

(11) JEAN-BAPTISTE BOUSSINGAULT **(1802-1887)**

CHAPITRE III

Bechelbronn, berceau de la chimie agricole

Après l'étude des rendements du vignoble du Schmalzberg, Boussingault s'est attaqué à celle des fumures répandues sur les terres du domaine agricole du Pechelbronn. En déterminant la composition chimique des plantes avant et après ces fumures et celle des fumures dont elles ont profité, il vit que ces plantes contenaient généralement plus d'azote que ces fumures ne leur avaient apporté. Il en déduit que ce surplus d'azote ne pouvait provenir que de la fixation de l'azote atmosphérique. Mais sans réussir à expliquer ce phénomène, qu'il a été le premier à identifier. Après ces premières analyses, il lancera au Pechelbronn de nombreuses autres expérimentations. Il a ainsi été le premier à établir un laboratoire de chimie expérimentale dans une ferme et doit être considéré comme le père de la chimie agricole. Science nouvelle, dont l'agronome soviétique Prjanischnikow a situé la date de naissance en 1836. De nombreux avis autorisés ont confirmé que le berceau en est bien la ferme du Pechelbronn, et non pas le Liebfrauenberg, où Boussingault a travaillé à partir de 1845, ni la ferme modèle de Merkwiller, qu'il avait créée à la même époque.

Découverte par hasard

Ce ne sont évidemment pas ses travaux sur le vignoble du Schmalzberg qui ont établi la célébrité de Boussingault, mais les grandes expérimentations qu'il lança ensuite, non pas dans sa ferme de Merkwiller (qui d'ailleurs n'existait pas encore à cette date), mais bien à la ferme Le Bel du Pechelbronn, qui, soit dit en passant, s'écrivait encore Bechelbronn (déformation de Baechel-bronn) et que Boussingault désigne par conséquent systématiquement dans cette orthographe. Ces expérimentations sont à l'origine d'une découverte essentielle : les végétaux (surtout le trèfle, et dans une moindre mesure le froment) fixent également l'azote atmosphérique, et non seulement l'azote apporté par les fumures et les engrais.

Cette découverte, Boussingault la fit pour ainsi dire par hasard, à la suite de ses réflexions sur l'appauvrissement des sols par les cultures. Le domaine agricole, que les Le Bel avaient constitué autour de leur mine de sables bitumineux, n'était effectivement pas des mieux lotis. Avec ses sols fortement argileux, provenant d'anciennes friches communales, il jugea qu'il constituait « *un établissement très ordinaire* ». Mais à force d'y appliquer « *depuis de longues années un système invariable de culture* », celui-ci avait tout de même fini par donner des résultats honorables. On y pratiquait depuis 1800 un assolement de cinq ans, de pommes de terre, betteraves, froment, trèfle, navets et avoine, mais qu'il ne fallait pas omettre de soutenir au fumier de ferme. Ces terres, diagnostiquait Boussingault, ne sont « *pas foncièrement riches* ». « *Leur qualité décroîtrait rapidement si l'on cessait de leur rendre périodiquement la dose nécessaire* » en fumier.

En fidèle disciple de Lavoisier et de son théorème (*dans la nature, rien ne se perd, rien ne se crée*), il voulut alors déterminer ce que la fumure apportait à chaque culture de l'assolement. S'armant comme Lavoisier de la balance de précision, il commença par analyser très méthodiquement la composition chimique de l'engrais répandu dans les champs. Il s'agissait d'un fumier de ferme fermenté en tas, rejeté par le bétail des étables du Bechelbronn (alors constitué d'une trentaine de chevaux, d'une trentaine de bêtes à cornes et d'une vingtaine de porcs) et mêlé à

de la paille de litière, de la fiente de poule, de la colombine et des balayures de cour.

Boussingault analysa tout aussi méthodiquement la composition en carbone, hydrogène, oxygène et azote des végétaux avant et après les fumures. Puis il compara les trois grilles de résultats. L'exercice, par son ampleur, n'avait pas manqué de l'effrayer. « *J'avoue qu'avant de me livrer à ces recherches, écrit-il dans l'édition de 1851 de son *Economie rurale*, j'ai été arrêté un instant par le travail matériel assez rebutant que j'avais à exécuter. Mais je n'ai pas hésité, lorsque j'ai compris qu'indépendamment de la question importante que j'avais en vue, mes analyses présenteraient encore la composition élémentaire des aliments végétaux les plus usités.* »

Boussingault ne précise pas le temps qu'il dut y consacrer. A l'arrivée, en tout cas, il était clair, que toutes les récoltes de l'assolement contenaient, à des degrés divers, plus d'azote que les fumures ne leur avaient apporté. Cet azote « *en excès* » ne pouvait provenir du sol. En toute logique, Boussingault supposa qu'il « *provient de l'atmosphère* ». Mais il ne saura jamais se l'expliquer, car il était impossible que cet azote soit absorbé directement. Pour le comprendre, il aurait fallu qu'il soit biochimiste et adepte du microscope, et non pas de la seule balance de précision, puisque l'azote est en réalité transformé par des bactéries vivant en symbiose avec les racines des plantes.

Boussingault put présenter ses observations à l'Académie des Sciences dès décembre 1838. « *En parcourant (m)es différents tableaux d'analyse, expose-t-il, on reconnaît que constamment l'azote des récoltes excède l'azote des engrais. J'admets d'une manière générale que cet azote en excès provient de l'atmosphère. Quant au mode particulier par lequel ce principe est assimilé, je ne saurai le préciser* ». Les *Annales de chimie et de physique* s'en feront encore l'écho dans leur édition de 1838 (t. 69, p. 366), avant d'y revenir de manière plus exhaustive dans leur volume de janvier-avril 1841 (p. 208-246), mais sous le titre parfaitement anodin « *De la discussion de la valeur relative des assolements par les résultats de l'analyse élémentaire* ».

