UNIVERSITÉS FRANCOPHONES

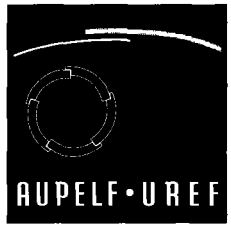
AGRONOMIE MODERNE

Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale

Ouvrage collectif
Coordinateurs :
Tayeb Ameziane El Hassani - Étienne Persoons

HATIER – AUPELF • UREF

UNIVERSITÉS FRANCOPHONES



AGRONOMIE MODERNE

Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale

Ouvrage collectif

Coordinateurs :

Tayeb Ameziane El Hassani - Étienne Persoons

HATIER - AUPELF • UREF

Coordination éditoriale : Claire-Marie La Sade
Mise en page : Véronique Chabert d'Hières

© HATIER 1994
ISBN : 2-218-**6815**-X
ISSN : 0993-3948

Diffusion ELLIPSES ou EDICEF selon pays

La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 1 et 3 de l'article 41, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part, et, d'autre part, que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration".
Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

AVANT-PROPOS

La diffusion de l'information scientifique et technique est un facteur essentiel du développement. Aussi dès 1988, l'Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF-UREF), mandatée par les Sommets francophones pour produire et diffuser revues et livres scientifiques, a crée la collection **Universités francophones**.

Lieu d'expression de la communauté scientifique de langue française, **Universités francophones** vise à instaurer une collaboration entre enseignants et chercheurs francophones en publiant des ouvrages, coédités avec des éditeurs francophones, et largement diffusés dans les pays du Sud, grâce à une politique tarifaire préférentielle.

Quatre séries composent la collection :

• Les manuels : cette série didactique est le cœur de la collection. Elle s'adresse à un public de deuxième et troisième cycles universitaires et vise à constituer une bibliothèque de référence couvrant les principales disciplines enseignées à l'université.

• Sciences en marche : cette série se compose de monographies qui font la synthèse des travaux de recherche en cours.

• Actualité scientifique : dans cette série sont publiés les actes de colloques organisés par les réseaux thématiques de recherche de l'UREF.

• Prospectives francophones : s'inscrivent dans cette série des ouvrages de réflexion donnant l'éclairage de la Francophonie sur les grandes questions contemporaines.

Lors des journées agronomiques tenues à Laval en 1992, la Conférence internationale des directeurs et doyens des établissements d'enseignement supérieur d'expression française des sciences de l'agriculture et de l'alimentation (CIDEFA), réseau institutionnel de l'AUPELF-UREF, a inscrit parmi ses priorités la formation des ressources humaines en agriculture et en agro-alimentaire. C'est dans cet esprit que la collection Universités fracophones a publié ***Initiation à l'économie agro-alimentaire*** et fait paraître aujourd'hui ***Agronomie moderne, bases physiologiques et agronomiques de la production végétale***.

Notre collection, en proposant une approche plurielle et singulière de la science, adaptée aux réalités multiples de la Francophonie, contribue efficacement à promouvoir la recherche dans l'espace francophone et le plurilinguisme dans la recherche internationale.

Professeur Michel Guillou
Directeur général de l'AUPELF
Recteur de l'UREF

SOMMAIRE

Avant-propos **3**
M. Guillou (AUPELF-UREF, Paris, France)

Remerciements **6**
T. Ameziane El Hassani (IAV Hassan II, Rabat, Maroc)
E. Persoons (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)

Présentation

Histoire sommaire de l'agronomie et présentation de l'ouvrage **7**
A. Conesa (Agropolis, Montpellier, France)
M. Sedrati (IAV Hassan II, Rabat, Maroc)

Partie I Introduction

Chapitre 1 **Agronomie, agriculture et développement** **13**
J. Boulaine (INA-PG, Paris, France)

Partie II Environnement des plantes cultivées

Chapitre 2 **Les rayonnements solaires et le fonctionnement du couvert végétal** **25**
R. Bonhomme (INRA, Grignon, France)

