés dans son tissu de réserve nommé « albumen ». La radicule perce l'enveloppe et s'enfonce dans le sol, la jeune pousse se redresse, mais les réserves s'épuisent vite. À l'apparition des premières feuilles vertes, la plantule est assez autonome pour capter dans son environnement tous les éléments chimiques nécessaires à sa croissance. Elle sélectionne alors les plus légers comme le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote qui



*Figure 2 – Jeune haricot.*

constituent 99 % des atomes présents dans les molécules biologiques des plantes et de tous les être vivants (*Planche D*). Le 1 % restant va au potassium, au calcium, au magnésium, au phosphore, au soufre, atomes sensiblement plus lourds, et à quelques autres, en quantités infimes mais indispensables aux processus vitaux, comme le fer, le zinc et le cuivre, et qu'on appelle les oligoéléments (du grec *oligos* qui signifie « peu »).

Les films en accéléré des plantes vivaces sont révélateurs de l'efficacité du métabolisme qui les contraint à une consommation effrénée de molécules très simples puisées dans leur environnement pour arriver à maturité. Le mot « métabolisme » désigne l'ensemble des réactions chimiques nécessaires au bon fonctionnement des cellules vivantes. De la bactérie à l'homme en passant par les plantes, on dénombre une bonne centaine de réactions simultanées et remarquablement coordonnées dans le but de maintenir l'organisme en vie.

Certaines de ces réactions synthétisent de grosses molécules comme les protéines, les glucides et les lipides à partir de molécules plus petites. D'autres dégradent les aliments et fournissent l'énergie et les fragments nécessaires aux synthèses. La vie résulte d'un équilibre dynamique entre ces deux groupes de réactions, celles qui donnent de l'énergie (catabolisme) et celles qui fabriquent des molécules (anabolisme). Ces réactions sont couplées. Par exemple, si notre catabolisme l'emporte nous maigrissons, si l'anabolisme l'emporte nous grossissons. Les sportifs qui se dopent aux anabolisants prennent des cocktails de substances qui leur permettent d'augmenter leur masse musculaire ou la taille de leurs os, aboutissant parfois à des transformations monstrueuses à l'approche des grandes compétitions internationales.

Aucune de ces réactions ne serait possible sans les enzymes, des protéines encore, mais très spécialisées, dont la fonction est d'accélérer et d'orienter chacune de ces réactions. Cette vision purement chimique de la vie s'est imposée il y a plus d'un siècle ; en 1907, le chimiste allemand Eduard Buchner déclarait dans son discours de réception du prix Nobel :



« Nous considérons de plus en plus clairement les cellules des plantes et des animaux comme des usines chimiques où les divers produits sont fabriqués dans des ateliers séparés. Les enzymes en sont les contremaîtres. »

Aujourd'hui, les biochimistes savent que ces divers « ateliers » ne sont pas indépendants. Ils cherchent encore à comprendre comment une des grandes fonctions cellulaires comme la réplication de l'ADN s'ajuste en fonction de l'énergie disponible, c'est-à-dire finalement quel est le lien entre nutrition et hérédité.

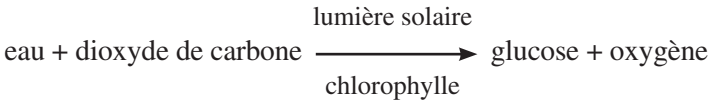
## Des molécules pour la vie

La chimie du vivant est avant tout une chimie du carbone qui en est l'atome coordonnateur central. Toutes les molécules qui structurent la matière vivante, des protéines aux lipides en passant par les acides nucléiques, sont faites de chaînes carbonées. La science des molécules carbonées s'appelle d'ailleurs la chimie organique. Ce sont des molécules plutôt sensibles à la chaleur; si on les calcine, seule subsiste la poudre noire du carbone, tout comme la tranche de pain que l'on a oubliée sur le grill. L'atome de carbone a la particularité de se lier à quatre autres atomes en dessinant un tétraèdre, ce qui est, à bien y réfléchir, la meilleure façon d'occuper tout l'espace. Ainsi dans le plus simple des hydrocarbures, le méthane ( $\text{CH}_4$ ), le carbone est au centre d'un tétraèdre dont les quatre atomes d'hydrogène occupent un sommet, ce qui les met à égale distance les uns des autres. Ces tétraèdres une fois connectés constituent une chaîne dont les maillons peuvent prendre une infinité d'orientations. Là est le secret de la grande souplesse de la chaîne carbonée (*Planche II*). Léger et tétra-directionnel, le carbone constitue le squelette du vivant, l'hydrogène n'étant là qu'en complément pour saturer la structure et lui donner ainsi plus de stabilité. Azote, oxygène et aussi phosphore s'insèrent dans la chaîne carbonée en modules répétés, ce qui va lui permettre selon les cas de se couper, de s'allonger ou de s'autoassembler.

*Des glucides*

Mais revenons à notre enquête botanique : comment un élément aussi rare sur Terre que le carbone parvient-il à se concentrer dans une plante pour l'animer ? Nous allons voir que c'est encore une histoire de transfert d'énergie.