Curieusement, Boussingault n'en parle pas dans la première édition de 1844 de son *Economie rurale*. Mais il présente longuement les résultats de sa campagne de mesures sur la composition chimique des cultures du Bechelbronn dans le second tome (p. 163-235) de sa seconde édition de 1851, revue et augmentée, et cela dans le cadre d'un chapitre consacré aux assolements et à l'épuisement des sols, mais sans insister sur la fixation de l'azote atmosphérique. Sans doute s'oblige-t-il à la plus grande discrétion sur ce phénomène, n'étant toujours pas en mesure de l'expliquer.

Il hésitait finalement entre trois hypothèses, sans pouvoir en démontrer aucune. Il s'en expliquera le 5 février 1851, lors d'une séance de la Société centrale d'agriculture de France : « (j'ai) constaté le fait qu'il y a de l'azote fixé dans les végétaux, mais en laissant indécidée la question de l'origine de l'azote, si elle tient à l'azote libre, à l'azote de l'air contenu dans l'eau ou bien au carbonate d'ammoniaque contenu dans l'atmosphère » (1). La plupart des expérimentations qu'il mènera ensuite au Liebfrauenberg viseront à tirer ce problème au clair, mais sans succès probant, d'où sans doute son retour à la fin de sa vie aux recherches métallurgiques.

Naissance de la chimie agricole

Outre la découverte de la fixation de l'azote atmosphérique par les plantes, ces expérimentations du Bechelbronn eurent, devant l'Histoire, un autre immense mérite. Elles ont ouvert la science agronomique à l'étude des phénomènes chimiques se trouvant à l'origine de la croissance des plantes comme de la prise de poids et de l'engraissement des animaux de ferme, de la qualité de leur lait et de leur viande, marquant ainsi la naissance de la chimie agricole, de la chimie végétale, de la biochimie, de la chimie des engrais et de la pédologie (science des sols), pour lesquelles se passionneront ensuite d'innombrables générations de chercheurs, et cela à une époque justement où les campagnes surpeuplées et routinières ne parvenaient plus à produire les nourritures en suffisance.

Boussingault « *a introduit la balance dans l'étude des questions fondamentales de l'agriculture* », souligne ainsi Jean Jacques Théophile Schloesing, qui lui avait succédé à la chaire de chimie agricole du Conservatoire des arts et métiers (2). Boussingault a créé « *le premier laboratoire de chimie dans une ferme* », insiste pour sa part l'agronome soviétique, le Pr N. Prjanischnikow (3). Boussingault est « *le créateur de la première station agronomique* », proclament en 1877 les directeurs des stations agronomiques allemandes à l'occasion de leur congrès de Möckern en Saxe, dans une motion qu'ils ont télégraphiée à leur père spirituel, alors en séjour au Liebfrauenberg (4).

Et cette première station agronomique a été Pechelbronn. « *Pechelbronn fut la première station agronomique, dont devait sortir tout l'édifice de l'enseignement et de la recherche agronomique en France* », confirme le Pr Ernest Kahane (5).

L'oeuvre de Boussingault, ajoute Pierre Paul Dehérain, membre de l'Académie des sciences, professeur au Muséum d'histoire naturelle de Paris et à l'Ecole nationale supérieure agronomique de Grignon, est « *impérissable* ». « *En appliquant les procédés rigoureux de la Chimie analytique à l'étude des questions agricoles, il a posé sur un sol solide, inébranlable, les bases d'une Science nouvelle : la Chimie agricole date de lui. Quand il commença, elle en était encore aux tâtonnements des débuts. A la fin de sa longue vie, M. Boussingault a pu voir les procédés de recherches qu'il a imaginés partout employés ; ses idées contrôlées par des milliers d'expériences, enseignées dans tous les cours ; la Science agricole enfin assez sûre d'elle pour guider les praticiens et les conduire au succès.* »

Son « *influence a été immense. En appliquant d'abord les procédés de l'analyse élémentaire à l'étude des fourrages, puis en comparant leur composition à celle des produits rejetés, il a pu, pour la première fois établir sur des bases précises les phénomènes de nutrition. En analysant de même les engrais introduits dans le sol et les végétaux recueillis, il a encore posé l'équation que nous nous efforçons toujours de résoudre entre l'azote introduit et l'azote recueilli* » (6).

Mais Boussingault, ainsi qu'il l'indique lui-même, n'aurait pu tenir ce rôle, si la ferme du Bechelbronn n'avait pas été tenue avec rigueur et régularité. Sans ce socle de stabilité, créé par Marie Joseph Achille Le Bel et continué par son fils Louis Frédéric Achille, aucun résultat scientifique crédible n'aurait sans doute pu être établi. La ferme, que Boussingault créa ensuite à Merkwiller, n'eut jamais cette rigueur ni cette régularité, d'autant que lui-même n'y résidait jamais. A la différence de la ferme du Pechelbronn, il était donc impossible qu'elle devienne une ferme expérimentale.

Datation soviétique

Pendant longtemps, cependant, les innovations du père de la chimie agricole n'avaient pas été datées, à la seule exception de Jean-Jacques Théophile Schloesing, son successeur au Cnam, qui les a situées dans une séquence temporelle finalement assez courte. « *L'espace de trois années de 1836 à 1839 avaient suffi (à Boussingault) pour accomplir sa tâche* », avait-il déclaré dans le discours qu'il prononça au Cnam le 7 juillet 1895 pour l'inauguration de son monument (2).

C'est seulement pour le centenaire, que l'agronome soviétique Prjanischnikow proposa de retenir l'année 1836, comme date de naissance de la chimie agricole et cela dans un long article qu'il fit paraître le 30 mai 1936 dans le quotidien moscovite *Les Izvestia* (3). Celui-ci eut d'autant plus de retentissement qu'à Paris personne n'y avait songé.

Aussitôt, l'Association française pour l'étude du sol décida d'en publier la traduction française dans le numéro d'octobre 1936 de son propre bulletin. A la hâte, elle organisa également une

« *Commémoration du centenaire de la chimie agricole* ». Celle-ci eut lieu à Paris le 30 octobre 1936. Elle commença par un déjeuner amical au restaurant Félix Potin. Puis l'on parcourut en car, avec plusieurs de ses anciens élèves (dont Achille Müntz, le fils du notaire de Soultz-sous-Forêts), les lieux que Boussingault avait naguère fréquentés : le 49 de la rue d'Anjou où il s'était éteint ; le 22 de la rue de la Parcheminerie, où il avait grandi ; le 8 de la rue du Pas de la Mule, entre la place des Vosges et le boulevard Beaumarchais, où il avait habité ; le cimetière du Père Lachaise, où il a été enterré ; et le Conservatoire des arts et métiers enfin, où il avait enseigné et mené une partie de ses recherches, et où Désiré Doyen, le président de l'association, prononça un discours solennel (7).