Chapitre 3 **Échanges d'énergie, de chaleur et de masse dans un couvert végétal** **49**
R. Bonhomme (INRA, Grignon, France)

Chapitre 4 **Estimation de l'évapotranspiration à partir du flux de chaleur latente** **67**
L.W. De Backer (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)
J. Van Berwaer (Fondation luxembourgeoise, Belgique)

Chapitre 5 **Biologie du sol et cycles biogéochimiques** **85**
C.N. Chiang (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)
B. Soudi (IAV Hassan II, Rabat, Maroc)

Partie III Bases physiologiques de l'élaboration du rendement

Chapitre 6 **Croissance et développement** **119**
T. Ameziane El Hassani (IAV Hassan II, Rabat, Maroc)

Chapitre 7 **Photosynthèse et photorespiration** **153**
S. Mauro, J.F. Ledent, M.F. Scharll et R. Lannoye
(ULB, Bruxelles, et UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)

Chapitre 8 **Respiration et autres catabolismes** **193**
P. du Jardin (FSAGx, Gembloux, Belgique)

Chapitre 9 **Translocation et relations source-puits** **213**
D. Michaud et S. Yelle (FSAA, Laval, Québec, Canada)

Chapitre 10 **Relations hydriques sol-plante-atmosphère** **239**
M. Badji, J. Feyen (KUL, Louvain, Belgique)

Chapitre 11 **Nutrition minérale des plantes cultivées** **269**
J. Lambert (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)
N. Tremblay (Agriculture Canada)
Ch. Hamel (IRBV, Montréal, Canada)

Chapitre 12 **Fixation biologique de l'azote** **293**
M. Ismaili (Faculté des sciences, Meknès, Maroc)

Partie IV Bases agronomiques de la production végétale

Chapitre 13 **Création variétale et choix du génotype** **311**
J. Bouharmont (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)

Chapitre 14 **Le travail du sol** **339**
A. Berrada, M. Gandah (INRAN, Niger)

Chapitre 15 **Irrigation et ressources en eau** **361**
E. Persoons (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)

Chapitre 16 **La fertilisation minérale et organique** **377**
A. Falisse (FSAGx, Gembloux, Belgique)
J. Lambert (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)

Chapitre 17 **La protection des cultures** **399**
J. Semal et P. Lepoivre (FSAGx, Gembloux, Belgique)
M. Besri (IAV Hassan II, Rabat, Maroc)

Chapitre 18 **Le contrôle des mauvaises herbes** **427**
A. Peeters (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)
J.F. Salembier (CRA, Gembloux, Belgique)

Chapitre 19 **La conservation des céréales** **465**
E.H. Bartali (IAV Hassan II, Rabat, Maroc),
E. Persoons (UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique)
Ch. Verstraeten (CRA, Gembloux, Belgique)

Chapitre 20 **Les systèmes de culture** **487**
P. Bergeret, J. Deniaud, G. Ducret, J.L. Schafer
(Centre universitaire de Dschang, Cameroun)

Partie V Tendances actuelles et persepectives de l'agriculture

Chapitre 21 **Agriculture et environnement** **519**
J. Semal (FSAGx, Gembloux, Belgique)

Chapitre 22 **Biotechnologies et agriculture** **527**
A. Sasson (UNESCO, Paris, France)

Conclusion générale **543**
T. Ameziane El Hassani (IAV Hassan II, Rabat, Maroc)

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage est une œuvre collective destinée à l'enseignement agronomique dans les grandes écoles, instituts supérieurs et facultés des sciences agronomiques et de l'alimentation dans les pays francophones. Les auteurs d'***Agronomie moderne*** appartiennent à des structures d'enseignement et de recherche ; en Belgique : Université catholique de Louvain (avec ses deux centres), Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, Centre de recherche agronomique de Gembloux, Université libre de Bruxelles ; au Canada : Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval, Institut de recherche en biologie végétale de Montréal, Agriculture Canada ; au Cameroun : Centre universitaire de Dschang ; en France : Institut national agronomique Paris-Grignon, Institut national de recherche agronomique ; au Maroc : Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Faculté des sciences de Meknès ; au Niger : Institut national de recherche agronomique de Niamey ; ainsi qu'à une organisation nationale (Fondation luxembourgeoise, Belgique) et à un organisme international (Unesco, Paris).

