
NOTICE HISTORIQUE

SUR

JEAN-BAPTISTE BOUSSINGAULT

MEMBRE DE LA SECTION D'ÉCONOMIE RURALE

PAR

M. ALFRED LACROIX

SECRETARE PERPETUEL

LUE EN LA SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU 13 DÉCEMBRE 1926

PAR M. L.-E. BOUVIER, MEMBRE DE L'INSTITUT.

MESSIEURS,

Un arrêté royal du 23 avril 1785, rendu sur la proposition de Lavoisier, son directeur, apporta d'importantes retouches à la constitution de l'Académie royale des sciences, régie jusqu'alors par des règlements datant de 1699, de 1716 et de 1753. Plusieurs disciplines y furent introduites qui n'étaient pas explicitement représentées jusqu'alors, la Physique, la Minéralogie et l'Histoire naturelle (on dit aujourd'hui la Géologie) et enfin l'Agriculture.

L'Académie était divisée en huit classes, au lieu de six; ces classes, équivalant à nos sections actuelles, comprenaient chacune six membres, trois pensionnaires et trois associés. Celle de Botanique

prit désormais le titre de classe de Botanique et d'Agriculture. Ainsi reçut droit de cité parmi les sciences officielles, la discipline dont les spécialistes étaient, depuis 1761, groupés dans une autre compagnie florissante, la Société royale d'Agriculture.

L'on ne pouvait lui souhaiter un plus illustre parrain que Lavoisier. D'ailleurs, le génial chimiste dont l'esprit était ouvert sur tant de directions diverses, s'intéressait d'une façon particulière à tout ce qui touche à la production de la terre. Dans le rapport qu'il fit, la même année, sur « l'Organisation des travaux du Comité d'Agriculture » créé par le ministre de Vergennes et où figuraient des membres de l'Académie royale, j'ai relevé le passage suivant très symptomatique à cet égard ; il s'agissait de la création de véritables champs d'expériences agricoles aux environs de Paris.

« Dans le cas où M. de Vergennes jugerait à propos de faire répéter ces expériences avec plus d'étendue et d'appliquer les découvertes proposées à la pratique en grand de l'agriculture, M. Lavoisier, qui fait valoir une ferme considérable [elle se trouvait au Bourget] sous la conduite d'un homme intelligent et sûr, prie M. de Vergennes de regarder son exploitation comme entièrement à sa disposition ; il en modifiera la culture de telle manière qu'on le jugera à propos et consacra toute l'étendue de terrain dont on aura besoin pour essayer de nouveaux procédés. Son objet, en faisant valoir une ferme, étant principalement d'avoir des moyens de faire des expériences d'agriculture, il ne pourrait lui arriver rien de plus heureux que de trouver l'occasion de les faire sous la direction de savants instruits, et d'une manière utile et agréable au Gouvernement. »

Puis, manifestant, au sujet des industries d'État, un sens très averti des réalités qui ont peu évolué depuis cette lointaine époque, malgré tant d'années et de révolutions, il ajoutait, en discutant la question de la publicité à donner aux travaux du nouvel organisme : « L'Administration se constituerait dans des frais considérables si elle prenait le parti de laisser tout imprimer à l'Imprimerie royale », et il conseillait de faire appel à l'initiative privée.

A la vérité, en ce qui concerne la nouvelle venue à l'Académie, cette réforme fut réduite tout d'abord à une question d'étiquette, car

les cadres de la classe de Botanique et d'Agriculture restèrent ceux de la classe de Botanique tout court.

Parmi les pensionnaires d'alors, Guettard est plus connu par sa découverte des volcans d'Auvergne que par ses travaux botaniques ou agricoles; Michel Adanson, l'explorateur du Sénégal, était surtout l'auteur d'une classification des plantes; seul, Fougereux de Bondaroy, assez effacé, d'ailleurs, comptait à son actif des titres agronomiques : observations sur les grains, les vins et leur conservation, la culture de l'orge, de la garance, du safran. Quant aux associés, ils étaient tous exclusivement botanistes, deux illustres, Antoine-Laurent de Jussieu et J.-B. de Lamarck, un troisième, consciencieux et dévoué, René Desfontaines, l'auteur de la *Flora atlantica*. Quelques années plus tard, de Jussieu et Lamarck, devenus pensionnaires, furent remplacés par André Thouin, l'actif directeur des pépinières du Jardin du roi et par un botaniste, Charles-Louis L'Héritier, connu par sa *Flore du Pérou* dont les matériaux avaient été recueillis par le naturaliste mâconnais Dombey.

Telle fut la composition de la classe de Botanique et d'Agriculture jusqu'au 8 août 1793, date de la suppression des Académies par la Convention.

Mais quand, deux ans plus tard, fut créé l'Institut national, l'idée de Lavoisier avait fait son chemin, elle fut même dépassée; dans la Première Classe, correspondant à l'ancienne Académie des sciences, Botanique et Agriculture furent nettement séparées en deux sections distinctes de six membres; la dixième section reçut pour titre : Économie rurale et Art vétérinaire. Maintenu sous ce nom dans la réorganisation de 1803, elle vit son titre simplifié en celui d'Économie rurale, lorsqu'en 1816 les Classes reprirent la vieille appellation d'Académie.

Vous n'ignorez pas que lors de la constitution de l'Institut national, le Directoire exécutif nomma, par décret, deux membres pour chaque section, les quatre autres furent élus par l'ensemble de l'Institut, sur la présentation de la Classe intéressée.

Le caractère spécial de cette section d'Économie rurale et d'Art vétérinaire fut affirmé par ce fait que tandis que, dans les autres sections, les membres, nommés ou élus, avaient presque tous appartenu à l'ancienne Académie des sciences, ici un seul, Thouin, était dans ce cas; tous les autres étaient des hommes nouveaux.

Les deux membres nommés furent Thouin et Gilbert, ce dernier, connu par ses efforts pour l'acclimatation du mouton mérinos en France. Par ces choix était précisé le point de vue que les réorganisateur de l'Institut entendaient satisfaire par la création de la nouvelle section.

Les membres élus furent H.-A. Tessier, auteur de recherches sur la culture du blé, sur les bêtes à laine, l'un des introducteurs en France de l'industrie sucrière de la betterave; J.-B. Huzard, directeur de l'École vétérinaire d'Alfort, spécialiste de l'amélioration de la race chevaline dans notre pays; Jean-Martin Cels, créateur à Montrouge d'un jardin consacré à l'acclimatation des végétaux exotiques, enfin A. Parmentier, pharmacien militaire, le populaire vulgarisateur de la culture et de l'usage en France de la pomme de terre.

De 1806 à 1838, vinrent successivement remplir les vides faits par la mort deux véritables agronomes, A.-F. Sylvestre et Victor Yvart; un économiste, magistrat et homme politique, Morel Vindé; un zoologiste, Audouin, et enfin Bosc qui, après avoir couru à travers l'Amérique en qualité de naturaliste voyageur, écrivit un dictionnaire d'Agriculture et succéda à Thouin comme professeur de Culture au Muséum d'histoire naturelle.

Le 28 janvier 1839 constitue une date mémorable dans l'histoire de la section d'Économie rurale, la Chimie y entra brillamment avec J.-B. Boussingault et elle allait peu à peu y prendre une place de plus en plus grande avec Anselme Payen (1842), Eugène Péligot (1852), Paul Thénard (1864), J.-J.-Théophile Schloësing (1882), P.-P. Dehérain (1887), Émile Duclaux (1888), Aimé Girard (1894), Achille Müntz (1896) et enfin Léon Maquenne (1904), pour ne citer que ceux qui ne sont plus.

Le chef de file de cette brillante phalange, J.-B. Boussingault, fut le véritable créateur de la Chimie agricole. Son œuvre personnelle est considérable et n'a pas été limitée à l'Agronomie; dans cette discipline, son influence a été universelle et des plus fécondes. Il a grandement honoré la science française et par suite cette Académie; ce fut aussi une curieuse figure de savant. Pour toutes ces raisons, j'ai tenu à lui rendre un public hommage, en retraçant devant vous et sa vie et son œuvre.

I.

Joseph-Dieudonné-Jean-Baptiste Boussingault est né à Paris, le 2 février 1802, d'une famille de petits bourgeois. Il se donnait comme ancêtre le marchand de vin de la Satire du *Repas ridicule*, dans le cabaret duquel se réunissaient Racine, Molière et Boileau.

.... J'ai quatorze bouteilles
D'un vieux vin... Boussingo n'en a pas de pareilles.

Quoi qu'il en soit de cette parenté, son grand-père, avec le titre pompeux de capitaine général des finances du roi, occupait un très petit emploi en Picardie; il avait élevé dignement, mais non sans peine, une famille de quatorze enfants que dispersa la Révolution. L'un d'eux, le père de notre futur confrère, se trouva un jour, je ne sais trop comment, directeur des hôpitaux militaires de Sambre et Meuse et servit par suite sous les ordres de Hoche et de Marceau.

Grièvement blessé en 1795, au cours de la retraite de Jourdan sur la Moselle, par un coup de sabre qui lui détacha presque les deux poignets, il fut soigné à Wetzlar dans la maison du bourgmestre, M. Münch; bientôt lié d'amitié avec ses fils, par ailleurs fort bel homme et d'allures distinguées, il conquiert le cœur de sa fille Elisabeth et ne tarda pas à l'épouser. La guérison venue, les jeunes époux prirent la route de France, l'un ne parlant pas un mot d'allemand, l'autre ignorant notre langue, mais tous deux se comprenant fort bien.

Arrivé à Paris, le convalescent, désormais hors d'état de faire cam-

pagne, devint garde-magasin des lits militaires. Il y avait loin du vieux couvent de la rue Saint-Louis, au Marais, lui servant de casernement, à la confortable installation de Wetzlar ! Peu après, il dut prendre sa retraite, obtint un bureau de tabac auquel il adjoignit un petit commerce d'épicerie et s'installa rue de la Parcheminerie, à l'ombre de la vieille église Saint-Séverin, dans une maison achetée à beaux deniers comptants. Nous avons tous connu la rue de la Parcheminerie avant sa métamorphose ; au commencement du siècle dernier, comme hier encore, c'était, parmi les voies de Paris, l'une des plus malpropres et des plus obscures, habitée par des fabricants de parchemin, des marchands de vin et beaucoup de petites et pauvres gens. J.-B. Boussingault a passé toute son enfance dans ce milieu assez misérable, dans une arrière-boutique éclairée par une lampe fumeuse.

Vers 1809, il fallut songer à son instruction. Ses parents le placèrent dans une institution de la rue du Jardinnet, tenue par un ancien oratorien, puis, l'année suivante, au lycée impérial, aujourd'hui lycée Louis-le-Grand. Combien cuisant était le souvenir que lui avaient laissé ses études secondaires !

« De la *sixième*, où je comprenais peu, je passai en *cinquième*, où je comprenais moins encore, puis en *quatrième*, en *troisième*, alors je ne compris plus rien du tout. Les professeurs me traitaient comme si j'eusse été une bûche. Les neuf dixièmes des élèves étaient dans la même situation que moi. J'ai eu Burnouf pour professeur de grec, sans avoir jamais su un mot de cette belle langue. Nous passions de classe en classe, comme une barre de fer dans un laminoir.

» Au reste, on était arrivé à la période de 1812 à 1813, et les événements politiques jetaient une perturbation complète dans nos insignifiantes et stériles études.... J'avais donc terminé mes études littéraires ; j'avais fait ma *troisième*, ma *seconde*, et cependant je ne savais rien, rien, rien, pas autant qu'un clerc sorti des écoles des frères de la doctrine chrétienne. »

A peine échappé à l'étau universitaire, une transformation s'opère en lui ; il respire à pleins poumons l'air de la liberté ; il vit surtout dans la rue, joue aux billes et aux barres avec tous les gamins du quartier. Ce ne fut cependant pas du temps complètement perdu, car il y retrouva l'un de ses condisciples de l'école de la rue du Jardinnet,

Loubry, fils de la blanchisseuse de Thénard, devenu, grâce à cette circonstance, aide dans le laboratoire du célèbre chimiste. Cette rencontre fortuite allait orienter la vie du libéré de l'Université impériale. Il ne manqua pas, en effet, d'aller visiter son camarade au travail, et ce fut une révélation.

Il ne se contente pas de voir et de revoir manipuler, faire des préparations chimiques et au besoin d'y participer, il se procure des livres de Chimie et de Physique, il les dévore et, à l'inverse de ce qui s'était passé jusqu'alors, son intelligence s'ouvre, il comprend, il est saisi par une véritable fringale de savoir.

Ses compagnons de jeux de la place Saint-Séverin, il les abandonne pour les maîtres du Collège de France, du Jardin des Plantes. Il ne se lasse pas d'écouter la parole de Thénard, de Biot, de Lefèvre-Gineau, de Gay-Lussac, de Cuvier, d'Haüy; il emploie « tous ses sous » à acheter sur les quais de la Seine des minéraux dont il constitue une petite collection; après la Physique, la Chimie, les Sciences naturelles, ce sont les Mathématiques, puis la Littérature et encore des cours, ceux de Villemain et d'Andrieux parmi beaucoup d'autres. En somme, instruction décousue, mélange hétéroclite des connaissances les plus diverses qu'il absorbe goulûment, mais qu'il digérera plus tard et qui porteront leurs fruits.

En voyant leur fils travailler avec tant d'entrain, tant de plaisir, leur apporter chaque soir les éclats de son juvénile enthousiasme, ses parents ont la sagesse de lui abandonner la bride sur le cou, de le laisser poursuivre à son gré pendant trois années ces libres études.

Comme au temps de son séjour au lycée, d'ailleurs, toutes les heures que l'adolescent ne passe pas dans les amphithéâtres, en véritable enfant de Paris né curieux, il les dépense partout où il se prépare, où il se passe quelque événement, partout où il y a quelque chose à voir, à entendre, sur les places publiques, sur les quais, au Palais de Justice, dans les plus lointains faubourgs. Les rassemblements l'attirent; il suit les défilés de troupes, il se faufile dans leurs

rangs ; il court aux nouvelles qu'en hâte il rapporte à la maison, et quelles nouvelles ! Il se grise de tous les spectacles, et quels spectacles !

C'est le déclin de l'empire : la retraite de Russie, la victoire de Dresde et le désastre de Leipzig ; sans relâche la jeunesse française est aspirée par l'armée pour trop souvent ne pas revenir ; de grands chefs tués à l'ennemi, Montebello, Bessières, Duroc, eux, reviennent, mais pour monter la rue Saint-Jacques et aller dormir leur dernier sommeil au Panthéon ; puis se pressent des jours encore pires ; l'invasion ; des revers, des revers encore, coupés de quelques espoirs, Brienne, Champaubert, Vauchamps ; les blessés affluent dans Paris ; les alliés en approchent, ils y entrent ; l'empereur de Russie et le roi de Prusse à la tête de leur cavalerie empanachée caracolent dans le faubourg Saint-Martin ; voilà la déchéance de Napoléon ; Louis XVIII et la duchesse d'Angoulême, en carrosse, longent les quais pour se diriger vers les Tuileries encadrés par des grognards, mornes et silencieux, baissant la tête sous la cocarde blanche ; puis le retour de l'île d'Elbe ; l'empereur et la vieille garde, glorieuse et déguenillée qui fièrement a repris ses insignes tricolores, rentrent dans la capitale ; ... Waterloo ! ... ; à nouveau le canon ennemi tonne sur les bords de la Seine ; le roi Louis XVIII est revenu aux Tuileries et bientôt, c'est la Terreur blanche, le jugement et l'évasion de la Valette, l'exécution du maréchal Ney près de l'Observatoire. Que sais-je encore ?

Telles furent les visions qui, pendant bien des années, ont rempli les yeux du jeune Boussingault avec la pesanteur des misères dont était imprégné son populaire quartier, visions qui, soixante-dix ans plus tard, se dresseront encore, vivantes et frémissantes, devant le vieillard dictant ses mémoires à sa fille, évoquant par la pensée les débuts difficiles, puis les étapes heureuses et pleines de gloire de sa belle carrière de travail, route magnifique commençant à la petite boutique fumeuse et obscure de la rue de la Parcheminerie, pour aboutir à l'élégant hôtel de la rue d'Anjou, où il finit sa longue existence au milieu de l'estime et de l'admiration de ses contemporains, membre de l'Institut, grand-officier de la Légion d'honneur,

comblé de toutes les distinctions pouvant atteindre un homme de science !

Le jeune apprenti savant continue à fréquenter, en amateur, le laboratoire de chimie du Collège de France. Un jour, Thenard l'y surprend et le saisissant par les cheveux lui demande avec brusquerie ce qu'il vient faire là, puis l'année suivante, il refuse catégoriquement d'admettre au nombre de ses élèves préparateurs celui qui, quelque vingt ans plus tard, allait venir siéger à ses côtés à l'Académie et auquel il disait alors sur un ton de regret : « Ah, si j'avais pu prévoir ! »

Boussingault songe d'abord à préparer le concours de l'École navale, non point avec le dessein de servir en France, car, en ce temps, dans la marine, le bel avenir paraissait réservé aux jeunes gens titrés, mais avec l'intention de partir pour la Russie; dans ce but, il commence même l'étude de la langue russe.

Tout à coup, c'était en 1818, il apprend l'existence, à Saint-Étienne, d'une École des mineurs, créée l'année précédente, et aussitôt il est séduit par la perspective d'un métier susceptible de lui permettre de développer ses goûts pour la Chimie et les minéraux. Il sera ingénieur des mines, et il entraîne dans son sillage l'un de ses amis, nommé Benoist. Ils adressent leur demande à Héricart de Thury, ingénieur en chef des carrières de Paris, quelques années plus tard Académicien libre, mais plus connu des Parisiens par la fraise exquise, à laquelle a été attaché son nom. M. Trémery, ingénieur ordinaire, physicien oublié, qui cependant avait été, à l'Académie, un concurrent redoutable pour Gay-Lussac déjà célèbre, M. Trémery est chargé de leur examen, peu compliqué du reste, un peu de Géométrie, d'Algèbre et une composition française. Les deux jeunes gens sont admis et déjà fiers de l'épée et du bel habit bleu de ciel orné de deux pics entre-croisés, brodés d'or, qu'ils vont avoir le droit de porter.

Fort émus, ils quittent leur famille, avec cinquante francs dans leur poche, mais combien riches en espérances ! Le trajet à pied de Paris à

Saint-Étienne leur parut bien long, leur sac bien lourd, leur nouvelle résidence bien noire, mais qu'importe! Dès son arrivée à l'École, Boussingault est émerveillé à la vue du laboratoire de Chimie tout neuf et « bien plus élégant que celui du Collège de France ». Il se lie bientôt d'amitié avec le premier élève entré à l'École, Fourneyron, le futur inventeur de la turbine.

D'instruction très supérieure à celle de la plupart de ses camarades, dès la fin du premier mois, Boussingault répond si brillamment sur la Chimie et la Minéralogie à son directeur, M. Beaunier, que sur l'heure il est choisi comme préparateur du cours de Chimie. Désormais ce laboratoire tant admiré devenait le sien et allait absorber tout son temps disponible. Il y entreprend des recherches originales, et les pousse avec une telle impétuosité qu'il met le feu à la maison, mais de ses creusets est sorti un résultat d'importance, la découverte du siliciure de platine, la démonstration de la présence insoupçonnée du silicium dans l'acier, sujet de sa première Note que, peu de mois plus tard, Gay-Lussac insérait dans les *Annales de Chimie et de Physique* et ce fut là un beau début pour un étudiant; l'attention du monde savant commençait à être appelée sur lui.

Studieuse et agréable était la vie à l'École de Saint-Étienne, au milieu d'une jeunesse ardente et frondeuse vis-à-vis de la réaction politique et cléricale sévissant alors et qui blessait les sentiments intimes de Boussingault; elle était peu coûteuse puisqu'un budget de 60 francs par mois permettait d'y faire face, 35 francs pour la pension, 10 francs pour le logement, le surplus pour le blanchissage et le reste. Les mines du voisinage, où les jeunes gens étaient exercés aux travaux manuels, aussi bien qu'à l'art de l'ingénieur, étaient un précieux champ d'expérience; la proximité des montagnes d'Auvergne fut aussi pour Boussingault l'occasion d'un premier contact avec les volcans.

