

Quatre siècles de fertilisation

Seconde partie

Jean Boulaïne - Membre de l'Académie d'Agriculture.

“Songez à l'intérêt immense que l'on aurait à multiplier par deux les récoltes de céréales”...
(J.B. Boussingault, 1842)

1870-1914 : LES ANNÉES DÉCISIVES

Les trente années qui suivent la guerre franco-allemande de 1870-1871 sont capitales pour le développement de l'agriculture européenne. Elles connaissent des évolutions techniques majeures : adoption des engrais chimiques, généralisation de machines agricoles encore simples (faucheuse, semoir, charrue brabant, batteuse, etc.).

Ces années sont marquées par les premiers résultats de la sélection végétale et de la protection des végétaux contre les maladies et les prédateurs, ainsi que par les progrès incessants des techniques de transformation des produits agricoles.

La France avait accumulé un retard certain sur ses voisins du nord. Les premières années du XX^{ème} siècle ont connu le début du rattrapage de ce retard. Le grand succès des expositions universelles de Paris de 1889 et 1900, la confrontation qu'elles ont permise avec les producteurs des pays voisins, ne sont probablement pas étrangers à ce décollage de l'agriculture française qui fut d'autre part motivée par des phénomènes économiques généraux.

Mais la même période connaît une grave crise économique qui affecte l'agriculture de tous les pays européens : l'arrivée massive sur les marchés des produits agricoles des deux Amériques, voire même d'Asie et d'Océanie - céréales, laines, viandes congelées, cuirs et peaux, bois divers, café et thé, qui vont concurrencer par des prix très bas, directement ou indirectement, les produits agricoles traditionnels. En outre, la viticulture française qui occupait plus de 2 millions d'hectares

en 1870, traverse des crises très graves : phylloxéra et autres maladies, puis surproduction en 1905-1907.

L'évolution de la fertilisation interfère durant cette période, avec ces crises : elles stimulent les recherches, démontrent l'efficacité des techniques mises au point, accélèrent la législation ; et les exploitations agricoles qui survivront sont celles dont la conduite et les conditions de production sont les plus rationnelles.

Production d'engrais chimiques

La potasse est désormais extraite de Stassfurt, près de Magdeburg en Allemagne, et distribuée dans toute l'Europe. La France l'achète donc. Cette importation est limitée : 10 000 tonnes (de produits) environ en 1892 ; la consommation augmentera peu jusqu'en 1914. La production française, en Alsace, ne commencera seulement qu'après 1920.

Les réticences des chimistes envers les superphosphates sont débordées par l'évidence des résultats. L'enquête de 1878 de la Société d'Agriculture de France, publiée par Barral, mit en lumière l'efficacité souvent “miraculeuse” de cet engrais chimique. C'est la grande recette des années 1880 - 90 : “mettez du super !”.

Dans les années 1870-80, le phosphore est produit en Picardie et dans le Quercy à partir de dépôts assez limités de phosphates fossiles piégés dans des karsts. On en exporte la plus grande partie en Angleterre. Par contre, l'industrie de l'acier produit des scories de déphosphoration à partir de 1880. Le procédé a été mis au point par G. Thomas en 1877. La consommation augmenta alors rapidement et la France utilisait 400 000 tonnes de ce produit en 1913.

Mais il fallut plus de trente ans, après 1870, pour vulgariser, produire et commercialiser les superphosphates. La compagnie de Saint-Gobain, qui assurait 40 % environ de la production en 1913, installa seulement trois ateliers (Chauny, Montluçon et l'Oseraie) en 1872, et ne décida son grand programme de construction de quinze usines spécialisées qu'en 1892. La production approcha le million de tonnes de produit, à 18 % de P_2O_5 environ, en 1913. Les sociétés Kuhlmann, La Bordelaise et d'Auby évoluèrent un peu plus vite mais avec des volumes moindres.

La découverte en 1887 des gisements très riches de Tunisie, puis de l'Algérie orientale, facilita grandement la fourniture de la matière première.

L'azote non organique devint pendant cette période l'élément relativement rare. Le guano du Pérou s'épuise. Les nitrates du Chili permettent momentanément une fourniture limitée (260 000 tonnes de produit) car des besoins industriels et militaires concurrencent l'agriculture dans son emploi. L'industrie allemande résout la question de la production de synthèse ; des raisons militaires retarderont ses applications civiles jusqu'après la guerre mondiale. En 1918, Georges Claude réalisa la synthèse de l'ammoniac à la Grande Paroisse, commune située près de Montereau (77).

A l'armistice, la France reçut le brevet Haber-Bosch, en compensation des dommages de guerre et créa à Toulouse l'Office National Industriel de l'Azote (ONIA). Seuls les engrais ammoniacaux dérivés de la houille étaient alors disponibles : 50 000 tonnes en 1900.

Enfin la découverte de la fixation symbiotique de l'azote par les nodules des légumineuses (Hellriegel et Wilfacht, 1887) apporta une explication scientifique à des faits déjà connus : elle rendit beaucoup plus efficace la pratique des engrais verts et de l'assolement avec des légumineuses fourragères.