Les coordinateurs de l'ouvrage, professeurs T. Ameziane et E. Persoons, voudraient vivement remercier l'ensemble de leurs collègues pour les efforts louables qu'ils ont consentis à cette tâche importante, pour la qualité des textes qu'ils ont rédigés et l'intérêt des illustrations qu'ils ont proposées. Ils ont su, sans vulgarisation extrême, simplifier la présentation de concepts et de mécanismes fort complexes et communiquer les bases de raisonnement, qui sont nécessaires aux futurs ingénieurs agronomes. L'élaboration d'un ouvrage collectif est toujours délicate dans la mesure où il faut concilier les manières différentes de traiter les thèmes proposés aux auteurs, sans perdre de vue la cohérence de l'ensemble de l'ouvrage. Les coordinateurs ont accompli cette tâche avec un réel plaisir et espèrent qu'ils n'ont pas trop trahi les versions originales de certains chapitres où des changements se sont avérés nécessaires.

Au moment de l'initiation de l'ouvrage et au cours du suivi de sa réalisation, les coordinateurs se sont faits aider par leurs collègues les professeurs P. André, M. Carel, F. Devillez et S. Ouattar. Qu'ils soient remerciés de leurs efforts. Les professeurs Alfred Conesa et M'Hamed Sedrati sont également vivement remerciés d'avoir aimablement accepté de faire la présentation synthétique de l'ouvrage, tout en le plaçant dans un contexte historique.

Lorsque le nombre de chapitres est élevé comme dans le cas présent, un travail considérable de suivi, de coordination et d'édition est requis avant la phase finale de publication. ***Agronomie moderne*** n'aurait pas vu le jour dans des délais de production aussi courts depuis la remise du manuscrit sans la compétence et la disponibilité de l'équipe éditoriale de Hatier.

Si ce manuel permet de contribuer à la formation des étudiants et futurs ingénieurs agronomes de l'espace francophone, l'équipe ayant concouru à sa publication aura largement atteint son objectif.

PRÉSENTATION

HISTOIRE SOMMAIRE DE L'AGRONOMIE ET PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

Alfred Conesa[1] et M'Hamed Sedrati[2]

1. Président d'Agropolis, Montpellier, France
2. Directeur de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
Président de la Cidefa

HISTOIRE SOMMAIRE DE L'AGRONOMIE ET PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

Depuis l'époque où les bases scientifiques manquaient à la pratique agricole jusqu'à nos jours où l'agriculture met à contribution l'analyse précise des phénomènes biologiques et de leurs interactions avec les facteurs techniques et les conditions de milieu, la pensée agronomique est passée par quatre étapes très contrastées sur le plan épistémologique :

- l'époque de l'encyclopédisme empirique depuis l'Antiquité jusqu'au X^e siècle,
- l'époque de l'empirisme raisonné, qui va jusqu'au XVI^e siècle,
- l'époque des études analytiques et expérimentales, marquée par la "parcellisation" du savoir agronomique, et qui va jusqu'au XIX^e siècle,
- l'époque moderne qui se caractérise par une rupture radicale avec les périodes précédentes à travers un effort de synthèse et de réflexion méthodologique ; et l'émergence d'une théorie agronomique ayant son propre objet d'étude, le champ cultivé, et ses propres méthodes d'investigation : l'expérimentation, l'enquête culturale et la modélisation.