Au bout de ses deux ans d'études achevées avec succès, la direction des mines de Lobsann lui fut offerte. Il se rendit en Alsace, à pied encore, non sans avoir visité les mines et les usines de Seyssel

dans l'Ain, où il s'initia à une industrie nouvelle, celle de l'asphalte pour trottoirs, obtenu en mélangeant à du calcaire pulvérisé le bitume extrait par la chaleur des grès oligocènes. Dès son arrivée en Alsace, il devait y introduire ce procédé.

Pauvre mine que celle de Lobsann, ouverte sur des lits d'un lignite pyriteux, d'âge tertiaire, utilisé sur place pour le traitement d'un gîte bitumineux!

A peine installé, le jeune ingénieur, avide de compléter son instruction, entre en relations avec les géologues et les chimistes de la Faculté des sciences de Strasbourg, et aussi avec son voisin, le propriétaire des mines d'asphalte de Pechelbronn, M. Le Bel, qui met obligeamment sa bibliothèque à sa disposition et, mieux encore, lui ouvre son hospitalière maison.

Le séjour en Alsace ne devait être que de courte durée. Certes le pays était plein de charmes, mais la mine était sans avenir, le travail d'un intérêt médiocre et douze cents francs de traitement annuel, une bien maigre prébende pour un jeune homme hanté par tant de rêves de brillant avenir. Aussi ouvrait-il une oreille complaisante aux bruits venant du dehors. On lui offre une place d'ingénieur en Égypte; il hésite, puis, sur les instances de sa mère, il refuse, mais il est bientôt captivé par une autre proposition.

Depuis quelques années, les colonies espagnoles de l'Amérique du Sud sont en lutte avec la métropole pour la conquête de leur indépendance. L'Union colombienne a été proclamée, en 1819, à Angostura; son président, le général victorieux Bolivar, tout en préparant sa campagne de libération de l'Équateur et du Pérou, songe à créer dans la capitale, à Santa Fe de Bogotá, une école d'ingénieurs civils et militaires. Il a envoyé en Europe un plénipotentiaire, le botaniste Zea, avec mission de recruter du personnel scientifique.

Zea a pris comme intermédiaire un jeune péruvien, élève de l'École des mines de Paris, Mariano de Rivero et c'est ainsi que Berthier, professeur de docimasia à cette école, songe à Boussingault, sur la recommandation du géologue alsacien Voltz.

Les conditions sont tentantes, sept mille francs d'appointements, un grade correspondant dans le futur corps des ingénieurs, le transport à bord d'un bateau de guerre et puis, quelles perspectives ne sont-elles pas promises par un tel voyage dans le Nouveau Monde s'ouvrant à la liberté !

Boussingault accepte, il accourt à Paris, où il aura plusieurs mois pour se préparer à une absence de quatre années. Rivero le présente à Humboldt et ce fut là une circonstance d'une importance capitale pour sa carrière scientifique.

Alexandre de Humboldt, le créateur de la Physique du globe, le polygraphe aux connaissances universelles, Associé étranger de cette Académie, alors dans tout l'éclat de sa réputation mondiale, vivait à Paris, sa seconde patrie, en relations d'intime amitié avec toutes les illustrations scientifiques de l'époque. Il s'intéressait vivement à la tentative faite par Bolivar, avec lequel il avait visité le Vésuve, en 1805, en compagnie de Gay-Lussac. Il était enchanté de voir partir des savants français non seulement pour visiter les régions que, vingt ans auparavant, en compagnie de Bonpland, il avait le premier explorées scientifiquement, trop rapidement à son gré, mais encore pour y séjourner pendant plusieurs années; il voyait dans cette circonstance le moyen de faire compléter, continuer ses propres observations.

Boussingault le séduisit, dès le premier abord, par son enthousiasme et son intelligence, par l'étendue de ses connaissances; il le prit en amitié, amitié qui devait être définitive. Ne se contentant pas de lui prodiguer de précieux conseils, il lui fait cadeau des instruments géodésiques et astronomiques dont il s'était servi au cours de ses explorations et il tient à lui en enseigner lui-même le maniement.

Tout chambellan du roi de Prusse qu'il fût, Humboldt vivait très simplement; son appartement, situé au quatrième étage d'une maison du quai Napoléon, faisant face à la Monnaie, était des plus modestes; un lit, quatre chaises en paille et une grande table de sapin constituaient tout le mobilier de sa chambre à coucher; cette table, il la

couvrait de notes et de calculs, tracés avec son écriture fine et difficilement lisible et lorsqu'elle en était entièrement griffonnée, il faisait venir un menuisier et tournait la page, à l'aide d'un coup de rabot. C'est là que Boussingault apprit de lui l'usage du sextant, par la mesure de l'angle compris entre la flèche des Invalides et le paratonnerre de Saint-Sulpice et la prise d'une hauteur du Soleil.

Humboldt n'était pas seul à s'intéresser à l'expédition; les membres les plus illustres de l'Académie, Laplace, Arago, Poisson, Biot, étaient désireux de voir faire une nouvelle détermination, plus précise, de la hauteur du baromètre au niveau de la mer sous l'Équateur, afin de vérifier les valeurs rapportées par Humboldt, et antérieurement par les géodésiens de l'Académie, au cours de leur mémorable expédition en Amérique pour la mesure d'un arc de méridien. Pour cela, il était indispensable d'opérer avec des instruments soigneusement contrôlés; ce fut à l'Observatoire qu'Arago et Humboldt tinrent à étalonner eux-mêmes les baromètres Fortin et les thermomètres de la mission.

Parmi les recommandations de Humboldt à son jeune ami, beaucoup concernaient les roches volcaniques; pour lui faciliter ses recherches, Beudant constitua une petite collection type des laves andésitiques, on disait alors trachytiques, de la Hongrie devant lui servir de termes de comparaison.

Enfin, bien lesté de conseils et de lettres de recommandation, accompagné de Rivero, d'un jeune médecin et physiologiste distingué, le docteur Roulin, qui fut le premier secrétaire de nos *Comptes rendus*, puis devint plus tard bibliothécaire de l'Institut et membre libre de cette Académie, de la charmante Madame Roulin et de plusieurs autres compagnons, notre voyageur s'embarquait, le 22 septembre 1821, à Anvers sur un brick américain. Le 2 octobre, ils étaient rejoints en haute mer par un navire convoyeur; apportant des canons et des munitions, le pavillon colombien, bleu, jaune et rouge, était hissé au grand mât et tous les membres de la mission, revêtus de leurs brillants uniformes flambant neufs, poussaient trois fois le cri de « Vive la

République » en brandissant leurs épées. « Je n'avais que vingt ans, écrivait plus tard Boussingault, et je criais bien fort. »

Tel fut le début de la belle aventure. Elle allait durer exactement dix années.

Le voyage ne se fit pas sans incidents. Le *New-York*, devenu le *Patriote*, rencontra une frégate espagnole; il la prit en chasse et après une vive attaque, la captura. Enfin, le 21 novembre, l'ancre était jetée dans le port de la Guayra, sur la côte du Venezuela. Laissant leurs compagnons continuer leur voyage par mer jusqu'au Rio Magdalena, sans perdre une minute, le soir même, Boussingault et Rivero installaient à terre leurs baromètres et commençaient les observations qui allaient montrer que la hauteur du baromètre au bord de la mer, dans le voisinage de l'Équateur; ne diffère pas de celle constatée sous d'autres latitudes.

Tout ce qui est connu sur le séjour de Boussingault dans l'Amérique du Sud se trouve exposé, par lui-même, dans les quatre derniers volumes de ses Mémoires, d'une lecture attachante et pleine d'imprévu.

Écrits sous forme d'itinéraire, ils renferment, un peu pêle-mêle, des descriptions de sites, de paysages, de montagnes et de mines, alternant avec des scènes de mœurs; des mesures d'altitude; des observations astronomiques, thermométriques et hygrométriques, botaniques et ethnographiques; des récits de courses de taureaux, de cérémonies religieuses et de fêtes mondaines, de parades militaires, de duels, d'embuscades, d'assassinats et de batailles; des développements sur la politique, sur l'histoire et aussi sur des histoires; des analyses de sentiments..., de produits végétaux, de sources thermales et de minéraux; des dissertations sur les cultures tropicales, les volcans et les tremblements de terre; voire des recettes de cuisine et quelques boutades philosophiques. Sur cette trame complexe, sont jetées, nombreuses et légères, des anecdotes ne manquant jamais de sel et parfois même fort salées.

Cet amalgame si hétérogène me semble bien être l'image de ce que

dut être l'existence heurtée de ce jeune homme, don Juan comme il se laissait appeler, assoiffé du désir de tout apprendre, de jouir de toutes les libertés, tenaillé par la volonté de se faire une place au soleil, jusqu'alors élevé à la rude école d'une existence difficile et jeté brusquement dans le plus extraordinaire tourbillon de vie que l'on puisse imaginer, dans un monde où tout était nouveau pour lui, la nature, les hommes, les femmes, et les choses.

Ingénieur chargé d'importantes missions, disposant d'une autorité réelle et souvent sans contrôle, devenu d'emblée, à vingt et un ans, colonel dans une armée de partisans en campagne dont beaucoup d'officiers étaient des déchetts de toutes les armées qui ne se battaient plus en Europe, dont les soldats en loques étaient des Indiens à demi civilisés; dans une armée dont les chefs, ardents patriotes, luttèrent, certes, pour l'indépendance de leur pays, mais beaucoup aussi pour la conquête du pouvoir personnel, bataillant, sous un climat meurtrier, à coups d'épée et aussi d'intrigues politiques, tour à tour généreux et féroceement cruels, sachant mourir avec courage, mais résolu à vivre avec outrage.

Bien d'autres eussent été grisés par une telle fortune et une telle ambiance, entraînés et perdus par des séductions, des tentations de plus d'un genre, affaiblis ou tués par la fièvre ou par des calamités pires encore. Boussingault eut la chance de passer à travers tous les dangers, l'habileté d'user de tout sans dommage et d'édifier, par surcroît, une œuvre scientifique importante. C'est d'elle seule dont je vais m'occuper. Quelques mots sont cependant nécessaires pour la situer dans le milieu géographique auquel elle doit son inspiration.

Boussingault consacra huit mois à parcourir et à étudier la Géologie et les mines du Venezuela; l'un de ses premiers contacts avec les armées colombiennes eut lieu à Macaray, où il fut reçu par le général Paez, l'un des héros de l'Indépendance, assiégeant alors Puerto Cabello, où s'étaient réfugiés les débris de l'armée espagnole.

A petites journées, relevant des observations variées, il gagne la Colombie par le flanc nord de la Sierra de Merida. Arrivé le 24 mai 1823

à Santa Fe de Bogotá, où il retrouve ses compagnons de voyage, il put remettre la lettre d'introduction que Humboldt lui avait donnée pour le général Bolivar, alors dans tout l'éclat de sa renommée. Le Libertador lui fit bon accueil, mais lui déclara qu'en raison des exigences de l'heure il recherchait des officiers plutôt que des ingénieurs et Boussingault devint l'un et l'autre. Diverses missions lui furent confiées, où il eut à manier successivement ou simultanément un grand sabre, le marteau, le baromètre et le théodolite, armement qui ne le quitta guère, jour et nuit, pendant dix années.

Alors, au milieu d'un pays en guerre ou en révolte, commença pour notre futur confrère une existence extraordinairement mouvementée; tour à tour chimiste, prospecteur, directeur de mines, naturaliste, géologue, topographe, officier combattant ou protecteur de couvents de nonnes, et bien autre chose encore. Il semble, en outre, que si, à travers tant d'événements parfois tragiques, les risques ne manquaient pas, l'on menait joyeuse vie dans les armées de la jeune république et dans leurs alentours. Ses *Mémoires* renferment à cet égard de savoureux détails, trop peu académiques pour que je veuille insister sur eux.

Pendant quatre années, prenant pour centre Bogotá, où il avait institué des observations météorologiques régulières, Boussingault va explorer les hautes régions de la Colombie, faisant notamment de nombreuses observations géologiques sur les gisements de sel, tout en réprimant une révolte des ouvriers qui les exploitaient; sur les mines célèbres de Muzo, où les admirables et précieuses émeraudes se rencontrent dans des veinules de calcite sillonnant des calcaires noirs d'âge néocomien; sur les gisements fossilifères de la province de Socorro, où il recueille des fossiles qui permirent plus tard à Alcide d'Orbigny d'apporter des précisions sur le Crétacé sud-américain.

En 1824, quittant les hauts plateaux, en compagnie de Rivero et de Roulin, il descend dans les plaines marécageuses et insalubres de l'Est, et il pense y mourir d'une attaque de paludisme. Il s'agissait pour eux de relever le cours du Meta et de fixer la position astronomique

du confluent de cette rivière avec l'Orénoque, laissée indécise par Humboldt.

Il est chargé ensuite (1825), en compagnie de Roulin et du capitaine anglais Walker, de dresser la carte du district de Supia dans la vallée du Rio Cauca. En 1826, il part dans le département de Tolima, à la recherche des anciennes mines d'argent de Santa Ana, et ce fut pour lui l'occasion d'entreprendre une étude géologique de la vallée du Magdalena, de Honda au Rio de Fusagasugá, puis il traverse (1827) la Cordillère centrale pour descendre vers Cartago, dans la vallée du Cauca, étudier les terrains de celle-ci et ses mines jusqu'en aval d'Antioquia; enfin il atteint à nouveau, sur les hauteurs de la Cordillère occidentale, les mines de la Vega de Supia, enfouies dans la forêt tropicale. Le gouvernement colombien l'avait désigné pour surveiller les intérêts de l'État dans une affaire de gisements d'or, où était engagée une Compagnie anglaise. Il allait bientôt devenir surintendant de ces mines, en diriger l'exploitation, y construire des laveries, une fonderie de métaux précieux, créer à Marmato un laboratoire bien outillé pour l'étude de l'or et de l'argent. Son séjour à Supia s'est prolongé jusqu'à la fin de 1830, non sans avoir été entrecoupé d'expéditions, parfois assez lointaines, dans la vallée du Chocó, par exemple, l'un des coins les plus malsains du globe, où sont associés le paludisme, la fièvre jaune, la dysenterie et bien d'autres agents de mort. Poussé par le besoin de recruter de la main-d'œuvre parmi les Indiens Chami, il a été conduit à faire de curieuses remarques ethnographiques sur cette peuplade très primitive et surtout une étude fort documentée des gisements du platine.

Quand, le 8 décembre 1830, Boussingault quitte pour toujours Supia, avec l'idée de rentrer en France, son contrat avec le gouvernement colombien étant expiré, la situation politique de l'Amérique du Sud était bien changée. Après les heures d'enthousiasme vécues par Bolivar, étaient venus les mauvais jours. Le Libertador avait quitté le Pérou en révolte contre son autorité et était rentré en toute hâte à Bogotá, où bientôt la lutte va faire rage entre deux partis qui s'entre-

déchirent. Il assume, mais en vain, la dictature; échappé avec peine (septembre 1828), au poignard de ses adversaires politiques, grâce à l'intrépidité de sa fougueuse maîtresse, Manuelita Saenz, dont Boussingault a tracé un portrait réaliste, il voit successivement le Venezuela, sous l'impulsion du général Paez (novembre 1829), puis l'Équateur (mai 1830), sous celle du général Flores, se séparer de la Nouvelle-Grenade. Le rêve de la Grande Colombie s'est évanoui! Désabusé, Bolivar, non sans révolte, abandonne définitivement le pouvoir; malade, il cherche à gagner Caracas, mais, le 17 septembre 1830, il meurt à Santa Marta, évoquant sans doute à sa dernière heure les paroles amères sorties de ses lèvres peu de mois auparavant : « Ceux qui ont fait la révolution américaine ont labouré la mer! »

Son fidèle lieutenant, le général Sucre, le vainqueur d'Ayacucho, le premier président de la République de Bolivie, l'avait précédé de peu dans la tombe, lâchement assassiné, le 4 juin, à l'orée de l'épaisse forêt de Berrucos.

Boussingault avait trouvé à Cartago le général Obando, « le plus charmant des assassins que j'ai connus, et j'en ai connu plusieurs », a-t-il écrit, qui chercha à l'attacher à sa fortune et à l'entraîner dans sa marche sur Bogotá, mais il lui répugne de faire la guerre à ses amis et il se décide à mettre à exécution son projet d'achever ses explorations par un voyage dans le Sud. Il remonte la haute vallée du Cauca et, de Popayan, explore les volcans de la Colombie méridionale, pour gagner ensuite Quito, où lui est fait un chaleureux accueil. Le général Flores l'attache à son état-major; il lui facilite l'ascension et l'étude des hauts volcans de l'Équateur qui le retiennent jusqu'aux derniers jours de 1831.

C'est alors le départ définitif : le voyageur jamais lassé descend vers le Pacifique par Riobamba, s'embarque à Guayaquil (24 janvier 1832), longe les côtes de l'Équateur et de la Colombie jusqu'au Rio Dagua, d'où il entreprend une dernière traversée des Cordillères jusqu'à

Honda; enfin il descend le Rio Magdalena, atteint Carthagène (19 juin), d'où il gagne New-York (7 août), puis la France.

Les Cordillères du Venezuela et des Andes ont été pour Boussingault un incomparable champ de manœuvres; elles lui ont fourni la matière de tous ses travaux de Minéralogie, de Physique du globe et ses premiers mémoires sur la composition chimique de plusieurs produits végétaux. Il les a réalisés pour la plupart en Amérique même, mais il a repris ou complété plusieurs d'entre eux à diverses périodes de sa carrière.

J'ai trouvé dans nos archives une Note manuscrite de Humboldt, datée du 20 octobre 1823; notre illustre associé y loue le zèle infatigable de Boussingault et de son camarade d'alors, Mariano de Rivero, qui les conduisait à enrichir la Géographie physique et la Chimie végétale d'observations très intéressantes. « Tant de travaux importants, écrit-il, exécutés dans un court espace de temps annoncent une instruction aussi solide que variée. »

Muni de bons instruments, Boussingault a fait le nivellement barométrique de toute la haute Cordillère, entre la Sierra Nevada de Merida et Santa Fe de Bogotá, déterminé la position astronomique de nombreux points de la Nouvelle-Grenade et aussi du Venezuela; des documents précieux sur la Géologie de ces régions ont été aussi recueillis par lui.

Il a consacré beaucoup d'efforts à l'étude des Cordillères occidentales, couronnées par des volcans célèbres, le Puracé et le Cumbal dans le sud de la Colombie et surtout, dans l'Équateur, le Pichincha, l'Antisana, le Cotopaxi et le Chimborazo se dressant à plus de 5000 mètres d'altitude; il fut le premier homme de science à atteindre la cime du Chimborazo, à 6310 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ces volcans, il ne se contente pas de les gravir, d'en donner une description géographique et pittoresque, d'en mesurer la hauteur, il les regarde aussi en naturaliste et il tire de ce qu'il voit tout le parti que permettait la science de cette époque déjà lointaine.

Les fumerolles volcaniques ont appelé d'une façon particulière son attention; c'est beaucoup plus tard que les travaux de Charles Sainte-Claire Deville et de Fouqué, effectués sur les volcans méditerranéens et aux Açores, devaient mettre en évidence les variations de composition de leurs gaz, en fonction de la température. Boussingault se contente de faire des analyses rapides sur place, au Tolima, au Puracé, au Cumbal en particulier. Il n'eut pas la chance d'assister à de grandes éruptions, il ne trouva que des fumerolles fournissant de l'hydrogène sulfuré, du gaz carbonique et de l'eau; c'est la phase des fumerolles dont la température avoisine 100°C. , mais qui, en raison de la haute altitude, donnaient de la vapeur d'eau à une température inférieure.