Les quantités d'engrais consommés par hectare dans les différents pays européens en 1913 sont une bonne mesure de l'état de productivité de ces pays. C'est non seulement la quantité totale qui est en cause mais aussi l'équilibre entre les différents éléments fertilisants. La première place est occupée sans conteste par l'Allemagne, accompagnée de ses voisins Danemark, Pays-Bas et Belgique. La Grande-Bretagne reste beaucoup plus prudente car le libre échange lui permet de négliger sa production agricole.

Apports occultes

Depuis le milieu du XIX^{ème} siècle et surtout depuis 1875, l'Europe est constamment enrichie en éléments fertilisants venant des autres régions du monde, mais en revanche, elle en exporte assez peu jusqu'en 1960 : elle a donc profité durant un bon siècle des déchets organiques, cendres et ossements qui accompagnent ces denrées. Ce sont surtout les banlieues des grandes villes, par l'intermédiaire des

gadoues, qui ont bénéficié de ces apports difficilement comptabilisables. Ils ont appauvri, entre autres pays, l'Uruguay et l'Argentine. Les bilans le démontrent : Sir J. Russell en a fait état dans son livre "Soil conditions and plant growth" (1921).

Les quantités de phosphore, de potassium et d'autres éléments nutritifs ainsi transférés depuis plus d'un siècle au profit de l'Europe se chiffrent en millions de tonnes. La France, par le régime du protectionnisme, entre 1880 et 1914, en a moins profité que ses voisins.

La place de la France dans l'Europe

Au début du XIX^{ème} siècle les terres étaient épuisées par une très longue exploitation pour une population la plus nombreuse d'Europe (Duby et Wallon, 1976). Elle avait été de 25 millions vers 1760 contre 7,5 en Grande-Bretagne, et les rendements en blé tendre étaient inférieurs à 9 quintaux par hectare. L'Italie et l'Espagne partageaient notre indigence. Par contre les pays du nord de l'Europe, venus beaucoup plus tard à la civilisation agraire, moins peuplés aussi et dont les sols étaient au départ moins évolués et moins altérés que les nôtres, avaient encore des rendements près du double des nôtres. Chez eux la proportion de pâturages, alimentant les troupeaux générateurs de matières vers les étables et les fumiers, était aussi très importante. Leurs progrès en matière de fertilisation furent plus rapides que les nôtres au cours du XIX^{ème} siècle et la disparité d'efficacité des agricultures respectives augmenta.

A la veille de la guerre, en 1913, une amélioration était cependant perceptible en France. Elle fut manifeste à partir de 1920 et pris une apparence de miracle après 1950.

En 1914 l'Allemagne était la première puissance agricole d'Europe et ses cultivateurs avaient des rendements remarquables. Deux guerres ont effacé cette avance et si on accepte le jugement du rendement en blé à l'hectare, ce sont les pays de la Mer du Nord, Pays-Bas, Danemark et Belgique qui sont en tête. La France, qui intègre dans ses statistiques des régions encore un peu marginales, et l'Allemagne, viennent ensuite. La Grande-Bretagne qui tenait la tête du classement vers 1850, a volontairement négligé son agriculture ; et si ses agriculteurs sont souvent parmi les meilleurs (le record de production de blé est écossais avec 140 quintaux/hectare), ses résultats globaux sont plus modestes (figure 1).

La France a fait d'énormes progrès depuis 1950 et son rendement annuel lissé dépasse 65 quintaux/hectare contre environ 70 pour les Pays-Bas.

Les progrès des théories

La fin du XIX^{ème} siècle correspond à un essor scientifique important. On met en place les stations agronomiques et les institutions d'enseignement. Les progrès de la chimie permet-

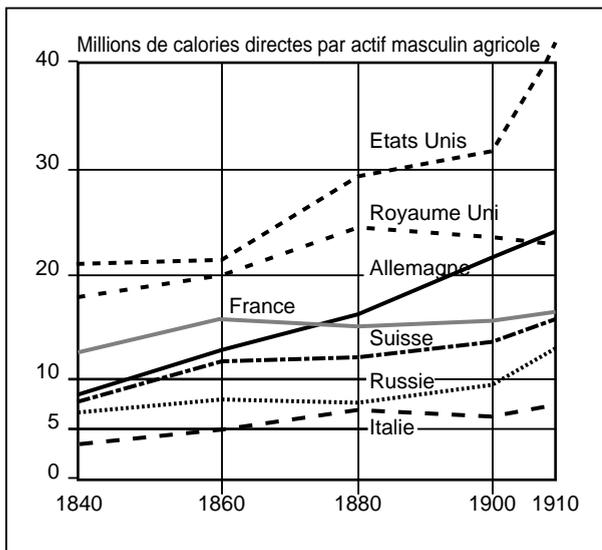
tent des techniques d'analyse efficaces, comme par exemple pour les phosphates la méthode Schloesing de Sigmond ou la méthode Dyer. La microbiologie prend naissance et résout des problèmes décisifs. L'industrie découvre des techniques comme celle du procédé Solvay qui libère des quantités importantes d'acide sulfurique, etc.