Les deux premières phases sont marquées par des noms célèbres tels que Xénophon pour l'agriculture de la Grèce ancienne, Columelle pour l'agriculture de l'époque romaine, l'agronome arabe Ibn Al Awam pour la tradition agricole andalouse avec son traité rédigé avant 1145, le fameux *Livre de l'Agriculture* dont l'agronome espagnol Alonso de Herrera s'est largement inspiré pour rédiger son *Agricultura General* en 1515. Deux autres événements ont marqué cette période d'empirisme raisonné : la publication en France de l'encyclopédie agricole *La Maison Rustique* en 1564 et du célèbre ouvrage *Théâtre d'agriculture et mesnage des champs* d'Olivier de Serres en 1600.

L'époque "analytique" doit son essor, entre autres, aux travaux de Lavoisier (1792), de Saussure (1804) et de Liebig (1840) dans le domaine de la nutrition minérale des plantes et de la photosynthèse. C'est ainsi que des progrès remarquables ont été réalisés dès le début du XVIII^e siècle en Allemagne, en Belgique, en France, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas.

C'est à partir des années 50 que les fameux travaux des chercheurs anglais de Rothamsted et français de Grignon ont permis à l'agronomie de s'ériger en discipline scientifique, au sens où nous l'entendons aujourd'hui. Grâce à l'effort de synthèse et de réflexion sur les tâches de l'agronome mené, notamment en France, par Henin et Sebillotte, le champ d'investigation de l'agronomie est maintenant bien défini, les concepts sont forgés et les méthodes d'étude clarifiées. Actuellement, de nombreuses équipes d'agronomes, enseignants et chercheurs se sont constituées au sein des institutions francophones d'enseignement supérieur et de recherche agronomique, tant dans les pays du Nord que du Sud.

En 1968, Henin et Sebillotte écrivaient dans *Encyclopedia Universalis* : "On verra problement dans l'avenir les agronomes se diviser en deux groupes, ceux qui abordent les problèmes fondamentaux grâce à une spécialisation toujours plus poussée, et ceux qui les appréhendent d'une manière globale qui, seule, permettra de rendre compte des multiples conséquences d'une décision de l'agriculteur."

Le présent ouvrage que nous avons le plaisir de présenter a pour souci majeur de montrer que les deux approches sont nécessaires pour outiller l'agronome d'une théorie opératoire lui permettant à la fois de comprendre les mécanismes fondamentaux de l'élaboration du rendement des plantes cultivées, et sur cette base, d'agir sur le système sol-plante-climat en utilisant des techniques appropriées pour le modifier dans le sens de l'obtention d'un objectif de production donné.

Pour tenir compte des nouvelles exigences en matière de gestion des ressources naturelles, les modifications du milieu devraient se faire en préservant la qualité de l'environnement, et en mettant à contribution l'apport des nouvelles biotechnologies pour le développement agricole.

Cette préoccupation n'a pas échappé à la conception générale de l'ouvrage, dont l'articulation entre les cinq parties complémentaires suit la séquence logique suivante :

• Dans une première partie introductive, traitée par un professeur français bien connu, l'agronomie est présentée en tant que théorie du champ cultivé, dont les concepts et les méthodes sont nécessaires à la compréhension des techniques agricoles et à leur mise en œuvre. Le lien y est également fait entre l'agriculture, le développement économique et la protection de l'environnement. La nécessité de former des agronomes capables de maîtriser les techniques et d'agir dans le sens d'une agriculture durable termine le chapitre premier.

• La deuxième partie correspond aux quatre chapitres suivants et concerne l'étude de l'environnement des plantes cultivées dans ses relations avec le fonctionnement du couvert végétal. Des spécialistes confirmés de France, de Belgique et du Maroc y traitent successivement des rayonnements solaires et des échanges d'énergie, de chaleur et de masse dans un couvert ; de l'estimation de l'évapotranspiration potentielle et de la compréhension de la biologie du sol et des cycles biogéochimiques, en développant les concepts actuels de la recherche en la matière. Les conséquences de l'utilisation non raisonnée de certains facteurs de production, plus particulièrement la pollution des nappes souterraines et l'eutrophisation des eaux, y sont également abordées.