Dans toute cette partie de l'Amérique du Sud, abondent aussi les sources thermales. Boussingault prête à leur étude une attention soutenue, insiste sur la liaison de beaucoup d'entre elles avec le volcanisme; il les dénombre, il les analyse. Il trouve que certaines d'entre elles renferment jusqu'à 3 pour 100 de sulfate et 1 pour 100 de chlorure de sodium, tel est le cas de la source de Paipa; d'autres sont riches en carbonates et en chlorures de sodium et dans celles-là, Boussingault découvre de l'iode qui, à peu près à la même époque, était rencontré dans des sources thermales allemandes; il lie la présence de ce métalloïde avec le fait qu'il n'existe pas de goître chez les populations du voisinage, alors que cette affection sévit cruellement dans tous les pays d'alentour.

Mais ses observations sur les sources acides ont eu plus de retentissement encore: on cite toujours ses analyses des eaux du Rio Vinagre et du volcan du Tolima, dans lesquelles il a dosé une grande quantité d'acides sulfurique et chlorhydrique libres; ces sources se déversent dans des torrents dont les eaux deviennent ainsi, elles-mêmes, acides. En bon chimiste qu'il était, il ne s'est pas contenté d'observer, il a cherché une explication à une composition aussi anormale, institué des expériences de laboratoire par lesquelles il a montré que la réaction des silicates fondus sur le chlorure et le sulfate de sodium fournit une

petite quantité des acides observés et il a conclu à l'origine magmatique de ceux-ci.

Ces eaux acides renferment aussi des sulfates solubles, résultant de leur action sur les laves et particulièrement du sulfate d'aluminium. Ce dernier cristallise dans les fentes des roches, en donnant un minéral, l'alunogène, dont l'analyse a été faite avec soin.

Boussingault s'est préoccupé aussi de la composition des laves; il en a même fait des analyses; aujourd'hui elles nous apparaissent comme imparfaites, mais elles ont l'intérêt de montrer combien il se préoccupait déjà de ce point de vue chimique qui, après avoir été pendant si longtemps négligé, est aujourd'hui l'une des bases les plus sûres de la connaissance des roches.

Cinquante ans plus tard, il devait, en collaboration avec notre confrère Damour, étudier le curieux phénomène de l'augmentation considérable de volume que présentent les verres volcaniques acides, les obsidiennes, en se transformant en ponce, lorsqu'on les chauffe au rouge sombre. Il a insisté sur la petitesse de la quantité des gaz dégagés, reconnu qualitativement et quantitativement la présence de l'acide chlorhydrique renfermé dans ces roches; enfin il a comparé le dégagement de ces gaz à une explosion, devançant ainsi d'un grand nombre d'années une théorie récemment proposée pour l'explication de ce singulier phénomène.

Les Andes ne sont pas seulement caractérisées par leurs volcans; elles constituent aussi une région d'instabilité séismique; Boussingault a vu les ruines accumulées par de nombreux tremblements de terre dont le plus sévère fut celui de Caracas en 1812. Il en a subi plusieurs et, en a donné de saisissantes descriptions. Préoccupé de leur interprétation, là encore, il a devancé de près de trois quarts de siècle les idées modernes. Il vit nettement l'indépendance des grands séismes destructeurs et des phénomènes volcaniques. Les théories à la mode alors et qui l'ont été jusqu'à la fin du siècle dernier, recon-

naissaient pour origine aux séismes des explosions ou des réactions chimiques; on mettait en relief quelques rares coïncidences d'éruptions et de tremblements de terre notables, mais on laissait complètement de côté les cas, bien plus nombreux, de manque de coïncidence. L'étude minutieuse des pays à séismes et à volcans a montré, depuis lors, que les deux phénomènes, bien que procédant d'une même cause première, ont peu de rapports immédiats les uns avec les autres. Dans beaucoup d'éruptions, le sol est remarquablement stable; lorsqu'il n'en est pas ainsi, comme parfois à l'Etna, les tremblements de terre accompagnant une éruption sont caractérisés, quelle que soit leur violence, par leur rigoureuse localisation aux flancs du volcan, alors que les tremblements de terre, dits tectoniques, exercent leurs ravages sur de très vastes espaces. Boussingault considérait les séismes comme dus à des éboulements souterrains. Il a cherché aussi à établir une relation entre l'intensité des dégâts et la constitution géologique du terrain ébranlé.

De grands efforts ont été consacrés par lui à des études météorologiques, auxquelles il avait été particulièrement poussé par Humboldt; grâce à ses efforts la connaissance des valeurs et des variations de la pression atmosphérique et aussi de la température dans des régions équatoriales a été très étendue.

Lorsqu'on lit ses travaux, l'on voit quel progrès considérable a été réalisé en Météorologie par l'établissement des appareils enregistreurs; Boussingault a dû s'astreindre à la sujétion d'innombrables mesures de jour et de nuit qui, aujourd'hui, peuvent être obtenues sans effort. Il a publié, en 1824 et en 1827, des Mémoires préliminaires, coordonnés et complétés beaucoup plus tard, en 1880.

A l'époque de ses observations, l'on connaissait depuis longtemps l'existence sous les tropiques d'une variation diurne de la pression atmosphérique; il a cité les recherches antérieures aux siennes et notamment celles de Humboldt.

Ce qui fait l'importance des observations de la pression dans les

régions tropicales, pour la connaissance de la variation diurne, c'est que cette variation y est plus ample et plus régulière que partout ailleurs; son amplitude est supérieure à 2^{mm} de mercure près de l'Équateur, elle est de 0^{mm},65 à Paris (lat. 49°), de 0^{mm},3 seulement à Upsala (lat. 60°). Elle présente dans une journée deux maximums et deux minimums; l'un des maximums et le minimum qui le suit ont lieu pendant le jour et l'autre oscillation se produit pendant la nuit.

Boussingault a étudié les oscillations diurnes et nocturnes de la pression en des stations situées à diverses altitudes, par exemple sur le bord de la mer à la Guayra (alt. 11^m, lat. 10°35' N.), à Santa Fe de Bogotá (alt. 2641^m, lat. 4°36' N.) et à Quito (alt. 2910^m, lat. 0°14' S.), mais il n'a pas eu l'occasion de faire d'observations sur des sommets isolés; on sait maintenant que le caractère de la variation diurne de la pression est différent à grande altitude, dans l'atmosphère libre ou sur des sommets isolés, de ce qu'il est dans les stations basses ou situées sur de vastes plateaux; cette évolution des caractères du phénomène lui a donc échappé.

Il s'est occupé aussi de la variation annuelle de la pression; il trouve la pression moyenne plus grande vers le solstice d'été que vers celui d'hiver pour les quatre stations où ont été faites ses observations (Bogotá, Quito, Latacunga, Antisana), la différence étant d'environ 1^{mm}. Les travaux modernes n'ont pas conduit à des résultats généraux simples.

Il a cherché, sans résultat, une influence lunaire sur les variations de la pression. On comprend les causes de son insuccès depuis que l'on sait que la marée lunaire, récemment mise en évidence, est seulement de l'ordre du dixième de millimètre.

Boussingault a fait aussi des mesures de la température, de l'humidité de l'air, de la pluie; il a signalé que les différences dans l'état hygrométrique ne sont point aussi accentuées qu'on aurait pu le supposer d'après la diversité des conditions locales; il a noté l'abondance des pluies sur les hauts plateaux des Cordillères se traduisant annuellement par plus de 2 mètres d'eau, à Quito, par exemple.

Le rapprochement fait par plusieurs observateurs entre la varia-

tion diurne de la pression atmosphérique et celle de la déclinaison magnétique ne lui a pas échappé ; il s'est intéressé aussi aux variations diurnes du champ électrique de l'atmosphère, signalées en divers observatoires, et à celles de l'état hygrométrique qui ne lui paraissaient pas bien établies.

En résumé, il se préoccupait beaucoup de la recherche de relations entre les variations diurnes des divers éléments naturels ; bien que leur étude ait été précisée depuis lors, et que l'influence du rayonnement solaire apparaisse dans beaucoup d'entre elles, l'on n'est pas encore bien fixé sur leur détail, sans doute fort complexe.

Enfin Boussingault a fait pendant les huit premières années de son séjour dans l'Amérique du Sud de nombreuses déterminations de la température à différentes altitudes. Il a insisté sur la faiblesse de l'amplitude des variations mises en évidence par elles, mais après avoir fait remarquer qu'il faudrait multiplier les mesures à l'air pour obtenir avec précision la température moyenne, il a cherché un procédé plus expéditif pour arriver au but.

Ce procédé a consisté dans la détermination, dans le sol, de la profondeur à laquelle la température devient pratiquement invariable. Il pensait qu'en raison de la faible amplitude de la variation annuelle de la température dans les régions équatoriales, la couche de température invariable devait y être moins profonde qu'en Europe. Il a eu soin de faire ses observations dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire en des endroits placés à l'abri de l'action directe du rayonnement solaire. Dans ce cas, la température devient sensiblement constante à une profondeur d'une trentaine de centimètres et, pour les stations dans lesquelles les observations sont assez étendues pour fixer avec précision la température moyenne de l'air, celle-ci est pratiquement la même que la température constante dans le sol. Boussingault a utilisé ce procédé dans un très grand nombre de points à diverses altitudes, il a ainsi considérablement étendu les données antérieures dues à Humboldt. Au niveau de la mer, la température moyenne oscille entre 26° C. et 28°,5 ; elle

n'est que de quelques degrés vers 4000 mètres. Enfin des observations ont été faites aussi dans l'air, dans la glace, dans la neige, jusqu'à l'altitude de 6000 mètres, au Chimborazo.

Les mesures effectuées dans les galeries de mine de Marmato confirment celles de Humboldt faites dans les mines de Guanajuato, au Mexique; lorsqu'on s'enfonce dans le sol, en des points de grande altitude, la température croît avec une vitesse comparable à celle observée quand le point de départ est situé dans une région basse.

Enfin il a déterminé la température moyenne de 128 stations échelonnées entre le niveau de la mer et 5460 mètres.

Les recherches minéralogiques de Boussingault ne sont ni moins importantes ni moins variées.

A Lagunilla, près de Merida, dans le Venezuela occidental, se trouve, à une altitude de 1045 mètres, un petit lac peu profond dont l'eau est légèrement alcaline; les Indiens y exploitaient par un procédé original un sel qu'en plongeant ils allaient chercher sous l'eau; ils le retiraient d'une couche sous-jacente à un lit d'argile gluante; ce sel était employé pour former, avec l'extrait de tabac, une mixture mastiquée avec délices par les Vénézuéliens et les Vénézuéliennes.

Boussingault fit voir par l'analyse que ce minéral, auquel il a donné le nom local d'urao, est une combinaison équimoléculaire de carbonate et de bicarbonate de sodium, avec deux molécules d'eau; c'est l'équivalent du trona des lacs salés des régions désertiques et notamment des lacs Natron d'Égypte. Ce sel fait l'objet d'un commerce actif dans l'Afrique saharienne, où on l'appelle inexactement natron, terme actuellement réservé au carbonate de sodium à dix molécules d'eau. Mais ce ne fut pas tout, dans la couche argileuse superficielle, le voyageur remarqua des cristaux incolores et transparents, à arêtes aiguës et tranchantes, constituant une espèce minérale jusqu'alors inconnue, carbonate double hydraté de sodium et de calcium; il l'a appelée Gay-Lussite. Sa forme géométrique fut précisée par Cordier,

puis par Des Cloizeaux à l'aide des cristaux envoyés à Paris en même temps que leur description chimique.

Chargé de diriger ou de surveiller l'exploitation de mines métalliques, Boussingault y a fait des découvertes intéressantes, c'est ainsi que, dans la mine d'or de Marmato, il a rencontré une blende très riche en fer, dans quoi ce métal remplace une partie du zinc; c'est l'espèce minérale qu'il a décrite sous le nom de marmatite.

Il a été amené à s'occuper non seulement de la nature des filons et des particularités des alluvions aurifères, mais encore de la composition chimique de l'or exploité en Colombie. Souvent cet or est fort riche en argent, ce qui explique sa couleur pâle; cette association naturelle des deux métaux précieux est appelée par les minéralogistes *electrum*, vieux nom déjà employé par Homère, Strabon et Pline. Boussingault a été conduit à penser qu'il existe des *electrums* de composition définie; on sait aujourd'hui qu'il n'en est rien et que les deux métaux isomorphes peuvent être et sont mélangés en toutes proportions.

Cette composition spéciale de l'or colombien l'a conduit à des recherches effectuées à Marmato et à Bogotá, pour perfectionner la technique de sa purification par élimination de l'argent. Il a publié une étude sur le procédé, dit du départ sec, cémentation prolongée dans laquelle intervient l'action de l'acide chlorhydrique sur l'argent à haute température. L'influence combinée du chlorure de sodium et de l'argile a été particulièrement mise en évidence.

Ce sont ces mêmes préoccupations pratiques qui, plus tard, lui ont fait décrire les procédés d'amalgamation utilisés en Amérique pour le traitement des minerais des métaux précieux.

Il me faut enfin signaler d'importants travaux consacrés à la question du platine.

Le Chocó est une région de la Colombie occidentale arrosée par deux fleuves coulant en sens inverse, l'Atrato, vers le Nord, où il se jette dans le golfe de Darien, c'est-à-dire dans le golfe du Mexique, et

le San Juan, se dirigeant au Sud vers le Pacifique, en longeant la Cordillère côtière et la plus occidentale des grandes Cordillères. On sait que c'est dans le Chocó qu'a été trouvé pour la première fois le platine; cette découverte est généralement attribuée à l'espagnol de Ulloa, voyageant en Colombie au XVIII^e siècle, mais, ainsi que l'a fait judicieusement remarquer Boussingault, ce métal a certainement été vu, dès le XVI^e siècle, par les premiers orpailleurs espagnols. Seulement ils ne savaient pas tirer parti de cet « oro blanco », se concentrant avec l'or véritable au fond de leurs batées. Aussi le rejetaient-ils, ou bien l'employaient-ils pour remplacer le plomb de chasse et aussi pour un usage semblant bien paradoxal, aujourd'hui que le platine vaut plus de cent mille francs le kilogramme, pour fabriquer de la fausse monnaie par son mélange avec l'or. C'est seulement à la suite du voyage en Amérique de nos confrères de l'ancienne Académie que le platine a été connu en Europe. Il est permis d'ajouter que certainement, bien avant la conquête espagnole, les Indiens ont utilisé le platine de l'Esmeraldas; M. le D^r Rivet, en effet, a décrit récemment une figurine précolombienne en or dont l'un des yeux est fait d'une lamelle de ce métal.

Boussingault a exploré toutes les rivières roulant de l'or, non seulement dans le Chocó, mais aussi dans le bassin de la partie du Cauca, irrigant la province d'Antioquia, avant de se jeter dans le Magdalena; il a montré que le platine ne se rencontre que dans les alluvions de la haute vallée du San Juan et des affluents voisins de sa source, et qu'il y est constamment associé à l'or; il doit donc provenir des mêmes gisements originels. Néanmoins, il ne l'a vu qu'une seule fois en place, à Santa Rosa de Osos, englobé, avec l'or, dans le *paco* d'un filon de quartz, c'est-à-dire dans la limonite d'un chapeau de fer filonien. Depuis cette époque lointaine, depuis un siècle, aucune recherche plus précise n'est venue compléter celles de Boussingault; quelques auteurs, impressionnés par l'étude des gisements platinifères de l'Oural, où le métal précieux git dans une roche ultra-basique, la dunité, ont bien avancé que, dans le Chocó, le platine provient

de gisements serpentineux rencontrés, je ne dis pas étudiés, dans la région, mais aucune preuve n'a été apportée à ce sujet. La découverte toute récente, au Transvaal, du platine dans diverses roches, et notamment dans des norites et des filons de quartz, rend désirable la reprise de cette question dont la solution pourrait bien être, au moins partiellement, celle soupçonnée par Boussingault.

Le platine a fourni à notre confrère plus que le sujet de travaux minéralogiques, il lui a procuré aussi une leçon de sage philosophie.

Un jour, dans un accès d'enthousiasme, le Congrès colombien vota l'érection, sur la Plaza mayor de Bogotá, d'une statue au général Bolivar, en reconnaissance des services rendus à la patrie, d'une statue équestre — en platine.

Boussingault reçut des ministres de la guerre et des finances l'ordre d'exécuter cette décision. Fort ému, il se hâta de rédiger un rapport pour démontrer que la production de toutes les mines de Colombie pendant un siècle serait insuffisante pour fournir la quantité nécessaire de platine : et, celle-ci eût-elle été obtenue, que l'infusibilité du métal, dans les conditions alors connues, ne permettrait pas de s'en servir pour couler une statue.

Quand il remit ce rapport à son chef, le colonel Lanz, celui-ci, homme d'expérience, haussa les épaules et lui tint à peu près ce langage : « Mon cher, vous n'avez pas le sens commun ; une assemblée politique, pas plus qu'un ministre, ne pardonne pas à qui lui démontre son ignorance, surtout lorsque, comme dans le cas actuel, cette ignorance est flagrante. Répondez que vous êtes très honoré d'une mission aussi importante et que vous ne négligerez rien pour en assurer le succès » et comme Boussingault manifestait quelque surprise, il ajouta : « D'ici peu, nul ne pensera plus à tout cela et, en suivant mon conseil, vous n'aurez désobligé personne. »

Et il en fut ainsi fait. Le ministre des finances félicita le jeune Français de son zèle et les deux pauvres kilogrammes de platine, réunis à grand'peine, furent plus utilement employés à la fabrication de quelques appareils pour le laboratoire de Chimie des ingénieurs.

Enfin, il me reste à signaler une dernière observation minéralogique. Au cours de leur exploration de la région de Bogotá, Boussingault et Rivero constatèrent que l'enclume du maréchal-ferrant du village de Santa Rosa était formée par un bloc de fer métallique, à surface caverneuse. Une rapide enquête leur apprit que ce bloc avait été trouvé en 1810, à demi enterré, sur la colline voisine de Tocavita, près d'un sentier très fréquenté, où il n'avait pas été observé jusqu'alors. Ils constatèrent sur place que le sol de cette colline était formé par des grès d'âge secondaire, puis, dans le voisinage, ils trouvèrent des fragments plus petits du même métal. Ces constatations leur firent penser à la possibilité d'une origine extra-terrestre, qui put être démontrée par l'analyse chimique; celle-ci, en effet, révéla la présence de 5 à 6 pour 100 de nickel.

On sait que dans diverses régions, et notamment dans les parties désertiques du Chili et du Mexique, il existe, à la surface du sol, et sans relation avec sa constitution géologique, des blocs de fer nickélique d'un poids souvent considérable; leur origine est attestée par la similitude de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques avec celles de blocs métalliques dont la chute des espaces célestes a été constatée directement, mais le nombre de ces derniers, une dizaine environ, est infime par rapport à celui des fers qui ont été seulement trouvés et dont plus de deux cents ont été enregistrés. Boussingault et son compagnon constatèrent la présence de blocs analogues à Ragastá, près de la mine de sel de Zipaquirá.

Depuis lors, la connaissance des fers météoriques a fait de grands progrès; l'étude métallographique permet d'y déceler plusieurs variétés de structures; l'examen des échantillons de fer de Colombie conservés dans les collections a été fait; il a appris qu'en dépit de leur analogie de composition chimique, ils correspondent à des types différents.

La collection du Muséum ne possède que de très petits morceaux du fer de Tocavita. Boussingault avait bien acheté, moyennant cent francs, le bloc du maréchal-ferrant avec l'intention de l'envoyer à

Paris, mais quand il voulut l'emporter, il constata qu'il pesait 750 kilogrammes et il dut se résigner à le laisser en place, à n'en prendre que des fragments; depuis quelques années ce bloc figure, au moins en partie, au musée de Chicago.

Boussingault a conté comment, par un acte de courtoisie auquel il ne fut pas étranger, on fit forger avec ce fer une lame d'épée destinée à Bolivar; une inscription y fut gravée indiquant qu'elle avait été faite « avec le fer tombé du ciel pour la défense de la liberté », ou même quelque chose de plus ronflant encore.

Enfin, il me faut citer une série d'études chimiques sur des produits naturels d'origine végétale, prélude de celles qui allaient faire l'objet principal de son œuvre scientifique après son retour en France : étude du suc comestible, sorte de lait, fourni par l'Urticacée appelée Arbre de la vache, *Brosimum galactodendron*, déjà examiné par Humboldt, du suc vénéneux d'une Euphorbiacée, le *Hura crepitans* que lui avait procurée Roulin, examen chimique (effectué en commun avec Roulin) du rocou et de la cire de palmier, du curare, poison des Indiens de l'Orénoque; étude du chica, matière colorante utilisée par les mêmes Indiens pour se peindre le corps en rouge, et d'autres encore, sur quoi il devait revenir plus tard.