Sur place, au Pechelbronn, il n'y eut rien. Deux ans plus tôt, toutefois, le 7 juillet 1934, les pédologues de l'Association internationale de la science du sol, fondée à Rome en 1924, s'étaient déjà rendus solennellement à la ferme du Pechelbronn, et non pas à la ferme Boussingault de Merkwiller, pour honorer la mémoire du père de la chimie agricole. Leur rencontre avait réuni 37 personnes, épouses comprises, ainsi que permet de l'établir la photo souvenir prise devant le château Le Bel (8).

Cette date de 1836 est établie de manière irréfutable par la seconde édition d'*Economie rurale*, l'ouvrage phare de Boussingault, qui fait en effet démarrer à cette date ses analyses chimiques sur l'apport des fumures dans les assolements. Elle n'est devancée par aucun autre établissement dans le monde, ainsi que le confirme F. W. J. McCosh, le biographe américain du père de la chimie agricole. « *In the case of Bechelbronn, écrit-il, there is no doubt that it started in 1836 as an experimental station in the modern sense of the term, having priority in time over Rothamsted in England, opened in 1843, and Moeckern in Germany in 1852* » (8).

Autres témoignages

Nous pourrions évidemment multiplier les citations d'auteurs autorisés, qui confirment la place éminente, sinon la première, occupée par la ferme Le Bel du Pechelbronn, et non pas le Liebfrauenberg ou la ferme Boussingault de Merkwiller, dans la science agronomique.

Mentionnons tout de même l'agronome Auguste Chevalier (1809-1868), qui écrit : « *Nul autre établissement (que la ferme du Pechelbronn) n'aura fourni un plus grand nombre d'éléments, ni des éléments plus importants à la science, qui préparent en ce moment l'avenir de l'agriculture française. Là, tout est étudié par des méthodes précises. Tout se pèse, tout s'analyse, tout se transforme en résultats numériques, précis et comparables* » (9).

Léonce Lavergne, qui a été professeur d'économie rurale à l'Institut agronomique de Versailles de 1850 à 1852, ajoute : « *Le nom de la ferme de Bechelbronn marquera au moins autant que Roville (la ferme modèle créée par Mathieu de Dombasle au sud de Nancy) dans l'histoire de l'agriculture française. Boussingault y a fait des expériences célèbres qui sont devenues le point de départ de la nouvelle science agricole. Ses découvertes chimiques et physiologiques sur la composition des végétaux, leur mode de nutrition, l'action des engrais, la formation de la viande ont donné enfin des bases positives à ce qui n'était avant lui qu'un douteux empirisme* » (10).

Dans son *Cours d'agriculture*, le comte de Gasparin avance pour sa part : « *M. Boussingault voulut compléter la démonstration par les résultats de la pratique en grand. Tous les produits agricoles d'une ferme (Bechelbronn) furent, pendant plusieurs années, soumis à l'analyse, ainsi que les engrais fournis aux terrains, et c'est de cette grande expérience que l'on peut véritablement dater l'époque de l'établissement définitif de la théorie agricole* » (11).

Plus récemment, Nathalie Jas, maître de conférences à l'Université d'Orsay et historienne des

recherches agronomiques franco-allemandes, a écrit : « *Quand Boussingault commence à travailler dans le domaine de la chimie agricole en 1836, on ne savait même pas que le foin contient de l'azote. En 1876, quand il s'arrête, les connaissances sur le cycle de l'azote et sur les réactions chimiques peuvent apparaître comme gigantesques face au point de départ* » (12).

D'ailleurs Boussingault ne disait-il pas lui-même à son élève Dehérain, que lorsqu'il commença ses recherches agronomiques au Pechelbronn « *il n'existait pas une seule analyse d'engrais* » (13). Les agronomes allemands en convenaient eux-mêmes. En 1877, à l'occasion de leur congrès annuel à la station agricole de Möckern, près de Leipzig, ils expédièrent à Boussingault le télégramme suivant : « *au premier chimiste agricole, ses continuateurs adressent un chaleureux vivat* ».

Autres calculs des rendements

En 1839, Boussingault avait également introduit au Bechelbronn la culture en continu du topinambour, donc hors assolement et en le fumant au marc de pommes à cidre ou au fumier de ferme. Il en calcula le rendement. Dans un terrain « *peu profond* », celui-ci pouvait atteindre 26 440 kg de tubercules et 1 410 kg de tiges sèches par hectare. Il en analysa la composition chimique et en recommandait la culture, car le topinambour pouvait suppléer à bon compte les pénuries, encore assez fréquentes, de fourrages et de pommes de terre.

« *Habilement secondé* » par Louis Frédéric Achille, le père de la chimie agricole calcula finalement le rendement à l'hectare de toutes les céréales (blé, froment, avoine, seigle, maïs...) cultivées au Bechelbronn, de même que celui des pommes de terre, des betteraves champêtres et des pois jaunes, jusqu'à celui des pruniers de Kutzenhausen. Curieusement, à 12 800 kg en moyenne par ha, celui des pommes de terre était inférieur à celui généralement donné alors pour l'Alsace (de 19 à 20 000 kg/ha). Boussingault vit aussi que le rendement du froment variait en fonction de la sole qui le précédait : 17 hl/ha après la pomme de terre ; 15 hl/ha après la betterave ; et 21 hl/ha après le trèfle rompu... Il alla jusqu'à faire compter le nombre d'épis par m² : 380, canton *Ebersbronn* à Lampertsloch, contre 410, canton *Reitling* à Kutzenhausen !