Tous ces progrès font boule de neige. On les mesure assez bien par la grande étude de Grandeau (1889) pour l'exposition de 1900. Il fait alors le bilan des institutions agronomiques et montre que lorsque les U.S.A. dépensent 10 francs pour la recherche et l'enseignement agronomiques, l'Allemagne en dépense 3,5 et la France 1. Mais la science est universelle et tous peuvent profiter des acquisitions nouvelles.

Des congrès internationaux permettent ces échanges. Louis Grandeau y contribua largement. Il organisa ceux des directeurs de stations agronomiques (Versailles, 1881 ; Paris, 1889 et 1900) (Feller et Boulaïne, 1987). Sa publication "Annales agronomiques françaises et étrangères" sera, jusqu'en 1914, la première du monde en qualité. Jusqu'en 1903 elle fut doublée par les "Annales agronomiques" de Dehérain. Ce dernier avec Grandeau, Montz, Joulie, Ville et quelques autres, publia des articles de journaux, des livres et des traités d'agronomie ou de chimie agricole qui vulgarisèrent la fertilisation.

Figure 1 - Evolution comparée de la production agricole annuelle

Figure 1 - Compared evolution of agricultural production



LA FERTILISATION AU XX^{ème} SIECLE 1900 - 1960

Les courbes de consommation des éléments majeurs N, P, et K. (Daujat, 1957 ; Boulaïne, 1989) montrent, ce qui est une évidence pour tous les agronomes, l'augmentation prodigieuse de la consommation des engrais chimiques corrélative de l'augmentation des rendements. Mais les deux guerres se manifestent par de profondes dépressions dans ces courbes. L'utilisation des engrais est très faible pendant les conflits et reprend très vite immédiatement après.

L'avant-guerre 1900-1914

A partir de 1903 la consommation des engrais augmente définitivement. L'agriculture accuse les conséquences des évolutions de la période précédente. Sur le plan conceptuel on règle les résidus des hésitations du siècle précédent. Mais certaines idées fausses ont encore la vie dure, même dans les milieux les plus "compétents".

Une controverse américaine a retenti jusqu'en Europe

Vers 1903, il y eut une vive opposition aux Etats-Unis entre les professeurs King et Hilgard de Californie d'une part, et Whitney, premier directeur du Soil Survey à Washington, d'autre part. Le sujet de la controverse était le rôle exact des engrais chimiques. Les collaborateurs de Russel à Rothamsted suivaient avec attention cette querelle et la résumaient avec humour par l'interrogation suivante sur la nature des engrais : "meat or whisky ?" (s'agit-il de viande ou d'alcool ?), car Whitney soutenait que les engrais n'avaient aucun rôle alimentaire mais une simple action d'excitants.

Lagatu saisit alors, en 1906, le "comité des études scientifiques" du Ministère de l'Agriculture de cette question, à la suite d'un article de Cameron publié dans les annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier. Le comité chargea Lagatu de vérifier les expériences de Whitney. Après plusieurs années de cultures *in vitro*, il put conclure à la véracité des théories classiques (Boulaïne et Legros, 1989).

Le champ d'investigation des éléments nutritifs des végétaux s'élargit considérablement avec la mise en évidence des oligo-éléments par Gabriel Bertrand (1903) et ses élèves et continuateurs. Depuis 1850 on avait perçu le besoin de fournir aux êtres vivants des éléments dits "plastiques" ou "mineurs" comme le magnésium, le calcium, le soufre, la silice. Les travaux de Sachs, de Knopp et, à côté de Pasteur, son élève Raulin, avaient mis au point des mélanges destinés à fournir ces éléments aux cultures *in vitro*.

Désormais on savait que d'autres éléments agissaient en quantités très faibles, et déclenchaient des augmentations de rendement sans aucun rapport avec les quantités d'éléments chimiques mises en jeu. Tous les agronomes ont en mémoire

des résultats spectaculaires obtenus avec quelques dizaines de grammes par hectare de sels de bore ou de molybdène. Le nitrate de soude du Chili a longtemps basé une partie de sa publicité sur les apports qu'il réalisait en ces éléments. Les carences en éléments plastiques et en oligo-éléments sont parfois difficiles à déceler. Si on sait les traiter, leur diagnostic n'est pas toujours fait et des progrès sensibles sont encore possibles en ce domaine.

L'entre deux-guerres 1910-1939

Comme toujours après les grands brassages de population et après les crises économiques, des évolutions rapides se manifestèrent à partir de 1919. Les agriculteurs mobilisés, de retour chez eux, modifièrent leurs attitudes, retrouvèrent des familles qui avaient pris en main l'exploitation, et découvrirent des besoins et des possibilités inconnus d'eux auparavant.