Ce rapide exposé des travaux de Boussingault dans l'Amérique équatoriale montre combien était justifiée et méritait d'être généralisée l'appréciation élogieuse formulée par Humboldt, dès 1823. Par ailleurs, le jeune voyageur avait eu soin de ne pas conserver tous ses résultats dans ses carnets, de ne pas se laisser oublier de Paris; il avait multiplié les communications adressées à notre Académie et aux *Annales de Chimie et de Physique*. Parti inconnu pour son expédition d'outre-mer, il en revenait, dix ans plus tard, pourvu d'une véritable notoriété scientifique, accentuée par la sympathie et la curiosité attachées au témoin d'événements politiques et militaires ayant conduit à la libération d'un peuple et à la création de plusieurs répu-

bliques latines, au collaborateur de chefs, tels que Bolivar, dont le nom était entouré comme d'une parure de légende.

Aussi fut-il accueilli avec empressement, non seulement par Humboldt, Arago et Gay-Lussac, confidents directs de ses recherches, mais encore par tous les savants de la capitale qui avaient suivi les péripéties de sa longue expédition avec d'autant plus d'intérêt qu'à cette époque, les hommes de laboratoire n'étaient pas souvent des hommes d'action et surtout d'actions lointaines.

Boussingault avait besoin de trouver une situation pour vivre, il pensait à une carrière purement scientifique, mais s'il avait des titres de science, il ne possédait pas le moindre grade universitaire; ce ne devait pas être un obstacle, et ses puissants protecteurs n'allaient pas tarder à lui trouver une situation honorable, sinon lucrative, une chaire de professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, renaissant de ses cendres après avoir été, avec bien d'autres, supprimée, dès 1816, par la Restauration.

Le passage de Boussingault dans l'Université, car ce ne fut qu'un passage, n'eut pas moins de pittoresque et d'imprévu qu'une campagne dans l'armée du Libertador. Les archives de l'Académie rectoriale de Lyon m'ont fourni des documents permettant de reconstituer cette partie peu connue de sa carrière; ils ne sont pas sans intérêt, même pour l'histoire de l'Enseignement supérieur en général.

Vers cette époque, l'indifférence du roi et de son ministère pour les questions sociales avait attiré à Lyon le redoutable conflit, dit du Salariat; à la suite des journées tristement célèbres du 21 au 23 novembre 1831, la partie libérale de la population vivait dans la terreur, mais s'organisait en diverses associations où fréquentaient Arago, Jules Favre et bien d'autres; elles allaient, vers la fin de 1833, se concentrer en une section lyonnaise de l'Association des Droits de l'homme.

L'opinion publique était donc passablement agitée, aussi fût-ce, sans doute, dans un but beaucoup plus politique que scientifique que

le préfet du Rhône et le maire, le D^r Prunelle, bourgeois orléaniste tout dévoué à Louis-Philippe auquel il devait son écharpe, résolurent de demander au Ministre de l'Instruction publique, Guizot, et obtinrent de lui (9 décembre 1833) le rétablissement de la Faculté des Sciences, pourvue de sept chaires. Et ceci explique aussi pourquoi, une fois la décision de principe acquise et l'effort produit, la réalisation se fit sans hâte et non sans quelque mesquinerie.

Le recteur avait envoyé au ministre des propositions pour le choix des professeurs; c'étaient des universitaires ou des savants lyonnais appréciés, Clerc, Jourdan, Tabaraud, Seringe et même de valeur, tels que le mathématicien philosophe Cournot, le géologue Fournet, introducteur de la notion d'endomorphisme et d'exomorphisme dans l'étude du métamorphisme, mais plusieurs d'entre eux n'étaient pas docteurs et la loi était formelle. Ils le deviennent par grâce ministérielle. Depuis 1831, le ministre de l'Instruction publique ne jouissait plus, en droit, mais usait parfois encore, en fait, de la prérogative de créer, *proprio motu*, dans certaines conditions, des docteurs, tout comme le pape, des cardinaux. Les archives rectorales renferment à ce sujet un document pittoresque. Une décision ministérielle du 8 juillet 1834 dispense M. Seringe, directeur du Jardin botanique de Lyon, de justifier des inscriptions et de l'assiduité aux cours d'une Faculté pour être admis aux examens de licence, lorsqu'il sera pourvu du baccalauréat. Une Note indique qu'il va se rendre à Grenoble pour se pourvoir de ces grades, voyage bien inutile, puisque, dans l'arrêté du 21 du même mois, ce botaniste figure parmi les docteurs ès sciences nommés professeurs à la Faculté de Lyon.

Seul étranger à la cité, Boussingault est nommé professeur (21 juillet 1834) et chargé de l'enseignement de la Chimie, mais son titre de docteur ès sciences, il l'avait obtenu depuis quelques semaines à la Sorbonne, sans grades préliminaires, à la suite de la soutenance de thèses dont le sujet lui avait été fourni par ses études d'outre-mer : « Déterminer la profondeur à laquelle se trouve la couche de température invariable entre les tropiques et la température moyenne de la

zone torride au niveau de la mer » et « Recherches sur les phénomènes chimiques qui se passent dans l'amalgamation américaine ».

Dès le 1^{er} août, le recteur réclame la nomination d'un doyen et propose au ministre le plus ancien des professeurs, Clerc, seul survivant de l'ancienne Faculté impériale. Vers le 25 octobre, Boussingault arrive enfin à Lyon; la Faculté étant au complet fait alors sa visite officielle au maire, mais Boussingault repart subitement pour Paris et, le 4 novembre, paraît une décision ministérielle le nommant doyen.

Le 31 décembre, des nécessités budgétaires forcent le recteur à constituer la Faculté en Conseil académique, malgré l'absence de son doyen qu'il réclame en vain à tous les échos d'alentour et dont, l'intérim est confié à Clerc, le candidat blackboulé. Enfin, après bien des appels, Boussingault se décide à faire acte de présence; l'ouverture solennelle de la Faculté a lieu le 29 janvier 1835 et les cours sont mis en marche, à l'exception de ceux de Physique... et de Chimie.

Il semble bien cependant que Boussingault soit resté quelque peu à Lyon pendant le premier trimestre de cette année 1835, car une Note du recteur signale qu'il *prépare ses réactifs* pour son futur cours, mais celui-ci ne fut inauguré que le 11 juin et clos à la fin du mois suivant. Ses treize leçons eurent pour sujet les corps simples non métalliques.

Ceci fait, Boussingault quitte encore une fois Lyon, mais pour n'y plus revenir et les Notes ministérielles à son sujet de pleuvoir à l'Académie. Le 30 novembre, en effet, il est autorisé à différer son départ de Paris d'un mois à six semaines, au plus; le 12 janvier 1836, à se faire suppléer dans son cours de Chimie par le professeur de Mathématiques. Au bout du second semestre, débarque de Paris un nouveau suppléant qui n'était autre que Victor Regnault, alors jeune ingénieur des mines; quant au décanat, c'est encore Clerc, l'homme de tous les dévouements, qui en assure les services. Enfin, le 29 octobre, un dernier arrêté met fin à ce jeu de cache-cache, et donne un successeur à Boussingault démissionnaire; Tabaraud devient doyen et l'infortuné Clerc de rentrer définitivement dans le rang.

Que s'était-il donc passé? Tout d'abord, Boussingault avait voulu revoir la terre d'Alsace, où il avait fait ses débuts et laissé de bons amis et de chers souvenirs. Chez ses anciens voisins de Lobsann, les Le Bel, il avait retrouvé, jeune fille accomplie, l'enfant dont il a tracé un portrait ému et qui consentit à partager sa vie... « Une petite fille demi-sauvage, vivant en plein air, Adèle, alors âgée de cinq ou six ans; on la laissait courir comme on eût fait pour un garçon. Hâlée, cheveux jaunes, jupons d'étoffe grossière, pas élevée du tout, ne sachant pas un mot de français, telle était la jeune personne que j'épousais treize ou quatorze ans plus tard et qui est devenue la femme la plus gracieuse, la plus aimable qu'on puisse imaginer. »

Avec elle, il fit entrer le bonheur dans sa maison. Femme d'une intelligence remarquable, d'une exquise bonté, elle ne se contenta pas d'entourer son mari de délicate tendresse et d'une admiration sans bornes, elle l'aida aussi puissamment dans son existence de labeur, en écartant de lui tout souci matériel.

Cette union eut, en outre, une influence décisive sur son avenir scientifique. Il a conté dans ses Mémoires comment, en Amérique, son attention avait été appelée pour la première fois sur l'intérêt et l'importance de l'Agriculture, ainsi que sur les services qu'elle peut attendre de la science. Obligé de subvenir à la nourriture de nombreux manœuvres attirés aux mines de Marmato, il avait dû mettre en valeur une vaste exploitation de Bananiers, défricher des terrains, puis planter du Maïs, des Légumineuses, des Yuccas et s'ingénier à faire prospérer ses cultures.

Son mariage mit entre ses mains un incomparable instrument de travail et aussi un précieux collaborateur; l'instrument fut ce beau domaine de Pechelbronn⁽¹⁾ dont Boussingault fit aussitôt un vaste champ d'expériences, puis, à partir de 1847, la vieille abbaye de capucins du Liebfrauenberg, où il installa un laboratoire rendu célèbre par ses travaux; le collaborateur, fut Achille Le Bel qui, avec une grande compétence et beaucoup de dévouement, dirigea les cul-

(1) On écrivait alors Bechelbronn.

tures, supporta la charge de l'administration, laissant ainsi à son beau-frère tout son temps et toute sa liberté d'esprit pour ses recherches scientifiques.

Ensuite, la mort d'une petite fille, rapidement venue, n'avait pas été sans retenir Boussingault loin de Lyon, mais une autre raison, plus terre à terre, apparaît dans une lettre, véritable ultimatum, adressée à son recteur (1^{er} mars 1836).

« Je ne crois pas devoir vous cacher les motifs qui très probablement détermineront ma retraite. Toutes considérations bien pesées, ma position à Lyon ne serait tenable qu'autant qu'il me serait loisible de ne faire par an qu'un seul semestre. Alors je resterais volontiers et même je préférerais Lyon à Paris. Mais l'enseignement chimique me paraît tellement important à Lyon que je suis tout le premier à reconnaître qu'il faut dans cette ville un enseignement de deux semestres. Un professeur adjoint serait donc nécessaire si l'on entrait dans mes vues. Il n'est nullement probable que l'on consente à mon exigence. Libre à moi de faire mes conditions, on les rejette, je me retire, c'est une affaire terminée... En résumé, si l'on m'accorde un professeur adjoint, je serai à Lyon pour le deuxième semestre, je ferai la chimie organique. Si l'on ne consent pas à m'accorder un adjoint, je quitterai la Faculté. La Faculté n'y perdra pas grand'chose et ma paresse y gagnera un large repos.

» Vous voyez que je m'explique nettement; je suis sous l'influence de la centralisation de M. Thiers; je voudrais bien que l'on m'expliquât pourquoi un malheureux professeur titulaire de Faculté, par le fait qu'il est en province, soit condamné à recevoir un quart en moins qu'un professeur adjoint de Paris, et à faire deux fois plus de leçons? A cela on me répondra avec beaucoup de raison que je savais les conditions lorsque j'ai accepté; et à mon tour de répondre que j'ai voulu faire l'expérience du fait et que maintenant que j'ai l'expérience, je trouve les conditions très défavorables. »

Enfin une dernière cause précipita la décision; P. Thenard venait de se faire suppléer à la Sorbonne par J.-B. Dumas (1836), professeur adjoint; celui-ci à son tour avait éprouvé immédiatement le besoin de prendre un suppléant pour l'année scolaire 1836-1837, et ce fut Boussingault.

Tous ces avatars n'avaient pas interrompu, d'ailleurs, l'activité scientifique de celui-ci; les années 1836 à 1839 furent parmi les plus fécondes de sa carrière scientifique; il y jeta les bases de son œuvre agronomique, y déployant une prodigieuse énergie qui reçut sa récompense, le 28 juin 1839, par son élection à cette Académie, dans la

section d'Économie rurale, où il remplaça Huzard; dix ans plus tard, il succédait à Leclerc-Thouin comme professeur d'Agriculture au Conservatoire des Arts et Métiers.

Il semblait que Boussingault eût enfin trouvé son équilibre définitif, il n'en fut rien cependant. La révolution de 1848 réveilla le levain d'amour de la liberté et le besoin d'action qui sommeillaient en lui depuis la guerre de l'Indépendance. Candidat à la députation, il fut envoyé à l'Assemblée constituante par les électeurs du Bas-Rhin, témoins de ses efforts agricoles en Alsace, mais, là encore, sa destinée fut de n'entrer que pour mieux sortir. D'après la Constitution de 1848, le Conseil d'État devait être élu par l'Assemblée nationale. Devenu conseiller par cette voie en août 1849, notre confrère dut quitter non seulement le Parlement, mais aussi le Conservatoire des Arts et Métiers.

Le nouveau conseiller d'État semble avoir manifesté plus de sympathie pour ses recherches de laboratoire que pour les devoirs administratifs et juridiques, car si son nom revient souvent dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de 1849 à 1851, il ne paraît pas avoir joué un rôle important dans la discussion des lois et règlements. En tout cas ses collègues du Conservatoire, après l'avoir nommé professeur honoraire, ne se hâtèrent pas de pourvoir à sa succession, sans doute dans l'espoir de le voir revenir un jour parmi eux, mais, le 20 novembre 1851, le Ministre de l'Agriculture et du Commerce les mit en demeure de prendre une décision au sujet de la chaire vacante. Sans attendre leur réponse, le 8 décembre, un nouveau ministre leur notifiait un décret du Prince-Président supprimant cette chaire d'Agriculture et la remplaçant par une chaire de Chimie agricole, à laquelle était nommé Georges Ville. A la réception de ce décret, notre confrère, le colonel Morin, administrateur du Conservatoire, sans attendre la réunion de son Conseil de perfectionnement, convoqué d'urgence et qui, d'ailleurs, allait l'approuver unanimement, adressait au ministre une véhémence protestation contre ce procédé singulier consistant à supprimer une chaire et à la recréer aussitôt en changeant seulement son titre, afin de pouvoir légalement

nommer d'autorité un titulaire bien en cour, échappant ainsi au contrôle salutaire d'une présentation par le Conservatoire et par l'Académie des sciences. Faisant ensuite habilement remarquer que le Conseil d'État, emporté quelques jours auparavant par la tourmente, n'existait plus, le colonel Morin ajoutait que :

« M. Boussingault, à qui sa position dans ce Conseil avait fait perdre sa place de professeur, dont il a été déclaré démissionnaire, devait naturellement et légitimement la retrouver puisqu'il n'avait pas été pourvu à son remplacement. La politique ne peut pas traiter la science en ennemie et je ne doute pas que cette circonstance ne vous eût arrêté dans la présentation de ce décret et que M. le Président n'eût refusé de le signer si elle eût existé alors. Vous n'auriez pas voulu que, profitant d'un événement politique, le préparateur vînt supplanter son professeur. J'estime assez M. Ville pour croire qu'en présence de cette situation nouvelle, produite par la dissolution du Conseil d'État, il sera le premier à déclarer qu'il ne peut honorablement accepter le bénéfice du décret du 29 novembre et qu'il attendra une autre circonstance, où la bienveillance de M. le Président pourra s'exercer en sa faveur sans compromettre sa délicatesse. »

Bien qu'à cette époque le Gouvernement se souciât fort peu de la légalité et de l'opinion publique, — il venait d'en donner la preuve qu'il est superflu de rappeler, — il céda et, le 24 décembre, un nouveau décret, sans réintégrer Boussingault dans son ancienne chaire, le nommait professeur de Chimie agricole « en remplacement de M. Ville non acceptant ». Cet exemple montre que les grands corps scientifiques s'honorent et défendent efficacement aussi bien leur intérêt que celui de la science en ne laissant pas toucher à leurs droits ni attenter à leur dignité.

L'épilogue se fit attendre cinq ans. Le 4 mars 1857, un décret créait au Muséum d'histoire naturelle, sans consultation préalable, une chaire nouvelle, n'ayant pas de précédents, celle-là, une chaire de Physique végétale et Georges Ville en était nommé titulaire. J'ai entendu jadis les anciens de la maison faire, avec quelque amertume, le récit de son premier cours auquel assistaient de nombreux dignitaires de la Cour impériale venus pour affirmer une volonté qui n'était pas celle de l'Établissement.

Cette fois Boussingault était arrivé au port définitif et sa vie, comme sa carrière, allait désormais se poursuivre d'une façon parfaitement calme, aussi uniforme que leurs débuts avaient été mouvementés et pleins d'aventures, l'hiver à Paris dans le laboratoire du Conservatoire, l'été à la campagne dans celui d'Alsace.

Du fringant colonel des armées de Bolivar, de l'intrépide explorateur de l'Équateur, de la Colombie et du Venezuela, il ne restait plus que les anecdotes et les souvenirs que notre confrère se plaisait à rappeler dans une langue énergique et auxquels l'on trouve maintes allusions dans son œuvre si vaste et si variée, aussi bien que dans son enseignement qui, dit-on, était vivant et pittoresque.

Son *Économie rurale*, bien vite devenue classique, est le fruit de cet enseignement; Dehérain a pu dire fort justement que la première édition de cet Ouvrage « marque l'origine de la Chimie agricole comme science constituée ».

À partir de 1873, Boussingault se fit suppléer par J.-J.-Th. Schlœsing, appelé quelques années plus tard à le rejoindre à l'Institut. Schlœsing avait suivi ses traces; il était imprégné de ses méthodes; il a continué et perfectionné son œuvre, mais il n'était pas son élève direct. On doit remarquer, d'ailleurs, que la plupart des hommes éminents ou distingués qui ont travaillé dans le laboratoire de Boussingault ont développé leur talent à ses côtés plutôt qu'à l'aide de ses conseils immédiats. S'il a eu une énorme influence sur tous les agronomes et les chimistes agricoles de son temps, il l'a exercée par son exemple, par son œuvre, mais non par une action personnelle. À cet égard, il n'est pas comparable à un Berthelot, à un Sainte-Claire Deville, à un Wurtz.

Entré en 1844 au Conseil d'hygiène et de salubrité du département de la Seine, Boussingault y a joué un rôle considérable, en raison de l'autorité que lui conféraient l'étendue de ses connaissances générales et la spécialisation de certains de ses travaux, ceux concernant l'ammouciac et l'analyse des eaux par exemple; ils trouvèrent une application fort utile dans l'étude des causes de l'insalubrité des eaux de

la Seine polluées par les torrents nauséabonds déversés par les égouts de Paris.

Aussi son opinion, appuyée par l'autorité de J.-B. Dumas, fut-elle d'un grand poids lors de la discussion au Conseil municipal des projets d'un autre de nos confrères, Belgrand, pour l'assainissement de la capitale, son alimentation en eau potable par le captage de sources et enfin la construction de son vaste réseau d'égouts.

Boussingault ne s'est pas contenté d'analyser les eaux vannes, il a cherché à les utiliser, aussi bien que les autres résidus du ventre de Paris et notamment les déchets d'animaux; il a jeté ainsi, avec Payen, les bases d'industries nouvelles qui permettent, pour le plus grand bien de l'agriculture, le retour à la terre de ces innombrables immondices, cause d'embarras et d'infection pour toutes les grandes villes et pour Paris en particulier.

Avec Payen encore, et aussi avec Cadet-Gassicourt, Chevalier, il s'est préoccupé des mesures à prendre pour prévenir et combattre les maladies professionnelles résultant de l'emploi dans l'industrie du phosphore, des sels de plomb, d'arsenic, de mercure, etc.

Son action au Conseil d'hygiène a laissé sa trace dans de nombreux rapports signés par lui seul, ou en collaboration avec plusieurs de ses confrères, Pasteur, Pélégot, Payen, Larrey, Bussy et bien d'autres.