En 1841 et 1842, il analysa la composition chimique des cendres du foin provenant des prairies des rives de la Sauer, que les Le Bel possédaient à Durrenbach. En 1842 et 1843, il chercha à évaluer l'action du plâtrage sur le froment, le seigle, l'avoine et les betteraves, avec chaque fois deux lots, l'un plâtré, l'autre non plâtré, concluant que le plâtre ne produit aucun effet appréciable, contrairement aux théories de l'allemand Justus Liebig, qui prétendait que le plâtre fixait l'ammoniaque de la pluie.

Il analysa les cendres de trèfle non plâtré et plâtré, constatant pour le sulfate de chaux une petite différence de teneur : 6 % dans le trèfle non plâtré et 5,7 % dans le trèfle plâtré. Il fit aussi l'analyse chimique exhaustive des fumiers ainsi que des substances salines apportées aux cultures par l'eau potable donnée aux animaux. Il calcula que les fumiers du Bechelbronn accumulaient plus de 100 kg de sels alcalins. Pour abreuver les animaux ou pour irriguer les prés, on gagnait donc à préférer l'eau qui sera « *la plus riche en sels alcalins, sans cesser d'être potable* ».

Il calcula qu'un chariot attelé de quatre chevaux, utilisé pour épandre le fumier de ferme du Bechelbronn contenait 1 818 kg de matière humide ou 376,33 kg d'engrais complètement sec. La première sole en recevait 27 voitures par hectare, soit 49 086 kg de matières humides ou 10 161 kg d'engrais sec. Les champs de topinambour, par contre, n'en recevaient que 25 voitures/ha tous les deux ans, soit 45 450 kg de matière humide.

Le fumier de ferme était parfois complété d'« *une forte dose de cendres de tourbe et de plâtre* ».

La sole de trèfle de première année recevait ainsi 5 m³ de cendres de tourbe. La sole de deuxième année en recevait autant au commencement du printemps, soit au total 10 m³ pesant 5 000 kg. Le trèfle de deuxième année recevait également du plâtre, mais Boussingault le trouvait « *parfaitement inutile* ».

Toutes ces mesures lui permirent d'établir à Paris, avec son collègue Payen, un tableau des équivalences des engrais selon leur dosage en azote et en acide phosphorique (où le fumier de Bechelbronn est d'ailleurs mentionné en premier), de même qu'un tableau des équivalents nutritifs des aliments du bétail, premiers du genre (14).

Le sablage du Rummel

Dans son *Economie rurale* de 1851, Boussingault rend également compte de son expérience de sablage d'un terrain de 2,29 hectares du *Rummel*, donc de l'ancien communal de Kutzenhausen, de plus de 7 ha de superficie, qui flanquait le domaine du Bechelbronn au sud-est. Le père de la chimie agricole voulut par là en rehausser la nature assez ingrate. « *Nos terres de Bechelbronn, explique-t-il, sont généralement fortes. Nos sols tenaces restent impraticables aux attelages pendant une trop grande partie du printemps, quand ils n'ont pas été suffisamment séchés en mars et en avril par un vent impétueux venant de l'Est.* »

Précédemment, il avait déjà pu « *considérablement améliorer* » les jardins du domaine en y répandant des sables lavés provenant de l'usine de graisse minérale. Il en fit donc de même pour le *Rummel* sur une hauteur de 5 cm. Pendant la saison d'hiver, il en fit porter, selon ses calculs, 1 010 m³. La distance à parcourir, heureusement, était courte (environ 200 m). Neuf cent quinze chargements, très exactement, durent y être consacrés. Il en coûta 214 journées de chevaux (soit 321 francs) et 161 journées d'ouvriers (soit 148,94 francs). La dépense totale était donc de 469,94 francs, soit 213,60 francs par hectare.

Elle n'a pas été inutile, puisque l'année suivante le trèfle du Rummel fut le seul à résister à l'extrême sécheresse de 1840. Mais l'opération aurait évidemment été moins avantageuse, admet Boussingault, s'il avait fallu amener le sable sur une plus grande distance.

Charles Henri Schattenmann, le directeur des mines de Bouxwiller, réemployait lui aussi son minerai lessivé. Celui-ci avait même l'avantage de contenir du sulfate de fer, qui ajouté au purin en arrêta la fermentation et en changea le carbonate d'ammoniaque, sel volatil, en un sel fixe et stable, le sulfate d'ammoniaque, très fertilisant pour les prairies. Il était donc très apprécié des cultivateurs, à qui Schattenmann l'offrait gratuitement. Des cultivateurs lorrains venaient en prendre jusque dans un rayon de 30 à 40 km. Et bien sûr, Schattenmann épandait lui-même du purin ainsi traité sur ses prairies, ce qui avait pour effet de doubler quasiment son rendement de foin à 66,5 kg/are, pour une dépense de 125 litres de résidu, soit 60 centimes par are seulement (15).

C'est donc auprès de Schattenmann que Boussingault se procura les sels minéraux que réclamaient ses expérimentations. En 1845, il lui commanda « *une quantité considérable de phosphate de chaux, déjà dissous dans l'acide phosphorique* », et qui était un sous-produit de sa fabrique de colle d'os. Il comptait en extraire de l'acide phosphorique, « *phosphate double, plus avantageux que les autres sels ammoniacaux comme engrais* ». C'était pour continuer une première expérimentation, où il avait planté du maïs hâtif dans deux séries de vases de grès, mais dont la deuxième était ajoutée de phosphate ammoniac-magnésien, et qui de ce fait avait donné au quatrième mois du maïs une fois et demi plus haut et deux épis complets deux fois plus gros au lieu d'un (16).

Recherches sur l'alimentation du bétail

La pénurie de fourrage, qui suivit la grande sécheresse de 1840, avait obligé les Le Bel à remplacer, dans leurs écuries du Bechelbronn, une grande partie du foin par des pommes de terre.

Aussi, Boussingault décida-t-il de relancer ses recherches sur les équivalences des aliments pour le bétail. Il établit que pour être en bonne condition les chevaux d'attelage du Bechelbronn réclamaient chaque jour 10 kg de foin, 2,50 kg de paille et 3,29 kg d'avoine. Puis il voulut connaître les effets de modifications dans ces rations. Il remplaça la moitié de la ration de foin par des pommes de terre légèrement cuites à la vapeur. Puis il remplaça 5 kg de leur ration de foin par 14 kg de tubercules de topinambours coupés en tranches ; puis par 14 kg de pommes de terre, pendant qu'un attelage témoin de quatre chevaux continuait d'être nourri normalement.