Le gouvernement français d'autre part, devint le maître de la production et du commerce des engrais chimiques. Il contrôlait la production des Phosphates d'Afrique du Nord, possédait désormais le gisement des Potasses d'Alsace, et le procédé Haber de production des produits azotés mis en œuvre à l'Office National Industriel de l'Azote à Toulouse.

Pour vendre il fallait vulgariser et mieux connaître les mécanismes de la fertilisation. On créa en 1922 L'Institut de Recherches Agronomiques, alors que J.H. Richard était ministre de l'agriculture.

La production d'azote a commencé à Toulouse en 1925 et par la suite dans d'autres usines situées dans les Pyrénées, le Nord et la Seine Maritime. En 1955, elle atteignait 400 000 tonnes d'azote N. Celle des sels ammoniacaux par les procédés classiques s'était maintenue, et l'importation des nitrates du Chili, qui avait atteint 400 000 tonnes de produit en 1929, fut progressivement réduite à 150 000 tonnes en 1938 et devint négligeable après la guerre.

La consommation de phosphore (en P_2O_5) est passée de 43 000 tonnes en 1927 à 720 000 tonnes en 1955. Pour la potasse, la consommation est passée de 100 000 tonnes de K_2O à 550 000 tonnes en 1955. Tous ces chiffres sont donnés par A. Daujat (1957).

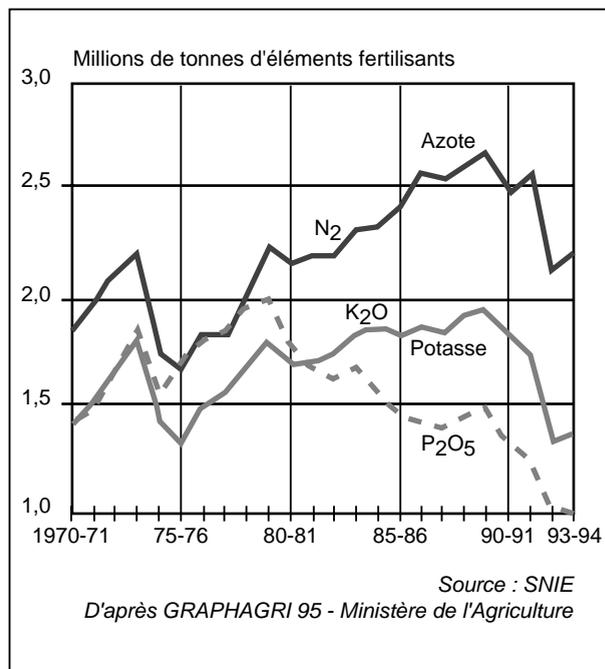
Dans les années 60 la consommation totale d'éléments fertilisants dépassa les deux millions de tonnes. Les consommations ont ensuite encore beaucoup augmenté jusque dans les années 80, puis elles ont régressé avec la crise de l'agriculture (figure 2).

Réseaux de vulgarisation et de fourniture

La grande transformation en matière de fertilisation fut, après la première guerre et surtout la seconde, la mise en place sur tout le territoire, d'organismes de vulgarisation, de publicité ou de service auprès des exploitants, et, parallèlement, de réseaux commerciaux d'installations industrielles

Figure 2 - Les conséquences de la crise agricole sur l'emploi des engrais.

Figure 2 - Consequences of crisis on the use of fertilizers.



Les données statistiques pour 1994 ont été publiées au cours de l'été 95 par le Ministère de l'Agriculture (Graphagri 1995). Les courbes montrent l'influence de la crise traversée par l'agriculture ces dix dernières années. Elles traduisent les répercussions sur l'emploi des engrais des accords du GATT et de la politique agricole commune (PAC) de l'Europe ainsi que l'influence des écologistes.

La diminution de la consommation d'engrais commence dès 1980 pour le phosphore, vers 1990 pour le potassium et l'azote. 1994 manifeste en revanche un début de redressement pour les trois éléments. L'avenir dira si ce phénomène est durable.

La diminution du taux de jachères à 10 % en théorie, 6 à 7 % en pratique, devrait entraîner une remontée de la consommation, plus élevée pour la campagne 95-96.

produisant les "intrants" de la production agricole.

La Société Commerciale des Potasses d'Alsace, propriété de l'état, fut un des leaders de ce mouvement ; mais les producteurs surent se fédérer dans la Fédération Nationale de l'Industrie des Engrais. Les départements, puis le ministère de l'agriculture développèrent les stations agronomiques et les centres de recherches regroupés progressivement dans l'Institut de la Recherche Agronomique (IRA, 1922), puis dans l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1946).

Les grandes entreprises industrielles (Saint Gobain, Péchiney, Kuhlmann, la SCPA, le réseau PLM de chemin de fer) créèrent aussi leurs centres de recherches et leurs réseaux de vulgarisation. Les chambres d'agriculture et les établissements d'enseignement se mirent progressivement de la partie.