Je ne saurais manquer de rappeler la grande place tenue par Boussingault à la Société — aujourd'hui Académie — nationale d'Agriculture, dont il avait été nommé membre, dès 1842 et qu'il présida en 1863.

Enfin, en 1876, lors de la réorganisation de l'Institut national agronomique, pépinière d'ingénieurs distingués rendant tant de services à notre Agriculture, Boussingault en fut nommé professeur, chargé de la haute direction des laboratoires de Chimie. A la vérité, il n'y a jamais professé, mais il a apporté à cette École la grande autorité de son nom dans le monde agricole et au delà, puis, comme membre du Conseil des professeurs et du Conseil de perfectionnement, il a exercé une réelle influence sur l'organisation de l'enseignement. Son successeur fut l'un de ses préparateurs, notre confrère Achille Müntz.

Boussingault a eu un fils, Joseph, lui-même chimiste distingué, et deux filles; l'une d'elles épousa M. J.-C. Holtzer, directeur des Forges et Aciéries d'Unieux, et l'autre, M. J.-C. Crozet, directeur des Ateliers de Chambon-Feugerolles, fondés par son oncle Fourneyron, l'ancien condisciple de Boussingault à l'École des mineurs.

Ces deux unions ramenèrent notre confrère dans la région de Saint-Étienne, où il avait achevé ses études et débuté dans la science. Elles ont eu sur la direction de son œuvre scientifique une influence du même ordre que celle déterminée par son propre mariage. Pour le retenir à Unieux, en effet, son gendre Holtzer lui fit aménager dans son usine un fort beau laboratoire; l'agronome fut ainsi conduit à revenir à ses premières amours, à des travaux de Chimie minérale et particulièrement de Chimie analytique, pour laquelle il avait une grande attirance, en raison sans doute du degré de précision qu'elle permet d'atteindre. C'est à cette circonstance familiale que sont dues ses importantes recherches de métallurgie. Elles méritent qu'on s'y arrête.

Boussingault a été le premier à prouver d'une façon définitive la présence de l'azote dans les aciers et à donner des méthodes précises pour son dosage; elles sont encore employées aujourd'hui. Ces recherches ont eu un grand retentissement, car elles ont prouvé l'inexactitude de la thèse soutenue par Frémy prétendant que les propriétés de l'acier, et notamment sa dureté, étaient dues à l'azote.

De même, la méthode de dosage du silicium dans les aciers et celle du dosage du carbone par la réaction du bichlorure de mercure, ont été les premières à fournir des résultats exacts. Boussingault a fait ressortir, dans une certaine mesure, l'influence du temps et de la température sur la teneur en carbone et déterminé les limites de celle-ci. Il a montré que le recuit améliore sa répartition dans l'acier, fait voir aussi que la forme du carbone est sans influence sur la cémentation. Si tous les points de cette étude ne sont pas restés acquis, le travail n'en a pas moins été remarquable pour l'époque et la même observation peut être faite pour celui consacré à la carburation du

nickel par cémentation; la carburation ne modifie pas les propriétés du métal comme elle le fait pour le fer.

Boussingault a été aussi un novateur en découvrant la présence du silicium dans l'acier et en étudiant son influence sur les propriétés de celui-ci.

Très remarqué fut son mémoire sur la production, la constitution et les propriétés des aciers chromés; ce fut, en effet, la première publication consacrée à ces alliages au moment où leur emploi a commencé à se généraliser. Reprenant les vues de Berthier (1820), le véritable inventeur de l'acier chromé par réduction d'un minerai de fer chromifère, il a présenté d'une façon très claire les renseignements rapportés des États-Unis par Rolland, étudié la réduction des minerais de chrome et exposé les recherches industrielles de Brüstlein, directeur des usines Jacob Holtzer, sur les caractéristiques des ferrochromes et la trempe des aciers chromés. Sa contribution personnelle a surtout consisté dans la mise au point du dosage du chrome et du carbone dans les produits sidérurgiques.

Enfin il me faut rappeler son premier travail de 1821, repris et complété en 1876, dans lequel Boussingault a étudié la siliciuration du platine. En chauffant ce métal en présence du carbone, il n'a pas obtenu de carburation, dans les conditions de ses expériences, mais à une température très élevée, la silice est réduite; le platine n'est pas modifié si on le chauffe dans du quartz ou de la silice très divisée, mais il absorbe du silicium lorsque l'opération est effectuée dans un creuset et cette particularité est due à l'action des cendres siliceuses du combustible. Cette observation qui, pendant longtemps, n'a présenté qu'un intérêt théorique a pris une grande importance aujourd'hui, car elle explique l'altération que les couples de platine éprouvent lorsqu'ils sont portés à haute température en présence de matériaux réfractaires.

Quand, après la guerre de 1870, il eut été chassé de sa terre d'Alsace par l'annexion, Boussingault passa une grande partie de l'année dans son laboratoire de la Loire.

Mais une douloureuse catastrophe, allait, en 1877, bouleverser cette existence paisible et heureuse ; la mort de Madame Boussingault détruisit à tout jamais son foyer. Profondément désespéré, le savant, touché par l'âge, voulut se recueillir pendant quelque temps dans son ermitage du Liebfrauenberg, témoin de tant de doux et glorieux souvenirs, puis sa fille, Madame Holtzer, devenue veuve, le prit chez elle à Paris et c'est là qu'entouré par l'affection de ses deux filles et de ses petits-enfants, il acheva sa longue vie si utilement et si noblement remplie.

Doucement, il s'éteignit, le 11 mai 1887, à l'âge de 85 ans.

II.

Les travaux réalisés par Boussingault dans l'Amérique du Sud et complétés plus tard en France, ainsi que son œuvre métallurgique, sont considérables et suffiraient à assurer la réputation du savant. Ils ne constituent cependant pas la partie cardinale de son œuvre. Toutefois, si j'ai longuement insisté sur eux, c'est que ces travaux ont été quelque peu éclipsés par ceux consacrés à l'Agronomie, ainsi qu'à la Physiologie végétale et que, par suite, ils sont bien moins connus.

Pour la postérité, en effet, Boussingault restera essentiellement l'introducteur en Agriculture des méthodes de la Chimie, et notamment de la balance. Il ne fut pas un théoricien en chambre ; chimiste, il se fit agriculteur, établissant ainsi l'union intime entre la ferme et le laboratoire ; à ce titre, il a été le véritable père des Stations agronomiques. Nul ne lui conteste son rôle d'initiateur et il n'est pas déplacé de rappeler à ce sujet le témoignage public qu'en ont donné, en 1877, les agronomes allemands, réunis pour un congrès à la station de Mœchern, en lui envoyant le télégramme suivant : « *Au premier chimiste agricole, ses continuateurs adressent un chaleureux vivat.* »

Analyste ingénieux, habile, et d'une scrupuleuse conscience, il a imaginé nombre de méthodes de dosages, il en a perfectionné d'autres. Son labeur fut immense. Pendant soixante années, sans relâche, il

analysa les produits naturels organiques les plus divers, végétaux et animaux; tout ce qui entre, tout ce qui sort de la ferme, en particulier, terre, engrais, récoltes, bétail, a été pesé et dosé par lui.

Il a été essentiellement l'homme de l'azote que, sans se lasser, il a suivi dans son cycle fermé, du sol à la plante, de celle-ci à l'animal et de ce dernier au sol.

Facteur de la fertilité du sol et de la puissance nutritive des végétaux, aussi bien que de la constitution des animaux, l'azote est l'élément dont la connaissance importe avant tout pour la solution des deux problèmes fondamentaux de l'Agriculture, la production des plantes et celle des êtres qui en vivent. Aujourd'hui une telle notion est si bien établie que l'énoncer semble une banalité, mais il n'en était pas ainsi à la fin de la première moitié du siècle dernier; pour bien juger du rôle d'un homme de science, il ne suffit pas d'apprécier les résultats de son œuvre avec le recul du temps, il faut aussi la situer au milieu des connaissances de l'époque à laquelle elle a été réalisée.

Le grand mérite de Boussingault est d'avoir posé nettement la question à laquelle il allait consacrer sa vie, de l'avoir disséquée et d'avoir délimité les contours des problèmes à résoudre. Puis, avec beaucoup de méthode et une admirable ténacité, il a attaqué expérimentalement ces problèmes, sans jamais perdre de vue le programme qu'il s'était tracé. Se souciant peu des théories, il n'avait foi que dans l'expérimentation et dans l'analyse. Les innombrables données numériques accumulées par lui n'ont pas vieilli, beaucoup de ses méthodes sont encore employées. Comme on peut le penser, les nombreux expérimentateurs qui l'ont suivi ont apporté des compléments à son œuvre, mais ils n'en ont pas modifié la base, celle-ci est restée inébranlable.

Je ne saurais exposer par le menu tant de Notes, tant de Mémoires, tant d'Ouvrages; leur diversité apparaît par la lecture des huit volumes de son *Agronomie*, dans lesquels beaucoup d'entre eux sont reproduits ou développés; je dois me contenter de donner un aperçu des points de vue principaux et de chercher à en préciser l'enchaînement,

je ne m'astreindrai pas à les suivre dans leur ordre chronologique.

Boussingault a débuté par l'analyse des fourrages et l'étude de l'alimentation des bestiaux; je lui laisse la parole comme introducteur.

« L'identité de composition et de propriétés, qui semble exister en de certaines matières tirées des deux règnes, conduit naturellement à penser que les animaux ne créent point les substances qui entrent dans leur organisation, mais qu'ils les trouvent toutes formées dans les aliments. Ce principe fondamental, que les animaux trouvent leur propre substance dans les aliments qui les nourrissent, peut éclairer le praticien dans l'alimentation des herbivores; car si la viande, la graisse, les os, existent à peu près tout formés dans les fourrages, il est bien évident que les plus convenables sont précisément ceux qui, sous le même poids, contiennent le plus de ces divers matériaux de l'organisation.

» Toutes les substances examinées jusqu'à présent, et qui servent de nourriture aux herbivores, présentent dans leur composition une certaine quantité de principes azotés. On sait, par les recherches de M. Magendie, que les aliments exempts d'azote sont insuffisants pour entretenir la vie. L'expérience montre que les animaux soumis à un régime non azoté perdent leur embonpoint et finissent par mourir. D'un autre côté, il est reconnu que la qualité d'une farine augmente avec le gluten qui y est contenu. C'est parce que les légumineux, comme les haricots, les pois, les fèves, sont plus riches en principes azotés, en viande, que les céréales, qu'ils sont aussi bien autrement nourrissants.

» Par toutes ces considérations, j'ai admis que la propriété alimentaire des végétaux réside surtout dans leurs matières azotées, et que par conséquent *leur faculté nutritive est proportionnelle à la quantité d'azote qui entre dans leur composition.* Par ce qui précède, on a pu remarquer que, néanmoins, je suis bien loin de croire que les matières azotées sont suffisantes pour réaliser l'alimentation; mais il est de fait qu'un aliment végétal fortement azoté, est généralement accompagné des autres éléments organiques et inorganiques qui concourent à la nutrition.

» En dosant l'azote d'un assez grand nombre de fourrages, j'ai eu particulièrement en vue de rechercher une base qui pût servir de principe pour apprécier comparative-ment leur valeur nutritive. Depuis longtemps les agronomes les plus distingués de l'Allemagne et de l'Angleterre ont essayé de résoudre cette importante question d'économie rurale. C'est dans ce but que Thaër et plusieurs observateurs ont donné, comme résultat de leur expérience, des nombres qui expriment les rapports en poids suivant lesquels les différentes espèces de fourrages peuvent être substituées l'une à l'autre. Ces nombres sont de véritables équivalents; ils indiquent, par exemple, que telle quantité de foin ou de racines peut être remplacée par telle autre de feuilles ou de grains, pour nourrir également un bœuf à l'engrais ou un cheval de labour. »

Au lieu d'établir ces équivalents, nutritifs à l'aide de l'expérimentation directe sur les animaux, comme l'avaient fait ses devanciers, Boussingault les a demandés à l'analyse; partant de dosages multipliés de la teneur en azote des divers fourrages, il a calculé pour chacun d'entre eux un équivalent chimique, en prenant pour unité le foin de prairie.

La comparaison de ces nouvelles données avec celles tirées de l'observation a révélé de telles différences que notre confrère institua des observations sur le vif qui le conduisirent, en 1851, à publier de nouveaux tableaux, où apparaissaient, à côté des nombres concernant l'azote, d'autres relatifs aux matières nutritives non azotées, à la matière inerte échappant à la digestion et rejetée par l'animal, enfin au poids de paille nécessaire pour compléter l'équivalent nutritif. Ces résultats sont à l'origine des progrès si remarquables faits, depuis lors, dans l'art de composer les rations alimentaires.

Une étude très attentive de la nutrition des animaux adultes a conduit Boussingault à mettre en évidence la distinction capitale existant entre les aliments plastiques et ce qu'il a appelé les aliments respiratoires; il a discuté aussi l'utilisation ou le rejet par les bestiaux des aliments absorbés.

Un animal étant soumis à un régime tel que son poids reste constant, l'on pèse et l'on analyse tout ce qu'il absorbe et tout ce qu'il rejette; on constate alors que le poids des déjections sèches est moindre que celui des matières ingérées. Le déficit consiste surtout en carbone et en hydrogène, brûlés par la respiration, transformés en gaz carbonique et en eau; ils proviennent des matières carbonées constituant les aliments respiratoires. Quant à l'azote, Boussingault le retrouve en partie dans les déjections; aujourd'hui on peut dire « intégralement » à condition de comprendre le terme déjections dans un sens plus large, en y ajoutant les poils tombés, les débris de cornes, le lait, etc.

Les animaux n'empruntent pas d'azote à l'atmosphère (expériences faites sur une vache laitière et sur un cheval soumis à la ration d'entretien); ils détruisent les matières ternaires. Ils ne peuvent créer de matière organique à la façon des végétaux dont ils tirent leur chair.

Que fabriquent-ils? Boussingault a répondu à cette question en analysant comparativement les aliments et les excréments d'oies, de canards, de porcs, puis en analysant ces animaux eux-mêmes; il montra ainsi que leur engraissement ne consiste pas seulement dans l'acquisition de la graisse et des huiles contenues dans leur ration alimentaire, mais aussi dans la transformation des hydrates de carbone et des principes quaternaires qu'elle renferme.

Une des parties principales de l'œuvre agronomique et physiologique de Boussingault est consacrée à l'étude de l'origine de l'azote des végétaux, de la forme sous laquelle cet azote est assimilé, du mécanisme de cette assimilation.

Lointaine était l'idée première de ces recherches; elle datait de son séjour en Colombie, où il avait été frappé de voir des terres complètement stériles devenir fertiles à la suite d'apports de guano, caractérisé par sa richesse en sels ammoniacaux.

Boussingault est l'agronome qui, en s'appuyant sur une base scientifique rigoureuse, a donné la meilleure démonstration des avantages de la fumure organique, de l'emploi du fumier de ferme.

Certes, avant lui, le fumier n'était pas négligé, mais les théoriciens de l'Agriculture interprétaient mal les causes de ses bienfaits; il était généralement considéré comme la nourriture exclusive des plantes, celles-ci tirant la plus grande partie du carbone nécessaire à leur croissance du contact de leurs racines avec l'humus du sol. La nutrition carbonée effectuée aux dépens du gaz carbonique de l'air était regardée par beaucoup comme d'importance secondaire.

Sans méconnaître la valeur des constatations de Liebig qui, le premier, avait montré la nécessité absolue de la matière minérale dans la vie végétale et vérifié sa présence constante dans toutes les parties des plantes, Boussingault admet que cette matière minérale peut être fournie en quantité suffisante par le sol et par le fumier et que l'azote de ce dernier joue le rôle prépondérant; c'est pourquoi il va s'attacher à son étude.

Puisque les organes verts des plantes absorbent le gaz carbonique de l'air pour constituer leurs principes ternaires, pourquoi n'emprunteraient-ils pas aussi de l'azote à l'atmosphère? en d'autres termes l'azote utilisé par les végétaux n'a-t-il pas de multiples origines? Et voilà une grave question qui, sous ses aspects divers, occupera Boussingault pendant une grande partie de sa carrière. Il la traitera expérimentalement dans sa ferme de Pechelbronn par de longues études sur les assolements et aussi dans son laboratoire.

En exposant l'œuvre de Boussingault, notre confrère Dehérain, si compétent en la matière, a résumé d'une façon saisissante la méthode employée dans le premier cas :

« Une ferme est une usine dans laquelle on fabrique de la matière organique : les matières premières sont puisées dans l'air, dans le sol, dans les engrais; les appareils sont les plantes et les animaux, les produits, les matières alimentaires ou textiles portées au marché; le cultivateur, au lieu d'utiliser des fours, des chaudières et des cornues, transforme la matière à l'aide des êtres vivants; mais il suffit que les opérations exécutées soient de l'ordre des réactions chimiques pour être susceptibles d'être représentées par une équation.

» Depuis que Lavoisier, d'immortelle mémoire, nous a enseigné que la matière ne se crée pas plus qu'elle ne se détruit, la balance est devenue un critérium absolu qui contrôle les opérations de la culture aussi bien que celles du laboratoire.

» Dans le premier terme de notre équation, entrèrent les apports de l'air, du sol et des engrais; dans le second, les produits récoltés; si ceux-ci sont analysés, si les engrais l'ont été également, il sera possible, par une simple soustraction, de saisir ce que les plantes auront pris à l'atmosphère et au sol, et notamment si leur azote a contribué à la nutrition azotée des végétaux.

» Si le programme est facile à tracer, le labeur est énorme..... Quelque lourde que soit la tâche, Boussingault n'hésite pas à l'entreprendre : le fumier, répandu en tête de la rotation, est pesé et analysé; on sait ce qu'il apporte au sol de carbone, d'hydrogène, d'oxygène,

d'azote, de matières minérales, et le poids de chacune d'elles est encore déterminé.

» Puis, successivement d'année en année, les récoltes sont pesées et analysées; on voit ce qu'elles renferment, et après qu'on a pesé les betteraves ou les pommes de terre qui ont occupé le sol la première année, le froment qui a été semé ensuite, le trèfle qui les suit, et enfin le froment et l'avoine qui, dans l'assolement quinquennal du nord de la France, succèdent au trèfle pendant la quatrième et la cinquième année, on peut établir la balance entre la matière introduite et la matière recueillie, entre l'azote distribué et l'azote retrouvé; et non seulement M. Boussingault applique l'analyse aux plantes qui entrent dans l'assolement précédent, mais en outre aux topinambours, à la luzerne, aux pois, aux navets et au seigle, qui occupent le sol pendant quelques années ou n'apparaissant au contraire qu'en culture dérobée. »

On peut ajouter, que Boussingault brûle le fumier et les plantes récoltées, qu'il en analyse les cendres, y dose l'acide phosphorique, la potasse, la chaux et la magnésie.

Après cinq années de ce long labeur, la balance définitive peut être établie; elle se résume en peu de mots : quand on ajoute de l'engrais au sol, la quantité de matière minérale gagnée par les produits récoltés est inférieure à celle introduite par les engrais, et inversement, la quantité d'azote gagnée est toujours plus grande que celle de l'azote apporté par ceux-ci. Et Boussingault de formuler cette conclusion capitale que les récoltes empruntent à l'atmosphère de l'azote, *prélevé sous une forme ou sous une autre*, et qu'elles en empruntent d'autant plus qu'elles comprennent une plus forte proportion de Légumineuses.

Pour l'explication des faits généraux de la culture, les résultats de Boussingault dominant encore la plupart des découvertes de laboratoire les plus savantes et les plus raffinées faites après lui.

Il a cherché aussi à résoudre expérimentalement la question de savoir si l'azote *libre* de l'air est fixé par les plantes.

Il a introduit dans cette étude une rigueur nouvelle, grâce à l'emploi

des sols artificiels et d'une analyse chimique impeccable. Il compare la quantité d'azote de la semence à celle de la plante qui en dérive, en faisant développer celle-ci aux seuls dépens de l'air et de l'eau. Le sol artificiel est constitué par de la brique pilée et du sable quartzeux, calcinés afin d'éliminer tout apport organique. Dans le but d'écartier à l'avance l'objection qu'une plante privée de matière minérale pourrait être incapable de s'unir à l'azote, le sable est additionné de cendres de graines semblables à celles mises en expérience.