Il remplaça également l'avoine et la paille de la ration ordinaire par 7,1 kg de foin. Puis, il y introduisit successivement des betteraves, du rutabaga, des carottes et du seigle cuit, en remplacement de l'avoine. Cette expérimentation dura onze jours, au terme desquels il pesa les deux attelages pour déterminer si leur masse avait divergé. Il répéta ensuite ces essais, dans les écuries de l'Ecole militaire à Paris. A partir de 1875, et à la demande du ministère de la guerre, son élève Achille Müntz les reprendra, à plus grande échelle encore, dans les écuries de la Compagnie des omnibus de Paris (17).

En 1847, en tout cas, Boussingault en vint à la conclusion que « *dans le cas où le trèfle viendrait à manquer, on pourrait utiliser le topinambour comme sole de fourrage vert* ». Il démontra que le topinambour renferme la même quantité nutritive que la pomme de terre.

Cherchant également à améliorer le rendement des bêtes à cornes, il calcula la matière grasse qu'une vache consommait et produisait dans son lait pendant quatre jours. Il conclut que « *la vache extrait de ses aliments (betteraves, foin, paille) presque toute la matière grasse qu'ils renferment et qu'elle convertit cette matière grasse en beurre* ». En changeant les rations trèfle/foin, il admit que « *le trèfle vert n'augmente pas sensiblement la production de lait chez les vaches* », « *que la nature des aliments consommés n'exerce pas une influence bien marquée sur la quantité et la constitution chimique du lait (je ne dis pas sur la qualité), si les vaches reçoivent les équivalents nutritifs de ces différents aliments* ».

Boussingault mesura aussi le poids d'un veau nourri au lait à sa naissance, à 13 jours, puis à 46 jours. Il calcula qu'au Bechelbronn les veaux consommaient environ 300 litres de lait au pis de leur mère pendant leurs 42 jours d'allaitement. Il a cherché à savoir si la nature des aliments consommés par les vaches avait une influence sur la quantité et la constitution chimique de leur lait. En 1840-1841, puis de nouveau en 1843-1844, il calcula le rapport entre fourrages consommés et fumier extrait de la fosse du Bechelbronn.

Dans le courant de l'hiver 1849, et en son absence, Louis Frédéric Achille Le Bel se chargea de donner à ses vaches du foin non fermenté, puis du foin fermenté, à la suite de quoi il compara leur gain en poids ainsi que leur produit en lait comme en fumier humide. Comme on pense, cette dernière expérimentation n'a guère plaidé en faveur des fourrages fermentés.

A la ferme du Bechelbronn, Boussingault voulut également élucider les mécanismes du développement de la graisse chez les animaux. Pour cette étude, par contre, il prit la dizaine de porcs de la porcherie, située au fond de l'arrière-cour, pour cobayes. En 1841-1842, il quantifia la nourriture qu'ils prenaient depuis leur naissance jusqu'à la fin de leur croissance et aboutit à la conclusion, nouvelle pour l'époque, que « *les animaux n'engraissent pas par assimilation directe de la graisse des aliments* ». Une seconde expérimentation en 1844 lui permit de « *rejeter définitivement l'opinion de l'assimilation directe de la graisse des aliments* » (18).

Recherches sur l'influence du sel

Boussingault, enfin, a été le premier au monde à vouloir « *déterminer l'influence que le sel, ajouté à la ration, exerce sur le développement du bétail* ». Il en présenta les résultats à l'Académie des sciences le 25 octobre 1847, puis les publia dans trois volumes des *Annales de chimie et de physique* (t. 19, 20 et 22) des années 1847 et 1848.

Dans une première expérience, il rationna deux lots de trois jeunes taureaux du Bechelbronn à raison de 3 kg de foin par jour pour 100 kg de poids vivant. Les animaux furent ensuite nourris à discrétion, avec une partie de leur ration donnée en betteraves. Le premier lot continua de recevoir 102 g de sel par jour, mais le second lot aucun. A la fin, le lot des trois jeunes taureaux qui avait reçu du sel pesait 480 kg, et celui qui n'en avait pas reçu : 452 kg.

En l'absence de Boussingault, Louis Frédéric Achille Le Bel dirigea ensuite seul la seconde partie de l'expérimentation. Celle-ci consistait à calculer les consommations en eau, foin, regain et betteraves des deux mêmes lots de taureaux, du 13 novembre 1846 jusqu'au matin du 11 mars 1847, soit pendant 117 jours, l'un recevant du sel à discrétion (il en consomma 12 kg), l'autre en étant entièrement privé. Résultat : le lot qui avait eu du sel avait absorbé plus d'eau, de foin, de regain et de betteraves que le lot qui n'en avait pas reçu. Mais les deux lots avaient fait le même gain en poids (138 kg).

Conclusion : « *le sel ajouté à la ration administrée à discrétion n'a pas eu d'effet appréciable sur le développement des jeunes taureaux* » (20). Mais Alix, l'un des trois taureaux du lot sans sel fut saisi d'une grave affection intestinale. On dut le mettre à la diète, lui faire des injections émoullientes à base de gingembre et lui donner des boissons mucilagineuses. Ce qui lui fit perdre rapidement 40 kg.

Le troisième volet de l'expérimentation, toujours sous la responsabilité de Louis Frédéric Achille Le Bel consista à évaluer « *l'influence que le sel ajouté à la ration des vaches peut exercer sur la production du lait* ». Mais il n'y eut cette fois qu'un seul cobaye : la vache n° 18 de l'étable du Bechelbronn, appelée Juno et « *appartenant à la race de Schwitz* ». Considérée comme « *une bonne laitière* », elle avait fait deux veaux le 1^{er} mars 1847. Pendant 21 jours, du 29 avril au 19 mai 1847, elle ne reçut pas de sel. Son poids se maintint à 493 kg et elle donna 7,9 litres de lait par jour, soit 40,39 litres pour 100 kg de foin consommé. Puis, du 20 mai au 15 juin 1847, elle put consommer du foin à discrétion, ajouté de 60 g de sel marin par jour. A l'issue de ces 27 jours, elle pesa 498 kg. Elle avait donné 7,93 litres de lait par jour, soit 40,04 litres pour 100 kg de foin de consommé.