L'azote revient au premier rang

Entre 1930 et 1940 le bilan des intrants et des exportations était à peu près équilibré pour le phosphore, mais restait déficitaire pour l'azote et le potassium. Désiré Leroux publia en 1951 les chiffres de Gouere (1945) d'après lesquels le bilan est quasi nul pour le phosphore, négatif pour l'azote et encore plus déséquilibré pour le potassium (- 970 000 t. de K_2O).

Le manque d'azote était le phénomène le plus général et le plus sensible. Il y a certes beaucoup d'azote dans nos sols sous forme organique, mais il faut, à la fin du printemps et au début de l'été, que l'action des micro-organismes dégrade l'humus et rende l'azote assimilable. Ses formes ammoniacales libérées sont transformées en azote nitreux transitoire puis en azote nitrique absorbable par les plantes. Les facteurs climatiques, température et humidité, interviennent et les quantités libérées varient suivant les années.

Les techniques agricoles du début du siècle ne permettaient pas, le plus souvent, de dépasser un seuil de production qui, en blé d'hiver, est de vingt à trente quintaux à l'hectare en terme de statistique nationale. Les rendements record, obtenus en situations exceptionnelles, de 1850 à 1940, plafonnèrent à 50 quintaux à l'hectare.

La solution fut trouvée vers le milieu du XXème siècle par la fourniture, en couverture et par des apports fractionnés, d'engrais nitriques de synthèse dont la production était désormais possible. Cette possibilité est illustrée par la règle donnée par les agronomes de l'ONIA dans le sud-ouest : en prenant comme base la production de 30 quintaux de céréales par hectare sans apport d'azote, l'apport de 150 unités d'azote permet d'obtenir 60 quintaux. Cette règle doit naturellement, comme toujours en agriculture, être nuancée suivant les conditions locales et saisonnières et doit être adaptée pour les cultures autres que la culture de référence : le blé d'hiver.

L'usage des engrais azotés de synthèse s'est généralisé après la seconde guerre mondiale et a permis à l'agriculture

française d'atteindre en moyenne nationale interannuelle, des niveaux de production inespérés qui ont permis de supprimer presque toutes les importations et de multiplier les exportations de produits agricoles.

Le potassium et ses interférences

La consommation du potassium par les plantes est grande, et son déficit dans les années 30 était encore élevé. Les réserves des roches sont cependant beaucoup plus importantes (seize fois plus en moyenne) que pour le phosphore. Les apports de cendres de bois dans les fumiers avaient réalisé quelques restitutions les siècles précédents. Quelques types de sols étaient cependant sérieusement carencés : les sols sableux, sauf ceux riches en micas, et les sols argileux altérés par une longue évolution en milieu acide dont le pouvoir fixateur doit être "satisfait" par des doses massives.

D'autres mécanismes affectent la disponibilité du potassium : présence d'ions calcium et magnésium, nécessité d'une concentration suffisante dans les solutions du sol, besoins spécifiques des cultures, en particulier de celles qui fabriquent des matières amylacées : vigne, pomme de terre, betterave, etc. Grâce à la Société Commerciale des Potasses d'Alsace, l'inventaire des problèmes et des solutions fut très étudié à partir des années 20.

Les augmentations de rendement par l'emploi des deux autres éléments (N et P) ont rendu indispensable la fourniture de potassium pour toutes les cultures. La loi du minimum de Liebig comporte en effet un corollaire : la correction d'une carence révèle une nouvelle carence et la correction de celle-ci doit être accompagnée d'une suffisante fourniture de l'élément préalablement corrigé.

Les autres nutriments

Ils sont nombreux et d'importance variable. Les oligo-éléments ont permis des augmentations spectaculaires de récoltes. Par exemple, le bore en Champagne, ou le molybdène dans les costières du Gard. Il s'agit de cas extrêmes, mais des carences discrètes existent partout. Les éléments secondaires : soufre, magnésium, sont dans ce cas : l'avenir devra en tenir compte de plus en plus.

L'après-guerre

Les pertes en hommes et les destructions matérielles du monde rural furent moindre en 39-45 que lors de la guerre précédente. Mais l'ébranlement social et culturel fut bien plus lourd de conséquences. Les trente années qui suivirent 1950, "les trente glorieuses" ont connu une transformation profonde des conditions de production agricole. Les progrès scientifiques et techniques réalisés dans les périodes précédentes passent dans la pratique générale alors qu'auparavant ils restaient des exceptions.

Les fondements théoriques de la fertilisation sont profondé-

ment modifiés. La notion de pH, connue de quelques théoriciens avant 39, passe dans les raisonnements les plus élémentaires. Les passages d'un milieu à l'autre, du sol à la racine en particulier, sont désormais pensés en terme d'échanges d'ions et non de sels. La minéralogie des argiles et la chimie des matières organiques font de grands progrès et la Pédologie permet une définition, une caractérisation et un inventaire des sols qui entraînent un meilleur ajustement de l'emploi des fertilisants.