La première série de ces recherches, effectuée en 1838, fournit des résultats contradictoires; tantôt en effet, dans le cas des pois et des haricots, les petites plantes obtenues, chétives et incapables de fleurir, contenaient un léger excès d'azote par rapport à celui des graines initiales, tantôt il n'y avait aucun excédent lorsqu'il s'agissait de blé et d'orge.

Ces expériences avaient été faites dans une serre; surpris de l'excédent d'azote constaté chez les Légumineuses, Boussingault, expérimentateur scrupuleux, se demande si cet excédent n'aurait pas une autre origine que l'azote libre de l'air. Son jardinier fumait la pipe, et parfois jusque dans la serre, l'ammoniac de la fumée de tabac n'aurait-il pas fourni cet excédent, en dehors de toute intervention de l'azote libre de l'atmosphère?

Pour le savoir, notre confrère refait ses expériences, quelques années plus tard (1851), en s'efforçant de les perfectionner. Afin d'éviter dans l'alimentation azotée de ses plantes toute action des composés azotés de l'atmosphère, si rares soient-ils, il opère sous cloche, ce qui empêchait l'apport, par renouvellement de l'air, de ces composés tant redoutés; il crut mieux faire encore en prenant des précautions pour que les cloches fussent parfaitement closes et en y envoyant de l'air enrichi en gaz carbonique et rigoureusement privé de toutes traces d'ammoniac. Cette fois les résultats furent catégoriques; il ne s'était produit de fixation d'azote ni sur les plantes, ni sur le sol.

Des expériences furent faites alors en Angleterre par J.-B. Lawes,

J.-H. Gilbert et E. Pugh et fournirent les mêmes résultats, mais, en France, Boussingault eut à soutenir contre Georges Ville une ardente polémique qui eut son retentissement devant l'Académie. De ses propres expériences Georges Ville tirait des conséquences complètement opposées; dans tous les cas, il assurait que les végétaux fixaient de l'azote, mais sa technique prêtait à la critique. En définitive, la conclusion dernière adoptée généralement fut que les plantes n'avaient pas la faculté de fixer l'azote libre de l'air.

Il faut aujourd'hui reconnaître que plus Boussingault avait cru progresser dans ses recherches, plus il s'était, en réalité, éloigné du but, car voulant écarter rigoureusement la présence des composés azotés, apportés soit par l'air, soit par la matière organique préexistante dans ses cultures, il se trouvait inconsciemment proscrire les microbes qu'il ignorait alors. Or, l'on sait maintenant qu'en l'affaire, les microbes jouent un rôle essentiel; quand certains d'entre eux sont présents, les Légumineuses et aussi diverses Algues sont capables de fixer l'azote libre de l'air, conformément, d'ailleurs, aux premiers résultats obtenus, sans tant de précautions que dans la suite, par Boussingault lui-même.

Mais ne quittons pas ce sujet sans faire une remarque qui peut, d'ailleurs, s'étendre à toutes les recherches expérimentales. Des expériences bien faites, suivant un programme nettement défini, ne fût-ce pas le bon, et honnêtement rapportées, ne sont jamais tout à fait inutiles. On lit toujours avec fruit les descriptions d'expériences de Boussingault, quelles qu'elles soient, et l'on doit lui rendre cette justice qu'il était en droit de dire à leur sujet : « dans les conditions où j'ai opéré, l'on doit constater ce que j'ai annoncé ».

Restait à définir les formes sous lesquelles l'azote existe dans les sols. Boussingault imagine une méthode permettant de faire la part de l'azote immédiatement assimilable (ammoniac ou acide nitrique) et celle de l'azote qui n'est pas assimilé immédiatement; il peut montrer ainsi que l'azote non immédiatement assimilable prédomine toujours de beaucoup.

Il entreprend l'étude théorique et pratique du chaulage, et met en évidence les bienfaits immédiats ou proches de cette pratique agricole.

Voici les principales conclusions de ce beau travail. La chaux n'est pas moins indispensable à la nutrition de la plante que la potasse, mais, en outre, avec le concours de l'air et de l'eau, elle joue un rôle particulièrement actif dans la dégradation physique et la décomposition chimique des matières organiques. Au point de vue chimique notamment, le chaulage libère la potasse de l'argile et l'ammoniac des matières organiques : l'ammoniac n'existe pas préformé dans le sol, il provient d'une action exercée sur les complexes azotés de l'humus.

Boussingault a été conduit aussi à répondre à une critique faite par Liebig à ses recherches sur le rôle de l'azote comme fertilisant. Le savant allemand avait montré que la terre arable renferme normalement une quantité d'azote de beaucoup supérieure à celle que l'on peut y introduire sous forme d'engrais et il en concluait que l'effet fertilisant des engrais n'était pas dû à leur azote, mais bien à leurs sels minéraux et surtout à leur potasse, ainsi qu'à l'acide phosphorique. Boussingault réfute cette objection, tout d'abord, en cultivant deux parcelles d'égale étendue, l'une additionnée de fumier de ferme et qui fournit une récolte satisfaisante et l'autre, des cendres d'une même quantité de fumier et dont la récolte est presque nulle. Il montre surtout que l'erreur capitale de Liebig tient à ce que celui-ci confondait ammoniac et azote organique et regardait à tort ce dernier comme une source instantanée d'ammoniac. Il pousse d'ailleurs le raisonnement de Liebig jusqu'à l'absurde ; si l'apport de l'azote est inutile, dit-il, parce que la plupart des sols renferment d'énormes quantités d'azote organique pouvant servir à la nutrition, l'apport d'acide phosphorique et de potasse ne l'est pas moins, car l'analyse chimique des terres qui fournissent ces doses considérables d'azote total montre qu'elles sont fréquemment, elles-mêmes, riches en acide phosphorique et en potasse. Et Boussingault de tirer cette

conclusion importante qu'en culture, ce ne sont pas les réserves totales en azote ou en éléments minéraux qui entrent en jeu, mais une fraction très faible de ces matières nutritives, celle-là seulement qui est soluble ou diffusible.

Le mécanisme du phénomène de la nitrification a beaucoup occupé notre confrère; on lui doit de longues discussions sur l'origine des nitrates, sur leurs gisements dans l'Amérique du Sud, des instructions sur l'établissement des nitrières. Il a comparé la terre arable à une immense nitrière et l'intensité plus grande de la nitrification dans les pays tropicaux ne lui a pas échappé.

Il a prouvé que l'azote gazeux de l'air n'intervient pas dans le phénomène, réfutant ainsi l'opinion, assez commune alors, d'après laquelle un corps poreux, tel que la terre, faciliterait l'oxydation de l'azote gazeux. Conformément à une ancienne expérience de Kuhlmann, il admet que la nitrification de l'azote de la matière organique des sols se produit aux dépens de l'ammoniac qu'elle contient; la nitrification n'est donc pas une cause d'enrichissement en azote pour la terre, elle consiste seulement en une transformation de celui qui y existe, un passage de l'azote d'une forme à une autre.

Il cherche ensuite quel est l'élément du sol qui, par son contact, permet la transformation de l'azote complexe en ammoniac d'abord, en acide nitrique ensuite. Il prouve que ce n'est ni le sable ni l'argile ni la craie; c'est dans la terre végétale, déjà nitrifiable, que les matières organiques azotées introduites sous forme d'engrais (sang desséché, tourteaux etc.) sont susceptibles de se nitrifier.

Une partie de ces résultats ont été fournis par une expérience qui ne dura pas moins de onze années. De la terre, rigoureusement analysée, fut enfermée, en 1860, dans de grosses bonbonnes et soustraite ainsi au contact de l'atmosphère; lorsqu'en 1871 ces bonbonnes furent ouvertes et la terre analysée à nouveau, la teneur en azote de celle-ci n'avait pas augmenté, comme cela eût été le cas, si l'azote libre de l'air confiné, en contact avec cette terre, avait participé à la nitrification.

Cette expérience célèbre courut de grands risques, en 1870, lors de l'invasion et de l'occupation du Liebfrauenberg par l'ennemi, mais un écriteau, portant l'inscription : « Laboratoire de M. Boussingault », qu'avait eu soin de mettre, en bonne place, le garçon de laboratoire, sauva les précieuses bonbonnes, tant était grand le respect inspiré par le nom, universellement connu, du grand agronome.

Boussingault était arrivé au bout de ses conclusions; il s'était approché du but; il ne l'a pas atteint.

Il était réservé à nos confrères, J.-J.-Th. Schloësing et A. Müntz, d'apporter la lumière sur cette question capitale, de fournir la preuve de la cause biologique de la nitrification, puis à notre éminent Associé étranger, M. Winogradsky, d'isoler nettement les ferments nitrificateurs.

Après l'étude du mécanisme de la nitrification, celle de l'influence bienfaisante des nitrates sur la nutrition végétale. Depuis longtemps cette influence ne faisait de doute pour personne, mais c'est à Boussingault que revient le mérite d'avoir donné la démonstration décisive.

La plupart des auteurs pensaient que l'azote des nitrates n'était utile que parce qu'il se transformait en ammoniac et ce phénomène de réduction dans la terre était considéré comme général. Boussingault démontre que cette opinion est erronée. Il institue ses expériences par une méthode analogue à celle qui lui a servi pour ses recherches sur la fixation de l'azote de l'air. Il prend trois vases, renfermant du sable calciné; ce sable reste seul dans le premier; dans le second il est associé à des cendres d'Hélianthe; dans le troisième, du nitrate de potasse est introduit. Dans chacun de ces vases sont semées des graines d'Hélianthe. Le premier fournit de petites plantes chétives, auxquelles Boussingault donne le nom de plantes-limites; après plusieurs mois de végétation, le poids de leur matière sèche n'est guère que le triple ou le quadruple de celui de la graine initiale. Dans le second vase la récolte est à peine plus élevée, mais dans le troisième, l'on obtient des plantes complètes, d'autant plus vigoureuses que, dans des expériences variées, la quantité de nitrate a été plus grande.

Les plantes fleurissent et fructifient; le poids de la récolte est plusieurs dizaines de fois supérieur à celui de la semence.

Boussingault ne se contente pas de ces constatations tirées de l'aspect et du poids des plantes; il les analyse, il y dose l'azote, aussi bien que celui du sol, avant et après les expériences. Il retrouve ainsi dans la plante l'azote qui manque au sol à la fin du travail. L'azote minéral de l'engrais est devenu l'azote organique du végétal. L'origine de cet azote organique ne saurait plus faire aucun doute.

Enfin, une dernière série d'expériences diffère de la précédente par l'addition au nitrate de cendres de fumier, et par suite de phosphate de chaux; dans ce véritable sol arable artificiel, le résultat est magnifique, le poids de la récolte est 198 fois plus grand que celui de la graine. C'est bien à l'association du phosphate au nitrate qu'est dû ce résultat, car si l'on remplace le phosphate par un carbonate, le gain devient minuscule.

Laissons à Boussingault le soin de conclure en réunissant des idées qui lui sont chères et qui découlent de ses découvertes.

« J'ajouterai, en terminant, qu'il est bien remarquable de voir une plante parcourir toutes les phases de la vie végétale, germer et mûrir, en un mot atteindre son développement normal, quand ses racines croissent dans du sable calciné contenant, à la place de débris organiques en putréfaction, des sels d'une grande pureté de composition parfaitement définie, tels que le nitrate de potasse, le phosphate de chaux basique, des silicates alcalins, et de constater qu'au moyen de ces auxiliaires empruntés tous au règne minéral, cette plante augmente progressivement le poids de son organisme en fixant le carbone de l'acide carbonique, les éléments de l'eau, et en élaborant, avec le radical de l'acide nitrique, de l'albumine, de la caséine, etc., c'est-à-dire les principes azotés du lait, du sang et de la chair musculaire. Au reste, il y a probablement plus d'analogie qu'on ne pense entre les sels que je viens de mentionner et l'engrais provenant des étables. En effet, le fumier, dans lequel Braconnot n'a pas signalé moins de quatorze substances, change singulièrement de constitution quand il a séjourné dans une terre convenablement ameublie. La fermentation, en continuant dans les parties molles; la combustion lente que subissent l'humus, le terreau, ces termes avancés de la décomposition des corps organisés; l'action que l'air, l'eau, le sol, exercent sur toutes ces matières, font qu'en définitive, le fumier apporte aux plantes des sels alcalins et terreux, des phosphates, et, comme détenteurs de l'azote assimilable, des nitrates et de l'ammoniaque. »

III.

Il me reste à rappeler des recherches d'une importance capitale pour la Physiologie végétale, celles consacrées aux échanges gazeux entre les feuilles des végétaux et l'atmosphère.

Le résultat de ces échanges dans la fonction chlorophyllienne a été mis en lumière par Boussingault : à un volume de gaz carbonique absorbé par les feuilles correspond exactement un volume d'oxygène dégagé; le rapport $\text{CO}^2 : \text{O}^2$ est donc égal à l'unité.

Avant les travaux de notre confrère (1862), l'incertitude régnait sur la valeur de ce rapport; en outre, à la suite d'expériences contradictoires, plusieurs auteurs avaient annoncé que le dégagement de l'oxygène était accompagné du départ d'une faible quantité d'azote et même de gaz combustibles.

Aussi est-il bon de préciser le résultat de l'expérimentation de Boussingault : considérant l'ensemble des résultats obtenus par les nombreuses expériences effectuées comme fournis par une expérience unique, il a constaté que le rapport $\text{CO}^2 : \text{O}^2$ est 100 : 98,75, et qu'il n'y a eu ni émission ni absorption d'azote gazeux.

IV.

Je voudrais pouvoir rappeler bien d'autres travaux intéressants; l'analyse de l'air atmosphérique effectuée, avec J.-B. Dumas (1841), pour la première fois par la méthode de la pesée et qui fournit des résultats d'une grande précision, le dosage du gaz carbonique contenu dans l'air et encore la méthode pour l'extraction de l'oxygène de l'atmosphère par la baryte....., mais je dois m'arrêter et conclure.

Pour cela, sans insister à nouveau sur la multiplicité, la variété et

l'importance de ceux des travaux de Boussingault qui ne sont pas consacrés à l'Agronomie, je ne saurais mieux faire que de rappeler le jugement porté sur son œuvre principale par une haute autorité, par l'un de nos confrères, lui aussi, agronome éminent et chimiste impeccable qui, lui encore, a terminé, il y a peu d'années, parmi nous sa longue vie de travail et d'honneur, entouré de notre respect et de notre admiration pour la perfection de son labeur. Lors de l'inauguration du monument élevé au Conservatoire des Arts et Métiers à la mémoire de Boussingault, J.-J.-Th. Schloësing s'est exprimé ainsi :

« De longues années nous séparent de la publication de ses plus importants Mémoires; en les relisant, on est frappé d'un caractère qui n'appartient pas d'ordinaire aux ouvrages déjà anciens : ils n'ont, pour ainsi dire, pas vieilli. Des livres fameux ont passé avec les discussions et les théories qu'ils soutenaient; ceux qui rapportent surtout des expériences bien faites et des phénomènes bien observés ne passent pas. Quiconque professe l'économie rurale ou la chimie agricole a médité et médite encore Boussingault.

» Et les découvertes du maître ne sont pas seulement impérissables; elles ont aussi l'avantage de compter parmi celles qui n'engendrent que des bienfaits. Nous voyons chaque jour de nouvelles et surprenantes applications de la science à l'industrie; le bien-être général en est accru; mais que de fois n'est-ce pas au prix de durs sacrifices imposés à quelques-uns, au prix d'un travail accompli dans des conditions matérielles et morales qui font qu'on est tenté de se demander si vraiment le progrès est bon! L'agriculture diffère, à cet égard, des autres industries. Son immense atelier est tout au grand air, à la face du ciel; son labeur est sain et réconfortant; ses perfectionnements sont profitables à tous. Ainsi, dans l'œuvre d'un grand agronome, tout contribue au bonheur des hommes, tout est bien. »



LISTE BIBLIOGRAPHIQUE
DES
TRAVAUX DE J.-B. BOUSSINGAULT (1)

Abréviations.

- A. C.* Annales de Chimie et de Physique.
A. M. Annales des Mines.
A. S. N. Annales des sciences naturelles.
B. S. A. Bulletin des séances de la Société d'agriculture de France.
C. R. Comptes rendus de l'Académie des sciences.
J. A. P. Journal d'agriculture pratique.
J. P. Journal de Pharmacie et de Chimie.

Beaucoup des travaux de cette liste ont été traduits et publiés dans des recueils étrangers. On en trouvera l'indication à l'article Boussingault des tomes 1, 7, 9 et 13 du *Catalogue of Scientific Papers*.

Les travaux concernant l'Amérique du Sud ont été traduits par Joaquin Acosta et réunis sous le titre suivant :

Viajes científicos a los Andes ecuatoriales ó coleccion de Memorias sobre fisica, química, é historia natural de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela, presentadas á la Academia de ciencias de Francia por M. BOUSSINGAULT y por el Sr D^r ROULIN, Paris, 1849 (Lasserre, editor, in-8°, pp. 322.

Il n'a été tenu compte dans cette bibliographie que des travaux originaux; les nombreux rapports dus à Boussingault n'y figurent pas.

I. — CHIMIE.

A. — CHIMIE MINÉRALE.

Mémoire sur une nouvelle méthode pour l'essai et le traitement de la pyrite aurifère (*A. C.*, 2^e série, t. 34, 1827, p. 253-268; *A. M.*, 2^e série, t. 1, 1827, p. 319-333).

(1) Je suis redevable à M. le D^r Paul Dorveaux de la vérification des indications numériques de cette liste.

Recherches sur les phénomènes chimiques qui se passent dans l'amalgamation américaine (Thèse de doctorat ès sciences) (*A. C.*, 2^e série, t. 51, 1832, p. 337-356).

Mémoire sur l'action du gaz acide hydrochlorique sur l'argent à une haute température ; observation sur le départ sec (*A. C.*, 2^e série, t. 54, 1833, p. 253-263). Un tirage à part de ce mémoire, joint au précédent a servi de seconde thèse du doctoro es-sciences (1833).

Examen d'une substance considérée comme un composé d'hydrogène et de platine (*A. C.*, 2^e série, t. 53, 1833, p. 441-444).

Sur le sous-oxyde de plomb (*A. C.*, 2^e série, t. 54, 1833, p. 264-266).

Sur la préparation du phosphate ammoniacomagnésien au moyen de l'urine (*A. C.*, 3^e série, t. 20, 1847, p. 117-118).

Sur l'obstacle apporté par la silice à la reconnaissance des phosphates dans les matières terreuses (*J. A. P.*, 1859, 1^{er} semestre, p. 154-155).

Sur la disparition des gaz combustibles mêlés à l'oxygène, pendant la combustion lente du phosphore (*C. R.*, t. 58, 1861, p. 777-788).

Actions décomposantes d'une haute température sur quelques sulfates (*C. R.*, t. 64, 1867, p. 1159-1167; *A. C.*, 4^e série, t. 12, 1867, p. 419-429).

Sur la décomposition du bioxyde de baryum dans le vide, à la température du rouge sombre (*C. R.*, 84, 1877, p. 521-526; *A. C.*, 5^e série, t. 19, 1880, p. 464-472).

Sur la composition des substances minérales combustibles (*C. R.*, t. 96, 1883, p. 1452-1456; *A. C.*, 5^e série, t. 29, 1883, p. 363-392; *J. P.*, 5^e série, t. 8, 1883, p. 249-252).

Composition de l'air.

Recherches sur la composition de l'atmosphère. Premier Mémoire: Sur la possibilité de constater l'existence des miasmes. Sur la présence d'un principe hydrogéné dans l'air (*A. C.*, 2^e série, t. 57, 1834, p. 148-182).

Recherches sur la composition de l'air qui se trouve dans les pores de la neige (*C. R.*, t. 12, 1841, p. 317-322).

Recherches sur la véritable constitution de l'air atmosphérique (en commun avec J.-B. Dumas) (*C. R.*, t. 12, 1841, p. 1005-1025; *A. C.*, 3^e série, t. 3, 1841, p. 257-305).