Conclusion de Boussingault : « *dans cette expérience, l'influence du sel a été nulle, tant sur la production de lait que sur la consommation de fourrage* ». « *Ces recherches, enchaîne le père de la chimie agricole, montrent que le sel est loin d'exercer sur le développement du bétail, sur la production de la chair, l'influence qu'on est généralement porté à lui attribuer (...). Si le sel ajouté à la ration a eu un effet peu prononcé sur la croissance du bétail, il paraît avoir exercé une action favorable sur l'aspect et les qualités des animaux* » (20).

Ces expérimentations sur l'alimentation des herbivores sont sans conteste les premières du genre. M. de Béhague, en effet, ne lancera les siennes à Dampierre qu'à partir de février 1847 (21).

Premières analyses des bitumes

Boussingault analysa également la composition chimique du bitume du Bechelbronn. C'est une autre première, car l'absence d'analyse chimique avait empêché les minéralogistes d'établir jusqu'ici une classification claire des produits pétroliers.

Sa première analyse remonte à 1836. Il put la présenter à l'Académie des sciences à la séance du 19 septembre, quelques mois avant d'y exposer ses premiers travaux sur la vigne du Schmalzberg. Pour cette analyse, Boussingault compara le bitume du Bechelbronn à l'asphalte de Coxitambo au Pérou. Il donna le nom de « *pétrolène* » au carbure d'hydrogène qu'il a obtenu en distillant notre bitume avec de l'eau. Ce pétrolène contenait 0,885 de carbone pour 0,115 d'hydrogène. Il conclut qu'il « *est par conséquent isomérique avec les huiles essentielles de térébenthine, de citron et de copahu* ». Il en calcula également la composition atomique : 80 atomes de carbone pour 64 atomes d'hydrogène.

Il vit que le bitume du Bechelbronn contenait en outre « *une substance noire solide, absolument insoluble dans l'alcool et soluble de l'éther* ». Il lui donna le nom de « *asphaltène* », parce que cette substance colorante forme « *la base de l'espèce minérale que les minéralogistes décrivent sous le nom d'asphalte* ». Cet asphaltène était composé de 0,753 de carbone, de 0,099 d'hydrogène et de 0,148 d'oxygène, composition qu'il représenta par la formule $C^{80} H^{64} O^6$. Purifié par l'éther, le bitume de Bechelbronn ne paraît donc être selon lui qu'un mélange de pétrolène et d'asphaltène. Il contient 0,870 de carbone, 0,112 d'hydrogène et 0,018 d'oxygène (22).

En 1836, toujours, Boussingault testa un autre procédé de séparation des matières bitumineuses d'avec le sable qu'elles imprégnaient. Il consistait à « *les traiter dans un tonneau tournant sur un axe, par de l'eau froide et de l'eau chaude* ». Mais il ne permit pas d'obtenir une séparation aussi complète que le procédé traditionnel, consistant à soumettre le minerai à une forte ébullition tout en le remuant fréquemment (23).

Cinq ans plus tard, en 1841, Boussingault reprit ses analyses de composition chimique. Il soumit le bitume visqueux du Bechelbronn à une distillation ménagée à 230°C et obtint une huile jaune présentant toutes les propriétés du pétrolène. Il trouva qu'elle contenait de 0,882 à 0,886 de carbone et de 0,123 à 0,127 d'hydrogène.

Il analysa ensuite le bitume vierge, qui surgissait alors « *à la surface d'une prairie dans le voisinage de la fabrique* » (donc à la source primitive du Baechel-Brunn). Ce bitume était brun, aromatique, mais d'une consistance beaucoup moins ferme que le bitume provenant du sable bouilli à la fabrique. De composition assez voisine, il contenait 0,883 de carbone, 0,111 d'hydrogène, 0,011 d'azote et probablement aussi une petite quantité d'oxygène.

En 1841 toujours, Boussingault a également analysé le bitume liquide ou huile de pétrole, qui était monté au jour dans les environs de Hatten (de Schwabwiller en réalité), à la suite de quelques coups de sonde dans le terrain tertiaire. Ce bitume très fluide, d'un brun assez foncé et d'une odeur agréable rappelait celle du pétrolène. Il contenait 0,887 de carbone, 0,126 d'hydrogène et 0,004 d'azote. Ces trois analyses parurent d'abord dans les *Annales des mines* de 1841 (t. 19, p. 609), puis dans les *Annales de chimie* de la même année (t. 73, p. 442).

Puis Boussingault s'impliqua dans l'organisation à Strasbourg, en septembre et octobre 1842, et à l'initiative de la municipalité, du 11e Congrès scientifique (international) de France. Avec Duvernoy, professeur au Collège de France, il a même été le premier membre de l'Académie des sciences à s'investir aussi activement dans un tel événement. Il en fut l'un des quatre vice-présidents, alors que le règlement n'en avait prévu que trois, mais comme il y avait onze candidats... Boussingault fut en outre le président de la deuxième section (sur huit) de ce congrès, celle des sciences physiques et mathématiques.

On y parla du Pechelbronn et de la mine de Lobsann. Mais c'était à la sixième séance de la première section (histoire naturelle), le 4 octobre, lors d'une discussion lancée par l'ingénieur en chef des mines du Bas-Rhin de Billy sur l'origine du bitume. Celui-ci se fonda sur les analyses du

pétrolène et de l'asphaltène de Boussingault pour affirmer que le pétrole ne pouvait pas résulter de l'action réciproque du lignite, du sel gemme et du bitume (24).