Il ne s'agit plus de restitution des exportations ou de complément de fumure mais de créer dans le sol les conditions optimales d'alimentation de la plante, quitte à diminuer les doses idéales pour tenir compte des aspects économiques de leur utilisation. L'analyse des sols n'est plus une procédure exceptionnelle mais un élément du choix des décisions techniques.

BILAN DE QUATRE SIÈCLES DE FERTILISATION

Plus encore que d'autres concepts - électrification ou motorisation par exemple - le concept de fertilisation est porteur de progrès. Il a certainement joué un rôle déterminant dans le prodigieux développement de l'agriculture. Bien que l'idée soit fort ancienne, et qu'elle ait été formulée par Bernard Palissy vers 1560, le mot n'est attesté dans la langue française qu'en 1764 (dict. Robert). C'est après 1840 qu'il a pris toute son importance et les débats sur sa réalité ont duré jusqu'à la guerre de 1914. En France, depuis 1920, il n'est plus mis en doute par les scientifiques, mais pour certains écologistes il a une réputation douteuse.

La notion de fertilisation reste encore trop souvent accompagnée d'approches approximatives, utopiques ou mal fondées, qui ne lui permettent pas toujours de manifester toute son efficacité.

Interfaces commerciales

Le transfert de technologie dans l'emploi des engrais chimiques minéraux s'exerce au niveau de la vente aux exploitants. La plupart de ceux-ci furent d'abord des individus isolés.

Vers 1925, la mise en place progressive des coopératives, puis des chambres d'agriculture a tempéré progressivement l'emprise du commerce sur la vulgarisation des techniques. Le développement du journalisme agricole, des Centres d'Études Techniques Agricoles et des organisations professionnelles a permis une plus grande objectivité. Les grands services de l'État et les grandes firmes industrielles y ont de leur côté notablement contribué.

Il n'en reste pas moins que des traditions, des habitudes et des formulations plus ou moins publicitaires persistent encore. La

vente des engrais ne se fait pas élément par élément. Elle concerne souvent des mélanges préparés en usine ou dans les dépôts. L'agriculteur achète ses produits d'après une recette. Or "il n'y a pas de recette en agriculture, il n'y a que des situations auxquelles il faut s'adapter" (S. Hénin). Ce sont l'état du sol et sa dynamique qui doivent diriger sa fertilisation. Or l'exploitant achète presque toujours des mélanges, engrais complets ou composés, de telle ou telle formule, qui ont l'ambition de satisfaire les besoins "moyens", de cultures "moyennes", dans des situations "moyennes". Pour faire face à des objectifs plus ambitieux on force les doses, mais c'est au prix d'un excès de produit donc d'une dépense inutile, voire d'une pollution nuisible. Le cas des nitrates est bien démonstratif.

L'information scientifique subit donc un tri, une modification ou une simplification, qui a tous les caractères d'un biais et d'une perte d'information entraînant en général un déficit d'efficacité.

Nature et valeur des concepts

On a longtemps hésité entre la conception de l'engrais "fournisseur d'éléments nutritifs" et celle de l'engrais "excitant" ou "solvant". Les polémiques de Dumas/Liebig (1841), de Boussingault/Ville (1852), ou de Hillgard/Whitney (1903), ne sont pas isolées. C'étaient les idées qui étaient fausses : l'expérience a chaque fois donné raison à ceux qui avaient su "s'agenouiller devant les faits".

La notion de restitution que B. Palissy exprimait par le mot "rebailler" figure déjà dans le traité de botanique de Mustel de 1781 avec le mot "restituer". Par contre la notion d'élément au minimum semble bien être de Liebig, en 1840.

On a longtemps considéré que le retour des fumiers de la ferme était suffisant pour assurer l'équilibre du bilan des éléments nutritifs. Lavoisier, qui pourtant concentrait sur ses terres

Depuis les années 1980, les conséquences écologiques d'une fumure éventuellement trop abondante sont sérieusement prises en considération.

En même temps, les années 1980 correspondent à une remise en cause de certaines pratiques, compte-tenu du poids de plus en plus important que prend le prix de revient, et, en amont, les accords européens et même mondiaux qui conditionnent désormais la production agricole.

Un exemple entre autres : la consommation des engrais phosphatés qui atteignit 2 300 000 tonnes vers 1975 est retombée à 1 000 000 de tonnes en 1990 ; la consommation raisonnable est probablement entre ces deux chiffres. La valeur actuelle très basse montre le changement d'attitude, voire le désarroi de bien des exploitants vis à vis de la fertilisation.

les fumiers et les pailles des environs, a dès 1778 l'idée d'engrais de complément.

Cette notion de complément de fumure devient usuelle au milieu du XIX^{ème}, surtout pour augmenter les rendements. En 1840 Bodin obtient à Rennes 40 quintaux/hectare avec une tonne de guano (Gasparin, 1843), et en 1859 De Kergolay annonce 48 quintaux/hectare avec des superphosphates.

Les notions de fumure de création, de fumure de fond et de fumure d'entretien apparaissent à la fin du XIX^{ème} siècle.