Pour structurer le vivant, le carbone emprunte le plus souvent la voie des sucres. Les glucides sont très abondants dans la nature, ils sont fabriqués dans les végétaux chlorophylliens à partir du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) de l'air, englouti par les stomates, de petits pores qui s'ouvrent telles des bouches à la surface des feuilles, afin qu'il rencontre l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) pompée par les racines. Grâce à l'énergie solaire captée par la chlorophylle des feuilles s'opère alors la photosynthèse du glucose. Dans le même temps, l'oxygène produit permet la régénération de l'atmosphère. On peut schématiser cette réaction, initiée par les plantes bien avant l'apparition de l'Homme, à la manière des chimistes en écrivant :



La chlorophylle qui capte intensément le bleu et le rouge de la lumière solaire (d'où sa couleur verte) est un photorécepteur bien plus abondant que le phytochrome : un gramme de feuille d'épinard par exemple en contient environ un milligramme. Lors de cette étape primordiale, le carbone, constituant minoritaire de l'atmosphère et des océans, se concentre dans la matière végétale. L'augmentation de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère observée depuis le début de la révolution industrielle stimule d'ailleurs la photosynthèse et entraîne une augmentation de la biomasse végétale. Les plantes sont de véritables « puits de carbone » qui transforment l'énergie lumineuse en énergie chimique sous forme de sucres, laquelle énergie est transmise à ceux qui les mangent. Ainsi, d'herbivores

en carnivores, nous stockons indirectement, grâce aux plantes, de l'énergie solaire.

Le secret nutritionnel du glucose réside dans le fait qu'il peut être oxydé; on dit souvent «brûlé», mais c'est une combustion discrète, sans flamme, par laquelle il fournit l'énergie nécessaire aux synthèses des biomolécules, synthèses qui seraient impossibles sans cet apport énergétique. C'est le «carburant de l'effort» des boissons énergétiques et des tablettes pour contrôler l'hypoglycémie. La molécule de glucose, de formule brute  $C_6H_{12}O_6$ , est l'unité de base des glucides (*Planche III*); son ancien nom d'hydrate de carbone ne manque pas de charme, il vient d'une décomposition formelle de la formule ( $6 C + 6 H_2O$ ) qui n'a rien à voir avec la réalité, on n'obtient pas de glucose en versant l'eau claire sur la poudre noire du carbone... On sait aujourd'hui que l'oxygène du glucose issu de la photosynthèse ne vient pas de l'eau mais du dioxyde de carbone. C'est le pharmacien et chimiste Louis-Joseph Proust qui isola le premier le glucose du jus de raisin et proposa une méthode industrielle d'élaboration d'un sucre qui, suite au Blocus continental en 1806, permettrait à la France de ne plus être tributaire de l'Angleterre pour ses importations en sucre de canne. Le glucose fut pendant quelque temps synonyme de *sucre de raisin* et du genre féminin; dans son fameux *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, bible du chimiste des années 1870-1900, Charles Adolphe Würtz note :

«On trouve en outre la glucose dans le miel où elle est accompagnée de sucre incristallisable, dans l'urine diabétique et même en petite quantité dans l'urine normale, dans le sang artériel normal, dans le sang des veines sushépatiques.»

Supplanté dès 1811 par le sucre de betterave, le sucre de raisin revient à la mode, porté par la vague du retour au naturel. Il sucre par exemple des spécialités fromagères commercialisées pour les enfants par le numéro un mondial de l'industrie laitière. Comme le souligne le fabricant, «il y a sucre et sucre» et il convient de distinguer le sucre de raisin du sucre cristallisé qu'utilisent d'ordinaire

ses concurrents. La mention « sucre de betterave » sur les petit pots colorés paraît en effet moins accrocheuse que « sucre de raisin », mais en quoi ces sucres sont-ils différents ?

Le sucre cristallisé ordinaire est constitué de saccharose, sa molécule résulte de l'association d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose (un autre sucre très présent dans le miel et dans certains fruits), alors que le sucre de raisin cristallisé est pur glucose. Ces sucres n'ont pas la même structure (*Planche III*), leur pouvoir sucrant est différent tout comme la quantité de glucose mobilisable est différente et ils sont tous deux d'origine naturelle. Ce ne sont pas les seuls glucides. On trouve le motif du glucose répété une centaine de fois dans des molécules géantes comme celle de l'amidon, largement présent dans notre alimentation (pain, pommes de terre), et le glycogène, une macromolécule arborescente qui nous permet de stocker le glucose dans le foie et dans les muscles. Ces glucides complexes libèrent le glucose dans le sang selon les besoins et contribuent à maintenir le taux de glycémie. Les unités de glucose peuvent être aussi récupérées artificiellement en hydrolysant l'amidon, un peu comme nous le faisons en mastiquant le pain et grâce à notre salive ; à l'échelle industrielle, on obtient ainsi le sirop et la poudre de glucose utilisés par exemple en pâtisserie.

Tous les glucides contenus dans une plante ne sont pas assimilables par l'homme. La cellulose, qui constitue la paroi des cellules végétales, est aussi un polymère du glucose (de 200 à 14 000 unités selon la provenance !). Elle est indigeste pour nous mais ces fibres alimentaires permettent de réguler l'absorption des autres aliments ; par contre, elle est dégradée par des bactéries dans l'estomac des ruminants. Tout régime équilibré doit être « riche en fibre », mention obligée sur les emballages de certains « produits minceur ».

### *Des protéines*

L'élément azote est tout aussi essentiel à la vie dont il est le principal animateur : sans lui, pas d'acide aminé, donc pas de protéine ni

## **Le Seuil s'engage pour la protection de l'environnement**

Ce livre a été imprimé chez un imprimeur labellisé Imprim'Vert, marque créée en partenariat avec l'Agence de l'Eau, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) et l'UNIC (Union Nationale de l'Imprimerie et de la Communication).

La marque Imprim'Vert apporte trois garanties essentielles :

- la suppression totale de l'utilisation de produits toxiques ;
- la sécurisation des stockages de produits et de déchets dangereux ;
- la collecte et le traitement des produits dangereux.



RÉALISATION : PAO ÉDITIONS DU SEUIL  
IMPRESSION : CORLET IMPRIMEUR S. A. À CONDÉ-SUR-NOIREAU  
DÉPÔT LÉGAL : AVRIL 2010. N° 97483 (00000)  
*Imprimé en France*