Joseph Achille Le Bel (le fils de Louis Frédéric Achille Le Bel) et **Achille Müntz** (le préparateur de Boussingault) referont trente ans plus tard d'autres analyses, plus poussées, de l'asphaltène du bitume du Pechelbronn ainsi que de bitumes rapportés de Chine et d'Egypte. Ils purent en présenter les résultats à la séance du 1^{er} mars 1872 de la Société chimique de Paris et déduisirent de la présence de cette matière que les bitumes naturels n'ont point subi de distillation, ni même l'action de fortes chaleurs et qu'ils dérivent par conséquent directement des houilles et du lignite.

Par la suite, Joseph Achille Le Bel publiera encore dans le *Bulletin de la Société chimique de Paris* de 1897 (t. 17, p. 136) des « *Recherches sur les asphaltènes* ». Les deux vocables de pétrolène et d'asphaltène, inventés par Boussingault au Pechelbronn, se sont donc imposés dans le jargon pétrolier international. Dès 1844, Justus Liebig, l'alter ego allemand de Boussingault, les avait d'ailleurs validés dans son « *Traité de chimie organique* » (t. 3, p. 192-193).

Dispute sur l'éclairage électrique des mines

Curieux de tout, Boussingault s'intéressa aussi à l'électricité. A la séance de l'Académie des sciences du 12 janvier 1846, on en était ainsi venu à commenter un article de presse attribuant au genevois de la Rive l'idée d'employer la lumière électrique dans les mines. François Arago fit alors remarquer que cette primeur revenait en réalité à Boussingault, qui aurait même été le premier à l'appliquer réellement dans les mines (du Bechelbronn bien sûr). Ce qui fut évidemment consigné et publié dans les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie*.

L'y ayant lu, Louyet, professeur de chimie à Bruxelles, écrivit aussitôt à l'Académie pour indiquer qu'en réalité c'est lui qui avait eu le premier l'idée d'employer des piles voltaïques dans les mines, comme le prouvait un article de presse du 26 octobre 1836. A la séance suivante du 2 février 1846, Boussingault fit donc cette mise au point : ce n'est qu'au lendemain de l'explosion du 15 juin 1845, qui avait fait cinq morts et deux blessés au puits Madeleine des mines du Bechelbronn, qu'il pensa « *appliquer la lumière de la pile à l'éclairage des travaux souterrains. Il ne s'est cependant pas borné à proposer ce moyen. Il l'a employé pour éclairer, sans danger, une atmosphère des plus explosives* » (25). C'est donc à lui que revenait effectivement la primeur de l'application.

En réalité, Bechelbronn resta fidèle à la lampe à huile du britannique Davy, déjà en usage lors de l'explosion du 15 juin 1845. Cette lampe ne déclenchait en effet aucune explosion grâce au treillis métallique qui coiffait sa flamme.

Jamais à court d'idées, Boussingault imagina alors un procédé « *très simple* », permettant de vérifier toutes les semaines la sécurité de cette lampe, procédé que l'ingénieur des mines du Bas-Rhin Auguste Daubrée mentionne pour la première fois le 18 juin 1855, à l'occasion de son inspection annuelle. On verse d'abord un peu d'éther dans un vase de fer blanc de forme cylindrique, muni vers le bas d'une petite ouverture. Cet éther se répand en vapeur dans le vase, puis on y plonge la lampe Davy allumée. « *A l'instant, on voit (alors) si la toile arrête bien l'inflammation intérieure* ». Selon Daubrée, l'administration devait recommander ce procédé dans toutes les mines où l'on faisait usage de lampes à toiles métalliques (26).

Observations sur la foudre

Electricité toujours : le 27 mai 1842, Boussingault écrivit à François Arago, président de l'Académie des Sciences, pour lui raconter comment il avait manqué de peu d'être frappé par la foudre dans l'après-midi du dimanche 22 mai précédent, au château Le Bel du Bechelbronn.

« A mesure que l'orage approchait, explique-t-il, l'intensité du vent diminuait. La pluie tombait verticalement, lorsque sur les deux heures et demie de l'après-midi, on entendit un violent coup de tonnerre, et au même instant il sortit d'un tuyau de poêle placé dans mon appartement deux jets de feu électrique qui se dirigèrent l'un sur le mur, l'autre sur un fauteuil, dans lequel fort heureusement je ne me trouvais pas. Dans une pièce située au-dessus de l'étage que j'occupe, une domestique vit la lumière électrique jaillir de toutes parts. Cette femme affirme avoir senti une odeur sulfureuse très prononcée. Moi, je n'ai remarqué aucune odeur. Une personne de ma famille, qui se trouvait alors dans le rez-de-chaussée d'une habitation voisine, a vu au moment de l'explosion, la toiture du Bechelbronn complètement illuminée. Il n'est arrivé aucun accident, la foudre n'a pas même laissé de trace de son passage, du moins dans les parties du bâtiment que j'ai pu visiter. »

Boussingault ajoute qu'au cours de ce même orage la foudre était également tombée sur un poirier sauvage (*Spachbirn*) situé à la limite d'un champ de blé, à une trentaine de mètres de la tuilerie de Lampertsloch. La foudre l'avait frappé un peu avant l'arrivée de la pluie. Il y eut une explosion qui jeta des éclats de bois dans toutes les directions jusqu'à une douzaine de mètres, tout en dégageant une épaisse colonne de vapeur, comparable, selon le tuilier, à la fumée qui sort d'une cheminée quand on charge un foyer avec de la houille. Après la dissipation de cette vapeur, le tronc du poirier se montra d'une blancheur surprenante. La foudre l'avait totalement dépouillé de son écorce depuis la naissance des branches principales jusqu'au collet des racines. Trois de ses cinq grosses branches avaient été rompues. Leurs rameaux touchaient à terre, mais elles adhéraient encore à l'arbre. A un mètre, une racine était sortie de terre, également privée de son enveloppe. L'arbre était fendu sur toute sa longueur en deux parties inégales, chacune de ces parties présentant plusieurs fissures.