Depuis Wallerius on écrivait, idée fort ancienne, que chaque culture nécessitait "son engrais". Ville, vers 1860, farouche partisan des engrais minéraux donne des formules d'engrais "pour céréales" ou "pour prairies" etc. On oppose à cette conception celle d'"engrais complet". Par exemple, en 1991 il y avait encore des pays dans le monde où une seule formule d'engrais était utilisée pour tous les sols et toutes les cultures.

Ce n'était pas le cas en France où les progrès dans l'affinement des diagnostics et la précision des calculs de fumure ont fait d'énormes progrès grâce aux travaux et aux ouvrages de J. Massibot (1946) et de A. Legros (1957). A partir de 1955 le service agronomique du Syndicat Interprofessionnel de l'Industrie des Engrais Azotés (SPIEA) a largement contribué à l'augmentation spectaculaire des rendements en céréales par l'amélioration de la fertilisation azotée.

On sait maintenant procéder au calcul adapté à chaque culture, à chaque sol, à chaque précédent climatique et cultural. Largement pratiqué par les conseillers agricoles, ce calcul est parfois négligé par les agriculteurs.

La nature des éléments nutritifs, éléments majeurs, mineurs et oligo-éléments est encore mal perçue. On tient compte en général des premiers. La recherche sur les oligo-éléments se répand car les résultats peuvent être spectaculaires pour un faible investissement ; mais la pratique de cette fertilisation reste rare.

Ce n'est qu'à partir des années 1960, avec le développement de l'enseignement agronomique et des laboratoires d'analyses au service d'experts et de conseillers agricoles, que la fumure (organique et minérale confondues) est devenue rationnelle. Une bonne moitié du territoire français en bénéficie à l'heure actuelle.

Les notions plus compliquées de pouvoir absorbant, rétrogradation, niveau optimal, bilan de nitrification pour l'azote etc. sont encore trop ignorées. C'est leur maîtrise progressive par les conseillers agricoles qui permettra de nouveaux progrès.

Bilan de la fertilisation

A la fin du XVIII^{ème} siècle les terres de la France étaient épuisées. Le rendement en blé d'hiver était inférieur, en moyenne nationale interannuelle à 9 quintaux/hectare (Lavoisier, 1792).

Cinquante siècles d'agriculture pour nourrir une population très nombreuse ont entraîné la perte inévitable de 25 à 40 % des éléments nutritifs à chaque culture. La faiblesse des restitutions a été la règle tout autant que l'absence de compensations sauf à les trouver chez le voisin ou en forêt, ou dans les pâturages lointains qui de toute façon s'appauvrirent à la longue. Les meilleurs agriculteurs ne pouvaient que ralentir la dégradation de la fertilité de leurs terres ou la maintenir, parfois l'augmenter, mais au prix de l'appauvrissement général.

La Révolution, en libérant les paysans des contraintes les plus graves (Boulaine, 1992), leur a permis, tout au long du XIX^{ème} siècle, d'enrayer la dégradation. Puis, profitant des premiers résultats de l'analyse scientifique, et des premiers apports d'engrais extérieurs aux exploitations, ils ont pu commencer à rétablir le niveau de fertilité général, d'une façon très faible pour la plupart, mais déjà spectaculaire pour les meilleures exploitations. A la fin du siècle le rendement du blé d'hiver atteignit et dépassa 11 quintaux par hectare.

Le vingtième siècle a recueilli les résultats des travaux et des efforts des agronomes du siècle précédent. Malgré les ravages et les destructions des deux guerres, la production augmenta : en 1950, et pour la première fois depuis des siècles, la France produit plus de blé qu'elle n'en consomme, et les autres productions suivent. Les oléagineux, les derniers à couvrir les besoins des Français, le feront en 1992. Les rendements augmentent et atteindront 70 quintaux par hectare à la fin du siècle. Pour la première fois de son histoire, la France produit plus de nourriture que n'en consomme sa population qui est pourtant passée de 40 millions d'habitants en 1950 à 60 millions à la fin du siècle.

La production végétale dépend de nombreux facteurs : le choix de la variété cultivée, la protection des cultures contre les maladies, les prédateurs et la concurrence des adventices, l'état physique donc le travail du sol, et avant tout des conditions d'alimentation.

La fertilité du milieu, l'abondance et la disponibilité des éléments nutritifs sont les préliminaires inéluctables de la croissance des plantes et de la masse des végétaux récoltables.

Dans la hiérarchie des problèmes agronomiques, la fertilisation occupe la première place. C'est la gloire des Agronomes du XIX^{ème} siècle d'en avoir éclairci les problèmes et celle des Agronomes du XX^{ème} siècle d'en avoir orchestré la mise en œuvre.

BIBLIOGRAPHIE

L'histoire de la fertilisation a été traitée par Lenglen, Daujat, Scoraille et Boulaine. les autres références correspondent à des textes plus partiels.

Baral J.A., 1881 - Enquête sur la situation de l'agriculture en France en 1878. T. 1 et 2. Bouchard-Huzard, Paris.