Réimprimé in : L'air, l'acide carbonique et l'eau. *Les classiques de la science*. Armand Colin, 1913, p. 7-38.

Recherches sur la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air de la ville de Paris (*A. C.*, 3^e série, t. 10, 1844, p. 456-469).

Analyse comparative de l'air à Paris, à Berne et sur le Faulhorn (*C. R.*, t. 13, 1841, p. 634-636).

Observations simultanées faites à Paris et à Andilly, près Montmorency, pour rechercher la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air atmosphérique (en commun avec Lévy) (*A. C.*, 3^e série, t. 10, 1844, p. 470-474).

Sur l'extraction du gaz oxygène de l'air atmosphérique (*C. R.*, t. 32, 1851, p. 261-267).

Mémoire sur la composition de l'air confiné dans la terre végétale (en commun avec Lévy) [*C. R.*, t. 35, 1852, p. 764-775; *A. C.*, 3^e série, t. 37, 1853, p. 5-50; *A. S. N.*, 3^e série, t. 19 (Bot.), 1853, p. 5-16].

Recherches sur le moyen d'extraire, pour les besoins des arts, le gaz oxygène contenu dans l'air atmosphérique (*A. C.*, 3^e série, t. 35, 1852, p. 5-54).

Métallurgie.

Note sur la combinaison du silicium avec le platine, et sur sa présence dans l'acier (*A. C.*, 2^e série, t. 16, 1821, p. 5-16).

Sur un procédé pour constater la présence de l'azote dans l'acier, la fonte et le fer (*C. R.*, t. 52, 1861, p. 1008-1010).

Observations relatives au dosage de l'azote dans le fer et dans l'acier, présentées à l'occasion des précédentes communications (*C. R.*, t. 52, 1861, p. 1249-1251).

Sur le dosage de l'azote des azotures contenus dans le fer et dans l'acier (*C. R.*, t. 53, 1861, p. 5-10).

Analyse d'une fonte chromifère. Dosage du carbone dans la fonte, le fer et l'acier (*C. R.*, t. 66, 1868, p. 873-877; *A. C.*, 4^e série, t. 19, 1870, p. 78-118) (avec tirage à part, in-8, 43 p.).

Du dosage du graphite dans le fer carburé (*A. C.*, 4^e série, t. 20, 1870, p. 243-250).

Dosage du silicium dans la fonte, le fer et l'acier, par la voie sèche (*A. C.*, 4^e série, t. 22, 1871, p. 457-472).

Études sur la transformation du fer en acier par la cémentation (*C. R.*, t. 78, 1874, p. 1458-1464, 1513-1514; *A. C.*, 5^e série, t. 5, 1875, p. 145-265; tirage sous forme de volume, 130 p.; Gauthier-Villars, 1875).

Sur la limite de la carburation du fer (*C. R.*, t. 80, 1875, p. 850-858).

Sur la siliciuration du platine et de quelques autres métaux (*C. R.*, t. 82, 1876, p. 591-596).

Sur la production, la constitution et les propriétés des aciers chromés (*A. C.*, 5^e série, t. 15, 1878, p. 91-126).

Sur la carburation du nickel par voie de cémentation (*C. R.*, t. 86, 1878, p. 509-513).

B. — CHIMIE ORGANIQUE.

Sur la composition de l'acide pyromucique (*A. C.*, 2^e série, t. 58, 1835, p. 106-109).

Mémoire sur l'acide subérique (*C. R.*, t. 2, 1836, p. 77-80).

Sur la composition du sucre de gélatine et de l'acide nitro-saccharique (*C. R.*, t. 7, 1838, p. 493-495; t. 11, 1840, p. 917-920; *A. C.*, 3^e série, t. 1, 1841, p. 257-270).

Observations critiques sur l'emploi de la teinture ou de la poudre de gaïac pour apprécier la pureté du kirschenwasser (*C. R.*, t. 79, 1874, p. 832-836; *A. C.*, 5^e série, t. 4, 1875, p. 285-291).

Analyse de divers produits végétaux, etc.

Mémoire sur le lait de l'Arbre de la Vache (*Palo de Vaca*) (*A. C.*, 2^e série, t. 23, 1823, p. 219-224) (en commun avec Mariano de Rivero).

Sur le chica, matière colorante que les Indiens du Rio Meta et de l'Orénoque emploient pour se peindre le corps en rouge (*A. C.*, 2^e série, t. 27, 1824, p. 315-323).

Mémoire sur le lait vénéneux de l'*Hura crepitans* (en commun avec Mariano de Rivero) (*A. C.*, 2^e série, t. 28, 1825, p. 430-435).

Sur les propriétés chimiques du Rocou (*A. C.*, 2^e série, t. 28, 1825, p. 440-443).

Note sur la *Cera de Palma* que l'on a recueillie dans les Andes de Quindiu (*A. C.*, 2^e série, t. 29, 1825, p. 330-333).

Examen chimique du curare, poison des Indiens de l'Orénoque (en commun avec Roulin) (*A. C.*, 2^e série, t. 39, 1828, p. 24-37).

Sur la composition du vernis des Indiens de Pastò (*A. C.*, 2^e série, t. 56, 1834, p. 215-221).

Sur la composition de la cire de palmier (*A. C.*, 2^e série, t. 59, 1835, p. 19-24).

Examen chimique de la banane et de la sève de bananier, suivi de considérations sur sa culture et ses usages (*C. R.*, t. 2, 1836, p. 440-444).

Deuxième Mémoire sur l'agriculture des tropiques : le cacao (*C. R.*, t. 3, 1836, p. 510-513).

Remarques à l'occasion d'une communication de M. Millon sur des études de chimie organique faites en vue des applications physiologiques et médicales (*C. R.*, t. 29, 1849, p. 406).

Mémoire sur la composition du pulque, boisson fermentée préparée avec la sève du Maguey (*Agave americana*) (*A. C.*, 4^e série, t. 7, 1866, p. 429-449; *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, t. 5, 1864, p. 489-501; *Arch. Commission scientifique Mexique*, t. 1, 1865, p. 209-224).

Note sur la composition de la sève de l'Agave (*Arch. Commission scientifique Mexique*, t. 3, 1867, p. 10-11).

Sur une matière sucrée apparue sur les feuilles d'un tilleul (au Liebfrauenberg) (*C. R.*, t. 74, 1872, p. 87-90; *A. C.*, 4^e série, t. 25, 1872, p. 5-21; *B. S. A.*, 3^e série, t. 7, 1871-72, p. 172-176).

Note sur l'Agave ou Maguey et ses produits (*C. R.*, t. 81, 1875, p. 1070-1071).

Sur la matière sucrée contenue dans les pétales des fleurs (*C. R.*, t. 83, 1876, p. 978-980; *A. C.*, 5^e série, t. 11, 1877, p. 130-134).

Sur la composition du lait de l'Arbre de la Vache (*Brosimum galactodendron*) (*C. R.*, t. 87, 1878, p. 277-281; *A. C.*, 5^e série, t. 15, 1878, p. 180-184; *J. P.*, 4^e série, t. 28, 1878, p. 361-364).

Sur les matières sucrées contenues dans le fruit du caféier (*Annales de l'Institut national agronomique*, 1^{re} série, t. 4, 1878-1879, p. 1-4; *C. R.*, t. 91, 1880, p. 639-642; *A. C.*, 5^e série, t. 22, 1881, p. 289-293; *J. P.*, 5^e série, t. 2, 1880, p. 465-469).

Sur la culture du cacaoyer. Recherches sur la constitution des fèves de cacao et du chocolat (*C. R.*, t. 96, 1883, p. 1395-1399; *J. P.*, 5^e série, t. 8, 1883, p. 20-24).

Le cacao et le chocolat (*A. C.*, 5^e série, t. 28, 1883, p. 433-456).

II. — AGRONOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

A. — TRAITÉS GÉNÉRAUX.

Économie rurale, considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie. Paris, Béchot jeune, 1843-1844, 2 volumes in-8; 2^e édition, 1851.

Mémoires de chimie agricole et de physiologie. Paris, Mallet-Bachelier, 1854, in-8, 490 pages, 2 planches.

Agronomie, Chimie agricole et Physiologie, 2^e édition. Paris, Mallet-Bachelier, 1860-1874, 5 volumes in-8; 3^e édition, Paris, Gauthier-Villars, 1886-1891, 8 volumes in-8.

Essai de statique, chimie des êtres organisés (en commun avec J.-B. Dumas), 3^e édition, Paris, Masson, 1844, in-8, 156 pages.

La fosse à fumier. Paris, Béchot jeune, 1858, in-8, 64 pages, 1 planche.

B. — TERRE VÉGÉTALE.

De la terre végétale, considérée dans ses effets sur la végétation [*C. R.*, t. 48, 1859, p. 303-318, 637-667; *A. S. N.*, 4^e série, t. 12 (Bot.), 1859, p. 354-372; *J. A. P.*, 1859, 1^{er} semestre, p. 241-248].

Du terreau et de la terre végétale (*J. A. P.*, 1859, 1^{er} semestre, p. 493-497).

De la constitution du terreau comparée à la constitution de la terre végétale (*C. R.*, t. 48, 1859, p. 931-939).

Du concours des roches volcaniques à la formation et à la fertilité de la terre végétale (*A. C.*, 5^e série, t. 3, 1874, p. 390-417).

C. — LES ENGRAIS, LES NITRATES.

Mémoire sur les engrais et leurs valeurs comparées (en commun avec Payen) (*C. R.*, t. 13, 1841, p. 323-332; *A. C.*, 3^e série, t. 3, 1841, p. 65-108).

Mémoire sur les engrais, 2^e Mémoire (en commun avec Payen) (*C. R.*, t. 15, 1842, p. 657-669; *A. C.*, 3^e série, t. 6, 1842, p. 449-465).

Remarques à l'occasion d'un passage du Mémoire de M. Kuhlmann relatif à la fertilisation des terres par les sels ammoniacaux, par les nitrates et par d'autres composés azotés (*C. R.*, t. 17, 1843, p. 1153-1155).

Expériences sur l'emploi du phosphate ammoniaco-magnésien comme engrais (*C. R.*, t. 21, 1845, p. 722-724).

De l'action du salpêtre sur la végétation [*C. R.*, t. 41, 1855, p. 845-857; *A. S. N.*, 4^e série, t. 4 (Bot.), 1855, p. 32-46; *J. A. P.*, 4^e série, t. 4, 1855, p. 512-517; 4^e série, t. 5, 1856, p. 64-65].

Alimentation des plantes. Recherches sur l'influence exercée par l'azote assimilable des engrais dans la production de la matière végétale. Action du phosphate de chaux sur la végétation avec ou sans le concours du salpêtre (*J. A. P.*, 4^e série, t. 7, 1857, p. 473-479).

Alimentation des plantes. Influence du phosphate de chaux des engrais sur la production végétale (*J. A. P.*, 4^e série, t. 8, 1857, p. 441-449).

Recherches sur l'influence que l'azote assimilable des engrais exerce sur la production de la matière végétale [*C. R.*, t. 44, 1857, p. 940-953; *A. S. N.*, 4^e série, t. 7 (Bot.), 1857, p. 5-20].

Recherches sur les quantités de nitrates contenues dans le sol et dans les eaux [*C. R.*, t. 44, 1857, p. 108-118; *A. S. N.*, 4^e série, t. 7, (Bot.), 1857, p. 21-34; *J. A. P.*, 4^e série, t. 7, 1857, p. 105-110].

Recherches sur l'influence que le phosphate de chaux des engrais exerce sur la production de la matière végétale (*C. R.*, t. 45, 1857, p. 833-845).

Sur l'action du salpêtre employé comme engrais (*J. A. P.*, 1858, t. 2, p. 446-449).

Nouvelles observations sur le développement des hélianthus, soumis à l'action du salpêtre donné comme engrais (*C. R.*, t. 47, 1858, p. 807-813).

Sur la présence des nitrates dans le guano (*C. R.*, t. 50, 1860, p. 887-890; *J. P.*, 3^e série, t. 37, 1860, p. 432-436).

Sur la nitrière de Tacunga, dans l'État de l'Équateur (*C. R.*, t. 59, 1864, p. 218-223; *A. C.*, 4^e série, t. 7, 1866, p. 358-375).

Sur la nitrification de la terre végétale (*C. R.*, t. 76, 1873, p. 22-29; *A. C.*, 4^e série, t. 29, 1873, p. 186-206; *B. S. A.*, 3^e série, t. 8, 1872-1873, p. 207-217).

Sur l'influence que la terre végétale exerce sur la nitrification des substances azotées d'origine organique, employées comme engrais (*C. R.*, t. 82, 1876, p. 477-479; *A. C.*, 5^e série, t. 8, 1876, p. 5-24).

Sur la quantité d'ammoniaque contenue dans la pluie recueillie loin des villes (*C. R.*, t. 37, 1853, p. 798-806; *B. S. A.*, 2^e série, t. 9, 1853-1854, p. 176-177).

Composition de l'eau du brouillard sur la quantité d'ammoniaque contenue dans la pluie et dans l'eau déposée par le brouillard (*B. S. A.*, 2^e série, t. 9, 1853-1854, p. 183-185).

Mémoire sur la quantité d'ammoniaque contenue dans la pluie, la rosée et le brouillard recueillis loin des villes (*A. C.*, 3^e série, t. 40, 1854, p. 129-155).

Sur la quantité d'ammoniaque contenue dans la rosée artificielle (*C. R.*, t. 44, 1857, p. 1033-1036).

Recherches sur la quantité d'acide nitrique contenue dans la pluie, le brouillard, la rosée (*C. R.*, t. 46, 1858, p. 1123-1129).

D. — RECHERCHES CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LA VÉGÉTATION.

Recherches chimiques sur la végétation, entreprises dans le but d'examiner si les plantes prennent de l'azote à l'atmosphère [*C. R.*, t. 6, 1838, p. 102-112 (1^{er} Mémoire); t. 7, 1838, p. 889-891 (2^e Mémoire); *A. S. N.*, 2^e série, t. 10 (Bot.), 1838, p. 257-268].

Recherches chimiques sur la végétation. 3^e Mémoire: De la discussion de la valeur relative des assolements par l'analyse élémentaire [*C. R.*, t. 7, 1838, p. 1149-1155; *A. C.*, 3^e série, t. 1, 1841, p. 208-246; *A. S. N.*, 2^e série, t. 11 (Bot.), 1839, p. 31-38].

Recherches chimiques sur la végétation. De la discussion de la valeur relative des assolements, par les résultats de l'analyse élémentaire (*Mémoires Acad. des Sciences*, 2^e série, t. 18, 1842, p. 345-384).

Sur la respiration des plantes (*C. R.*, t. 19, 1844, p. 945-948).

Recherches sur le développement successif de la matière végétale dans la culture du froment [*A. C.*, 3^e série, t. 17, 1846, p. 162-171; *A. S. N.*, 3^e série, t. 6 (Bot.), 1846, p. 5-14].

Recherches sur la végétation entreprises dans le but d'examiner si les plantes fixent dans leur organisme l'azote qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère [*A. C.*, 3^e série, t. 41, 1854, p. 5-60; 3^e série, t. 43, 1855, p. 149-223; *A. S. N.*, 4^e série, t. 1 (Bot.), 1854, p. 241-291].

Recherches sur la végétation [*C. R.*, t. 38, 1854, p. 580-606; t. 39, 1854, p. 601-613; *A. S. N.*, 4^e série, t. 2 (Bot.), 1854, p. 357-370].

Observations relatives au développement des Mycodermes (*C. R.*, t. 51, 1860, p. 671-674; *Ann. Conservatoire*, t. 7, 1866-1867, p. 5-11).

Sur la nature des gaz produits pendant la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles exposées à la lumière [*C. R.*, t. 53, 1861, p. 862-884; *A. S. N.*, 4^e série, t. 16 (Bot.), 1862, p. 5-27].

Expériences entreprises pour rechercher s'il y a émission de gaz azote pendant la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles. Rapport existant entre le volume d'acide décomposé et celui de l'oxygène mis en liberté (*A. C.*, 3^e série, t. 66, 1862, p. 295-429).

Sur l'apparition du gaz oxyde de carbone pendant l'absorption de l'oxygène par certaines substances végétales (*C. R.*, t. 57, 1863, p. 885-893).

De la végétation dans l'obscurité [*C. R.*, t. 58, 1864, p. 881-885, 917-922; *A. S. N.*, 5^e série, t. 1, 1864 (Bot.), p. 314-324; *A. C.*, 4^e série, t. 13, 1868, p. 219-240].

Étude sur les fonctions des feuilles [*C. R.*, t. 60, 1865, p. 872-880; t. 61, 1865, p. 493-506, 605-613, 657-665; t. 63, 1866, p. 706-714, 748-756; t. 68, 1869, p. 410-420; *A. C.*, 4^e série, t. 13, 1868, p. 282-416; 4^e série, t. 18, 1869, p. 321-352; *A. S. N.*, 5^e série, t. 10 (Bot.), 1869, p. 331-343; *Mémoires de la Soc. nat. d'agriculture*, t. 111, 1865, p. 344-392].

Sur l'action délétère que la vapeur émanant du mercure exerce sur les plantes (*C. R.*, t. 64, 1867, p. 924-929; 983-989).

Végétation du maïs commencée dans une atmosphère exempte d'acide carbonique (*C. R.*, t. 82, 1876, p. 788-791; *A. C.*, 5^e série, t. 8, 1876, p. 433-443).

Étude sur les fonctions physiques des feuilles: transpiration, absorption de la valeur aqueuse, de l'eau, des matières salines (*A. C.*, 5^e série, t. 13, 1878, p. 289-394).

Sur la dissociation de l'acide des nitrates pendant la végétation accomplie à l'obscurité (*A. C.*, 5^e série, t. 22, 1881, p. 433-450; *B. S. A.*, t. 41, 1881, p. 336-341).

E. — CULTURES DIVERSES.

Recherches sur la culture du *Madia sativa* faites à Bechelbronn pendant les années 1840 et 1841 (*C. R.*, t. 14, 1842, p. 349-361).

Sur la quantité de potasse enlevée au sol par la culture de la vigne (*A. C.*, 3^e série, t. 30, 1850, p. 369-371).

Sur le chaulage des grains par l'arsenic (*B. S. A.*, 2^e série, t. 11, 1855-1856, p. 198-212; *J. A. P.*, 4^e série, t. 5, 1856, p. 140-145).

Sur l'opportunité de faire intervenir, dans quelques circonstances, l'arsenic dans le chaulage des grains (*A. C.*, 3^e série, t. 46, 1856, p. 458-472).

De l'emploi de la fumée pour préserver les vignes de la gelée (*A. C.*, 3^e série, t. 52, 1858, p. 485-495).

Statique des cultures industrielles de l'Alsace. Premier Mémoire: le tabac (*C. R.*, t. 46, 1858, p. 1007-1019; *A. C.*, 4^e série, t. 9, 1866, p. 51-80).

F. — COMPOSITION DES FOURRAGES.

Recherches sur la quantité d'azote contenue dans les fourrages, et sur leurs équivalents (*C. R.*, t. 3, 1836, p. 726-731; t. 6, 1838, p. 383-384; *A. C.*, 2^e série, t. 63, 1836, p. 225-244; 2^e série, t. 67, 1838, p. 408-421).

Mémoire sur les résidus des récoltes (*C. R.*, t. 10, 1840, p. 918-921; *A. C.*, 3^e série, t. 2, 1841, p. 308-318).

Recherches expérimentales sur la faculté nutritive des fourrages avant et après le fanage (*A. C.*, 3^e série, t. 17, 1846, p. 291-296).

De l'emploi des fourrages trempés, dans l'alimentation du bétail (*A. C.*, 3^e série, t. 19, 1847, p. 249-251).

G. — FARINES ET PAIN.

Mémoire sur la quantité de gluten contenu dans les farines de plusieurs espèces de froments cultivés dans le même sol (*A. C.*, 2^e série, t. 65, 1837, p. 301-320).

* Expériences ayant pour but de déterminer la cause de la transformation du pain tendre en pain rassis (*C. R.*, t. 35, 1852, p. 588-591; *A. C.*, 3^e série, t. 36, 1852, p. 490-494).