A deux reprises, Boussingault était allé l'examiner longuement. « Je n'ai pu découvrir aucun indice de combustion, pas la moindre apparence de carbonisation, précise-t-il. C'est bien de la vapeur aqueuse qui s'est dégagée de l'arbre au moment de l'explosion et c'est probablement par le développement subit de cette vapeur entre l'aubier et l'écorce que cette dernière a été brisée et lancée au loin. Si l'on n'avait pas vu le tonnerre tomber sur le poirier de Lampertsloch, on pourrait croire que cet arbre a été brisé par un ouragan et que son écorce a été enlevée par la main de l'homme » (27).

Et comme Arago ne demandait qu'à recevoir d'autres témoignages sur les effets de la foudre et leur odeur, Boussingault lui décrira quatre ans plus tard le cas d'un autre poirier foudroyé dans la nuit du 4 au 5 mai 1846 dans un champ en bordure de la route de Woerth à Reichshoffen. Il était également allé l'examiner. Un témoin assurait que l'arbre exhalait « une odeur insupportable de soufre », ce qu'ont également reconnu d'autres curieux.

Mais Boussingault prétend le contraire. « Cette odeur n'était aucunement sulfureuse, écrit-il. Elle rappelle celle que l'on perçoit dans les usines où l'on fait du vinaigre en distillant du bois. Je crois qu'on est trop généralement porté à prendre pour des vapeurs sulfureuses toutes les vapeurs pénétrantes, nauséabondes, qui se développent nécessairement toutes les fois qu'un corps organique est soumis à la chaleur intense que peut occasionner le passage de l'électricité » (28). ©

Jean-Claude Streicher (septembre 2008)

NOTES :

- (1) Bull. des séances de la Société nationale et centrale d'agriculture, 2e Série, t. 6, 1851, p. 470-471).
- (2) Jean Jacques Théophile Schloesing, membre de l'Académie des sciences, président de la Société nationale d'agriculture de France, professeur au Conservatoire des arts et métiers, président du Comité du monument : « *Discours à l'inauguration du monument de Boussingault au Conservatoire des arts et métiers à Paris, le dimanche 7 juillet 1895* », Annales du Centre des arts et métiers, Paris, 1895, <http://cnum.cnam.fr/CGI/sresrech.cgi?8KU54-2.7/0177>.
- (3) N. Prjanischnikow : « *Cent ans de chimie agricole* », *Les Izvestia*, 30 mai 1936, puis traduit en français et publié par le *Bulletin de l'Association française pour l'étude du sol*, t. 2, n° 3, octobre 1936.
- (4) *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*, t. 73, n° 6, 1987, p. 20, pour le centenaire de sa mort.
- (5) Ernest Kahane : « *Boussingault entre Lavoisier et Pasteur* », Jonas Editeur, 78780 Argueil, 1988.
- (6) P.-P. Dehérain : « *L'oeuvre agricole de M. Boussingault* », *Annales agronomiques*, 1887, t. 13, et *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 1886, t. 2.
- (7) *Bulletin de l'Ass. française pour l'étude du sol*, t. 2, n° 4, décembre 1936, Paris.
- (8) Frederik William James McCosh : « *Boussingault, Chemist and Agriculturist* », Dordrecht, Holland, 1984.
- (9) *Journal de chimie médicale, de pharmacie, de toxicologie*, t. 2, 3e série, 1846, p. 365.
- (10) Léonce Lavergne : « *L'économie rurale de la France* », *Séances et travaux de l'Académie des sciences morales*, 3e série, t. 16, 1856, p. 31-32.
- (11) Cité par Edouard Lecouteux, dans : « *La ferme de Bechelbronn* », *Journal d'agriculture pratique*, 8 octobre 1868, p. 450-452. Edouard Lecouteux en était le rédacteur en chef, propriétaire agriculteur dans le Loir-et-Cher et professeur d'agriculture au Conservatoire des arts et métiers.
- (12) Nathalie Jas : « *Au carrefour de la chimie et de l'agriculture: les sciences agronomique en France et en Allemagne, 1840-1914* », Ed. des Archives contemporaines, Paris, 2001, 433 p.
- (13) P.-P. Dehérain : « *L'oeuvre agricole de M. Boussingault* », *Annales agronomiques*, 1887, t. 13, et *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 1886, t. 2.
- (14) « *Le bon fermier* », 1869, 6^e édition, Paris, p. 1242-1267.
- (15) Charles Henri Schattenmann : « *Mémoire sur la construction des fosses à fumier, sur le traitement des fumiers et sur l'emploi des engrais liquides, présenté à la Société des sciences, agriculture et arts du département du Bas-Rhin, et couronné par cette société le 27 décembre 1846* », Strasbourg, 1^e édition de 1847.
- (16) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 29 septembre 1845 et *Bibliothèque universelle de Genève*, t. 59, 1845.
- (17) « *Notice sur les travaux scientifiques de M. A. Müntz* », Paris 1893, 68 p.
- (18) « *Recherches expérimentales sur le développement de la graisse pendant l'alimentation des animaux* », *Annales de chimie et de physique*, 1845, t. 14, p. 419-483).
- (19) *Annales de chimie et de physique*, t. 19, p. 117, et t. 20, p. 113-116.
- (20) *Ibid.*, t. 22, année 1848, p. 503-505.
- (21) *Bull. des séances de la société centrale d'agriculture*, 2e série, t. 5, 1849-1850, p. 465-478.
- (22) « *Extrait d'un mémoire sur la composition des bitumes, par M. Boussingault* », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 1836, t. 3, p. 375-378.
- (23) « *Mémoire de L.-F.-A. Le Bel sur le traitement des sables asphaltiques du Pechelbronn* », 15 décembre 1859, Archives du musée du pétrole de Merckwiller-Pechelbronn, très aimablement communiqué par M. Daniel Rodier.
- (24) « *Congrès scientifique de France, dixième session* », t. 1, p. 174-175.
- (25) *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 1846, t. 22, p. 86 et 225-226.
- (26) *Procès-verbal de visite aux mines de pétrole de la concession de Pechelbronn*, 18 juin 1855, par A. Daubrée, ingénieur des mines du Bas-Rhin, Archives du musée du pétrole de Merckwiller-Pechelbronn, très aimablement communiqué par M. Daniel Rodier.
- (27) *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 1842, t. 14, p. 835-837.
- (28) *Ibid.*, 1846, t. 22, p. 919.