Beltran A. et Griset P., 1988 - La croissance économique de la France. Armand Colin, Paris.

- Boulaine J., 1989 - Histoire des pédologues et de la science des sols. ; I.N.R.A. Paris. 230 pages.
- Boulaine J., 1990 - Deux siècles de fertilisation minérale, in "deux siècles de progrès pour l'Agriculture et l'Alimentation". Bicentenaire de l'Académie d'Agriculture de France, n° 14. Lavoisier, Paris.
- Boulaine J., 1991 - Justus von Liebig ; la nutrition des plantes, la chimie organique et l'agronomie. La vie des sciences T. 8 - N°3, pp 241-253. Académie des Sciences, Paris.
- Boulaine J., 1992 - Le phosphore, moteur du progrès agricole dans l'Europe du XIXème siècle. In : phosphore, vie et environnement ; de la recherche à l'application. Actes IVème Conf. Int. de l'IMPHOS. Gand. 8-11 septembre 1992. pp 169-198. Ed. par Inst. Mondial du Phosphate. Casablanca, Maroc.
- Boulaine J., 1992 - Histoire de l'Agronomie en France. 392 pages. Lavoisier. Paris.
- Boulaine J., 1995 - Henri Louis Duhamel du Monceau, 1700-1782. Revue "Sciences" (AFAS) n°1, janvier 1995, pp. 49-50.
- Boulaine J., 1995 - Histoire de la fertilisation, 20 pages. Revue de Purpan, Toulouse ; (sous presse).
- Boulaine J. et Legros J.P., 1988 - Lagatu : la Pédologie lui doit beaucoup. Agriculture, n° 528, avril 1988, pp. 19-21.
- Boussingault J.B. 1851 - Économie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie. T. II ; 763 pages. Bechet, Paris.
- Commission des Engrais, 1864 - Tome I et tome II. Paris, Imprimerie Impériale, 1865-1866.
- Daujot A., 1957 - Deux cents ans d'évolution de la fumure de la terre de France. Chambres d'Agriculture, 28ème année, n° 115, supplément du 1^{er} janvier 1957.
- Deherain P., 1860 - Recherches sur l'emploi agricole des phosphates. Mémoire présenté à l'Académie des Sciences ; séances du 6 juillet 1857 et du 20 décembre 1858. (publication retardée de la thèse de l'auteur).
- Deherain P., 1873 - Cours de chimie agricole. 615 pages. Hachette, Paris.
- Deherain P., 1895 - Les engrais, les ferments de la terre. 220 pages. Rueff, Paris.
- Duby G. et Wallon A., 1976 - Histoire de la France rurale. 570 pages. Tome III. Le Seuil, Paris.
- Duhamel du Monceau H.L., 1762 - Eléments d'agriculture. Deux tomes. Paris.
- Dyke G.V., 1991 - John Bennet Lawes, the record of his genius. 481 pages. John Wiley and Son inc. New York.
- Feller Ch. et Boulaine J., 1987 - La réapparition du mot humus au XVIIIème siècle et sa signification agronomique. in Revue Forestière Française, 1987, n°6, pp 487-495. Ed. ENGREF Nancy.
- Gervy R., 1970 - Les phosphates et l'agriculture. Dunod, Paris.
- Grandeau L., 1889 - L'épuisement du sol et les récoltes. 220 pages. Hachette, Paris.
- Lenglen M., 1931-34 - L'emploi des engrais à travers les âges. Chimie et industrie. Texte édité en plusieurs livraisons dans la revue Chimie et Industrie vol. 26, n°2, août 1931 à vol. 32, n°2, mai 1934.
- Lenglen M., 1937 - J.B. Boussingault à la société d'agriculture, à la commission d'enquête sur les engrais. 185 pages. Imp. Administrative. Beauvais.
- Lewicki W., 1991 - Berzelius und Liebig : ihre brief 1831-1845. 277 pages. Jürgen Crom, Göttingen.
- Libieg J., 1840 - Traité de chimie organique. Tome I. Fortin et Masson, Paris.
- Libieg J., 1841 - Chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture. 544 pages. Traduit de l'allemand par Ch. Gerhardt ; librairie de Fortin, Masson, Paris.
- Liger, 1775 - La maison rustique, éd. en deux tomes. Humblot, Paris.
- Lucas J.H., 1938 - Rapport économique sur les engrais. Chimie et industrie. pp. 105E à 114E. Paris.
- Muntz A. et Girard A. Ch., 1889 - Les engrais. T. II. 603 pages. Rueff et Cie, Paris
- Palissy B., Œuvres complètes éditées en 1844. Paris.
- Passy L., 1913 - Histoire de la Société d'Agriculture de France, T. II (inédit : manuscrit de l'Académie d'Agriculture de France). Paris.
- Sanfourche A., 1946 - Les engrais phosphatés. Dunod, Paris.
- Scoraille G., 1986 - La fertilité d'hier à aujourd'hui. in Culture technique n°16, pp. 79-85, juil. 1986. Éditions du CRCT, Paris.