Analyses comparées du biscuit de gluten et de quelques aliments féculents (*A. C.*, 5^e série, t. 5, 1875, p. 114-128).

H. — ALIMENTATION DES ANIMAUX.

Analyses comparées des aliments consommés et des produits rendus par une vache laitière; recherches entreprises dans le but d'examiner si les animaux herbivores empruntent de l'azote à l'atmosphère (*A. C.*, 2^e série, t. 71, 1839, p. 113-127).

Analyses comparées des aliments consommés et des produits rendus par un cheval soumis à la ration d'entretien; suite des recherches entreprises dans le but d'examiner si les herbivores prélèvent de l'azote à l'atmosphère (*A. C.*, 2^e série, t. 71, 1839, p. 128-136).

Analyses comparées de l'aliment consommé et des excréments rendus par une tourterelle, entreprises pour rechercher s'il y a exhalation d'azote pendant la respiration des granivores (*A. C.*, 3^e série, t. 11, 1844, p. 433-456).

Expériences sur l'alimentation des vaches avec des betteraves et des pommes de terre (*A. C.*, 3^e série, t. 12, 1844, p. 153-167).

Considérations sur l'alimentation des animaux [*A. S. N.*, 3^e série, t. 1 (Zool.), 1844, p. 229-244].

Recherches expérimentales sur le développement de la graisse pendant l'alimentation des animaux (*A. C.*, 3^e série, t. 14, 1845, p. 419-482).

Formation de la graisse chez les animaux (*B. S. A.*, 2^e série, t. 1, 1845-1846, p. 192-194).

Expériences statiques sur la digestion (*C. R.*, t. 23, 1846, p. 569-594; *A. C.*, 3^e série, t. 18, 1846, p. 444-478).

Relation d'une expérience entreprise pour déterminer l'influence que le sel, ajouté à la ration, exerce sur le développement du bétail (*C. R.*, t. 23, 1846, p. 949-953; t. 24, 1847, p. 636-638; t. 25, 1847, p. 729-733; *A. C.*, 3^e série, t. 19, 1847, p. 117-125).

I. — LAIT, BEURRE, FROMAGES.

Recherches sur l'influence de la nourriture des vaches sur la quantité et la constitution chimique du lait (en commun avec A. Le Bel) (*C. R.*, t. 7, 1838, p. 1019-1020; *A. C.*, 2^e série, t. 71, 1839, p. 65-79).

Observations sur l'influence que le sel, ajouté à la ration des vaches, peut exercer sur la production du lait (*A. C.*, 3^e série, t. 22, 1848, p. 503-505).

Sur la composition des fromages (*J. A. P.*, 20^e année, 1865, 1^{er} semestre, p. 343; *Bulletin Société chimique*, 2^e série, t. 3, 1865, p. 398-400).

Expériences sur le barattage, suivies de recherches analytiques entreprises pour constater si la nature des aliments consommés par la vache influe sur la proportion de beurre contenue dans le lait (*A. C.*, 4^e série, t. 9, 1866, p. 108-161).

Aspect du lait vu au microscope, avant et après le barattage et l'écrémage (*A. C.*, 4^e série, t. 25, 1872, p. 382-386).

J. — SANG.

Recherches sur l'influence que certains principes alimentaires peuvent exercer sur la proportion de matières grasses contenues dans le sang (*A. C.*, 3^e série, t. 24, 1848, p. 460-463).

Du fer contenu dans le sang et dans les aliments (*C. R.*, t. 74, 1872, p. 1353-1359; *A. C.*, 4^e série, t. 27, 1872, p. 477-503).

Recherche du fer dans le sang d'un animal invertébré (*C. R.*, t. 75, 1872, p. 173-174).

Sur la répartition du fer dans les matériaux du sang (*C. R.*, t. 75, 1872, p. 229-232).

K. — URINES.

Analyse d'un calcul urinaire de nature ferrugineuse (*J. P.*, 1^{re} série, t. 11, 1825, p. 153-156).

Recherches sur la constitution de l'urine des animaux herbivores (*A. C.*, 3^e série, t. 15, 1845, p. 97-114).

Composition de l'urine des herbivores (*J. P.*, 3^e série, t. 9, 1846, p. 129-130).

Recherches sur la quantité d'ammoniaque contenue dans l'urine (*A. C.*, 3^e série, t. 29, 1850, p. 472-500; *J. P.*, 3^e série, t. 18, 1850, p. 263-267).

III. — MINÉRALOGIE (1).

Note sur le sel ammoniaque que produit une mine de houille incendiée, par les Élèves mineurs de Saint-Étienne (2) (*A. C.* 2^e série, t. 21, 1822, p. 158-159; *A. M.*, 1^{re} série, t. 8, 1823, p. 304-305).

(1) Boussingault n'a pas publié de notes spéciales sur la géologie ni sur les roches de l'Amérique du Sud, mais il a donné sur ces sujets des indications dans divers travaux et notamment dans ses *Mémoires*.

Ses fossiles ont été décrits par ALCIDE D'ORBIGNY, dans l'ouvrage suivant : *Coquilles et Échinodermes (Nouvelle-Grenade) recueillis de 1821 à 1833 par M. Boussingault*. Paris, 1842. gr. in-4°. 63 p. et 6 planches. Cf. aussi le rapport sur cet ouvrage par Alex. Brongniart (*C. R.*, t. 16, 1843, p. 178).

(2) Note rédigée par Boussingault, Cf *Mémoires* n° 214, t. 1, p. 134.

Mémoire sur différentes masses de fer qui ont été trouvées sur la Cordillère orientale des Andes (en commun avec Mariano de Rivero) (*A. C.*, 2^e série, t. 25, 1824, p. 438-443).

Mémoire sur l'Urao (carbonate de soude) (*A. C.*, 2^e série, t. 29, 1825, p. 110-111 (en commun avec Mariano de Rivero)).

Observations sur quelques carbonates (*A. C.*, 2^e série, t. 29, 1825, p. 283-288).

Analyse de l'alumine sulfatée native du Rio Saldana (*A. C.*, 2^e série, t. 30, 1825, p. 109-111).

Analyse d'une nouvelle substance minérale (la Gay-Lussite) (*A. C.*, 2^e série, t. 31, 1826, p. 270-276).

Sur le gisement du platine (*A. C.*, 2^e série, t. 32, 1826, p. 204-212).

Sur la composition de l'or natif argentifère (*A. C.*, 2^e série, t. 34, 1827, p. 408-419).

Sur le gisement du platine en Amérique (*A. M.*, 2^e série, t. 1, 1827, p. 175-178).

Analyse de l'arséniate de fer de Loaysa, près Marmato, province de Popayan (*A. C.*, 2^e série, t. 41, 1829, p. 75-78).

Analyse de la blende noire de Marmato, province de Popayan (*A. C.*, 2^e série, t. 43, 1830, p. 312-316).

Note sur la présence de l'ammoniaque dans l'oxyde de fer naturel (*A. C.*, 2^e série, t. 43, 1830, p. 334-335).

Analyse d'un nouveau minéral trouvé dans le Paramo-Rico, près Pamplona (Amérique du Sud) (*A. C.*, 2^e série, t. 45, p. 325-329).

Analyses de différentes variétés d'or natif (*A. C.*, 2^e série, t. 45, 1830, p. 440-443).

Analyse de l'alumine sulfatée du volcan de Pasto (*A. C.*, 2^e série, t. 52, 1833, p. 348-351).

Examen chimique d'une substance minérale déposée par l'eau chaude de Coconuco, près Popayan (*A. C.*, 2^e série, t. 52, 1833, p. 396-399).

Analyse de l'halloysite de Guatequé dans la Nouvelle-Grenade (*A. C.*, 2^e série, t. 53, 1833, p. 439-441).

Recherches sur la nature de l'acide phosphorique qui constitue les phosphates naturels (*A. C.*, 2^e série, t. 55, 1834, p. 185-192).

Analyse de quelques substances bitumineuses (*A. C.*, 2^e série, t. 73, 1840, p. 442-445).

Analyse d'une résine fossile des environs de Bucaramangá (Amérique méridionale) (*A. C.*, 3^e série, t. 6, 1842, p. 507).

Nouvelle analyse de la *Gay-Lussite* (*A. C.*, 3^e série, t. 7, 1843, p. 488-489).

Rapport sur des échantillons d'eau salée et de bitume envoyés de la Chine par M. Bertrand (*C. R.*, t. 22, 1846, p. 667-669).

Extrait d'un Mémoire sur la composition des bitumes (*C. R.*, t. 3, 1836, p. 375-378).

Sur un gisement de platine signalé dans un filon de la province d'Antioquia (Nouvelle-Grenade). Observations inédites sur les alluvions aurifères et platinifères du Choco (*C. R.*, t. 42, 1856, p. 917-922).

Sur la présence de l'acide nitrique dans le bioxyde de manganèse (*C. R.*, t. 50, 1860, p. 890-892).

Fragment d'un Mémoire sur les gisements du guano dans les îlots et sur les côtes de l'Océan Pacifique (*C. R.*, t. 51, 1860, p. 844-855).

Sur le gisement du nitrate de soude du Pérou ⁽¹⁾, *in Agronomic*, t. 2, 1861, p. 372-377.

Sur la cause qui détermine la tuméfaction de l'obsidienne exposée à une haute température (en commun avec Damour) (*C. R.*, t. 76, 1873, p. 1158-1165; *A. C.*, 4^e série, t. 29, 1873, p. 543-564).

Sur les cristaux d'oxyde de fer magnétique, formés pendant le grillage d'un minerai spathique (*C. R.*, t. 83, 1876, p. 1007-1008).

Sur l'apparition du manganèse à la surface des roches (*C. R.*, t. 95, 1882, p. 318-324 et 368-373; *A. C.*, 5^e série, t. 27, 1882, p. 289-311).

Eaux, Fumerolles volcaniques.

Sur les eaux chaudes de la Cordillère de Vénézuéla (en commun avec Mariano de Rivero) (*A. C.*, 2^e série, t. 23, 1823, p. 272-276).

Sur l'existence de l'iode dans l'eau d'une saline de la province d'Antioquia (*A. C.*, 2^e série, t. 30, 1825, p. 91-96).

Analyse de l'eau minérale de Paipa, près Tunja (Amérique du Sud) (*A. C.*, 2^e série, t. 45, 1830, p. 329-332).

Analyse de l'eau du Rio Vinagre (*A. C.*, 2^e série, t. 51, 1832, p. 107-110).

Recherches chimiques sur la nature des fluides élastiques qui se dégagent des volcans de l'Équateur (*A. C.*, 2^e série, t. 52, 1833, p. 5-23).

Considérations sur les eaux thermales des Cordillères (*A. C.*, 2^e série, t. 52, 1833, p. 181-190).

Mémoires sur les salines iodifères des Andes (*A. C.*, 2^e série, t. 54, 1833, p. 163-178).

Observations sur une eau minérale acide du Paramo de Ruiz, dans la Nueva-Granada (*C. R.*, t. 24, 1847, p. 397-400; *A. C.*, 3^e série, t. 20, 1847, p. 109-113).

Mémoire sur une méthode pour doser l'ammoniaque contenue dans les eaux (*C. R.*, t. 36, 1853, p. 814-821; *J. P.*, 3^e série, t. 25, 1854, p. 122-131).

Recherches sur les variations que l'eau de la mer Morte paraît subir dans sa composition (*C. R.*, t. 42, 1856, p. 1230-1238; *A. C.*, 3^e série, t. 48, 1856, p. 129-170).

(1) Voir aussi : C. — LES ENGRAIS, LES NITRATES

Sur les eaux acides qui prennent naissance dans les volcans des Cordillères (*C. R.*, t. 78, 1874, p. 453-461, 526-533, 593-599; *A. C.*, 5^e série, t. 2, 1874, p. 76-130).

Dosages des nitrates et de l'ammoniaque dans l'eau de la Seine, prise le 18 mars 1876 au-dessus du pont d'Austerlitz (*C. R.*, t. 82, 1876, p. 658).

Sur les quantités de nitrates et d'ammoniaque contenus dans les eaux des fleuves (*B. S. A.*, t. 36, 1876, p. 203-205).

Les sources thermales de la chaîne du littoral du Vénézuéla (Amérique méridionale) (*C. R.*, t. 91, 1880, p. 836-841; *A. C.*, 5^e série, t. 22, 1881, p. 145-152).

Recherches sur la présence de l'acide nitrique et de l'ammoniaque dans les eaux et la neige, recueillies dans les glaciers des Alpes par M. Civiale (*C. R.*, t. 93, 1882, p. 1121-1123).

IV. — PHYSIQUE DU GLOBE.

Observations relatives à la pluie des tropiques (*C. R.*, t. 2, 1836, p. 109-111; *A. C.*, 2^e série, t. 61, 1836, p. 167-171).

Examen comparatif des circonstances météorologiques sous lesquelles végètent certaines plantes alimentaires, à l'Équateur et sous la zone tempérée (*A. C.*, 2^e série, t. 63, 1836, p. 337-358).

Résultats des observations barométriques faites à la Guayra (République de Colombie). 10^m,67 au-dessus du niveau de la mer (en commun avec Mariano de Rivero) (*A. C.*, 2^e série, t. 23, 1824, p. 427-429).

Observations barométriques faites à Santa-Fé de Bogota, entre les tropiques, par 4°35'50" de latitude nord (*A. C.*, 2^e série, t. 34, 1827, p. 203-214).

Observations sur le rayonnement nocturne, faites dans les Cordillères de la Nouvelle-Grenade (*A. C.*, 2^e série, t. 52, 1833, p. 260-266).

Mémoire sur la profondeur à laquelle se trouve la couche de température invariable entre les tropiques. Détermination de la température moyenne de la zone torride au niveau de la mer. Observations sur le décroissement de la chaleur dans les Cordillères (*A. C.*, 2^e série, t. 53, 1833, p. 225-247). *Ce Mémoire a servi de 1^{re} Thèse de doctorat ès sciences physiques.*

Sur les tremblements de terre des Andes (*Bull. Soc. géologique France*, t. 6, 1834-1835, p. 52-57; *A. C.*, 2^e série, t. 58, 1835, p. 81-88).

Des influences météorologiques sur la culture de la vigne (*C. R.*, t. 4, 1837, p. 371-378; *A. C.*, 2^e série, t. 64, 1837, p. 174-185).

Extrait d'une lettre de M. Boussingault à M. Arago, sur le rayonnement de la neige (*C. R.*, t. 14, 1842, p. 405-406).

Extrait d'une lettre de M. Boussingault à M. Arago : Observations de quelques effets de la foudre (*C. R.*, t. 14, 1842, p. 835-837).

Détermination de la hauteur du mercure dans le baromètre sous l'Équateur; amplitude des variations diurnes barométriques à diverses stations dans les Cordillères (*C. R.*, t. 88, 1879, p. 1158-1165, 1240-1243; *A. C.*, 5^e série, t. 21, 1880, p. 5-71).

Observations à propos d'un Mémoire de M. Faye relatif à la théorie de la grêle (*C. R.*, t. 89, 1879, p. 202-203).

Sur la température de la grêle (*A. C.*, 6^e série, t. 3, 1884, p. 425-429).

V. — VARIA.

Ascension au Chimborazo exécutée le 16 décembre 1831 (*A. C.*, 2^e série, t. 58, 1835, p. 150-180).

Mémoire sur l'influence des défrichements dans la diminution des cours d'eau (*A. C.*, 2^e série, t. 64, 1837, p. 113-141).

Recherches sur la cause qui produit le goître dans les Cordillères de la Nouvelle-Grenade (*A. C.*, 2^e série, t. 48, 1831, p. 41-69).

Recherches sur l'exhalation de l'azote pendant la respiration des granivores [*A. S. N.*, 3^e série, t. 2 (Zool.), 1844, p. 211-221].

Expériences constatant l'efficacité des lampes de Davy dans des mélanges d'air et de vapeurs inflammables émanant de liquides très volatils. Emploi de la lumière produite par la pile dans une atmosphère détonante (*C. R.*, t. 21, 1845, p. 515-518).

Recherches sur le développement de la substance minérale dans le système osseux du porc (*A. C.*, 3^e série, t. 16, 1846, p. 486-493).

Observations sur la congélation du vin et des mélanges d'eau et d'alcool (*A. C.*, 3^e série, t. 25, 1849, p. 363-365).

Sur la sensation de chaleur que produit le gaz acide carbonique dans son contact avec la peau (*C. R.*, t. 40, 1855, p. 1006-1009; *A. C.*, 3^e série, t. 44, 1855, p. 204-209).

Sur la congélation de l'eau (*C. R.*, t. 73, 1871, p. 77-79; *A. C.*, 4^e série, t. 26, 1872, p. 544-547).

Influence du froid sur la conservation des aliments (*B. S. A.*, 3^e série, t. 8, 1872-1873, p. 266-268).

Substances alimentaires conservées par l'action du froid (*C. R.*, t. 76, 1873, p. 189).

Remarques sur le procédé de M. Bourrel pour empêcher la transmission de la rage (*B. S. A.*, 3^e série, t. 9, 1873-1874, p. 511-512).

Expériences pour constater la perte en sucre dans le sucrage du moût et du marc de raisin (*A. C.*, 5^e série, t. 7, 1876, p. 433-451).

Observations sur l'avis donné par M. Salvétat en réponse aux questions posées par la Compagnie parisienne, par Boussingault... Gallien... Wurtz. Paris, 1865, in-4, 15 pages.

Sur le sucrage des vins et sur les conditions de leur amélioration (*B. S. A.*, t. 36, 1876, p. 76-83).

Sur la fermentation alcoolique rapide (*C. R.*, t. 91, 1880, p. 373-376; *A. C.*, 5^e série, t. 22, 1881, p. 98-120).

Sur les outils en bronze employés par les mineurs du Pérou (*C. R.*, t. 96, 1883, p. 545-546).

VI. — MÉMOIRES.

Mémoires ⁽¹⁾ de J.-B. Boussingault. Paris, Chamerot et Renouard, 5 vol. in-8, 1892-1903.

VII. — DISCOURS.

Institut royal de France, Académie royale de France. Funérailles de Dutrochet, discours de Boussingault prononcé le 6 février 1847. Paris, Didot frères, 1847, in-4, 15 pages.

NOTICES, DISCOURS ET DOCUMENTS SUR J.-B. BOUSSINGAULT.

P.-P. DEHÉRAIN. — L'œuvre agricole de M. Boussingault (*Annales agronomiques*, t. 13, 1887, p. 289-318. Reproduit in *Agronomie*, t. 8, 1891, p. I-XL).

G. SALET. — Jean-Baptiste Boussingault (*Agenda du chimiste*, 1888, p. 459-475).

M. PRINGSHEIM. — Jean-Baptiste Boussingault als Pflanzen-Physiologe (*Bericht d. deutsch. botanisch. Gesellschaft.*, t. 5, 1887, p. IX-XXXIII).

Th. SCHLOESING et LAUSSEDAT. — Discours prononcés à l'inauguration du monument de Boussingault au Conservatoire des Arts et Métiers à Paris le dimanche 7 juillet 1895 (Paris, *Institut.* — 7, 1895, p. 1-39).

MURGUE. (Discours de M.). — Inauguration du buste de J.-B. Boussingault, à l'hôtel de la Société amicale des anciens élèves de l'École nationale des Mines de Saint-Étienne le 14 juin 1913 (Saint-Étienne, 1913; in-8, 25 pages).

Les documents concernant le passage de Boussingault à la Faculté des sciences de Lyon se trouvent dans les archives rectorales de l'Académie de Lyon; M. le professeur Albert Offret a bien voulu m'en donner un résumé ou une copie.

Ceux relatifs au Conservatoire des Arts et Métiers font partie des Archives du Conseil de perfectionnement de cet Établissement, j'en dois la copie à son directeur, M. Gabelle.

⁽¹⁾ Le tome 4 de ces Mémoires a été analysé dans un volume de Emilio Roblero qui contient en outre un résumé des voyages de Boussingault : Juan-B. Boussingault. *Archivo historial*. Organo del Centro de Estudios Historicos de Manizales (Republica de Colombia), n° 14, t. 2, 1919, p. 51.