• Les bases physiologiques de l'élaboration du rendement des végétaux cultivés font l'objet de la troisième partie de l'ouvrage. Sept chapitres, rédigés par des professeurs et des chercheurs de Belgique, du Canada et du Maroc, traitent de la croissance et du développement des plantes en faisant référence aux mécanismes fondamentaux qui sous-tendent les processus mis en jeu : photosynthèse et photorespiration, respiration et autres catabolismes, translocation et relations source-puits, relations hydriques au sein du système sol-plante-atmosphère et nutrition minérale des plantes. L'analyse quantitative de certains processus est considérée à la lumière des connaissances actuelles en la matière, y compris l'apport de la modélisation. Cette partie physiologique serait incomplète si elle ne traitait pas de la fixation biologique de l'azote, un chapitre entier lui est donc consacré.

• Les bases agronomiques pour raisonner la conduite technique des cultures sont présentées dans la quatrième partie de l'ouvrage, qui est composée de huit chapitres rédigés par des scientifiques et spécialistes de Belgique, du Cameroun, du Maroc et du Niger. Les sept premiers chapitres de cette partie traitent de l'itinéraire technique d'une culture pris dans son ensemble, depuis le choix de la variété jusqu'à la récolte finale. Les auteurs considèrent successivement la création variétale et l'amélioration du génotype, le travail du sol et l'installation des cultures, les besoins en eau et l'irrigation, les besoins en éléments minéraux et la fertilisation minérale et organique, la protection des cultures contre les maladies et ravageurs, le contrôle des mauvaises herbes, et la conservation des produits récoltés en prenant les céréales comme étude de cas.

Le caractère synthétique de l'agronomie est matérialisé dans le chapitre "Les systèmes de culture" qui termine cette partie et où, partant d'exemples concrets, les auteurs font ressortir les deux idées clefs suivantes concernant un thème central de l'agronomie :

1° Le système de culture, production de la théorie agronomique.

2° Le système de culture, résultat des décisions prises à différents niveaux d'organisation de l'exploitation agricole.

Le premier volet de cette réflexion a trait à la présentation des concepts fondamentaux régissant les règles dans la succession des cultures qui visent à maintenir un état moyen du sol et à éviter la dégradation du milieu. C'est ainsi que les concepts d'effet précédent, d'effet cumulatif et d'effet suivant sont définis, pour présenter ensuite le concept d'itinéraire technique, basé sur les règles de liaison entre les opérations techniques pour une même culture. Grâce à leur pouvoir analytique, ces concepts sont utiles pour :

– faire un diagnostic de situations culturales et porter un jugement technique sur la manière de cultiver ;

– proposer des alternatives de conduite des cultures.

Le deuxième volet montre la liaison qui existe entre le système de culture, le système de production et le système agraire ainsi que l'articulation des décisions prises à ces différents niveaux concernant le fonctionnement de l'exploitation agricole. Le chapitre se termine par une discussion des critères d'évaluation de l'efficience des systèmes de culture, et propose une démarche générale d'analyse de ces systèmes.

• La cinquième et dernière partie est consacrée aux tendances actuelles et à l'évolution future de l'agriculture, avec deux chapitres rédigés par des spécialistes de Belgique et du Maroc. Le premier propose une philosophie binomiale "Agricultures - Environnements" en considérant séparément le cas des pays en développement et celui des pays industrialisés, étant donné que les problèmes de développement agricole et leurs conséquences sur l'environnement se posent en des termes différents selon ces pays. Le second chapitre considère l'apport des biotechnologies à la recherche agronomique et au développement de l'agriculture en analysant le rôle de l'ingénierie génétique et les résultats prometteurs pour certaines plantes cultivées.

La majorité des 22 chapitres qui composent les 5 parties de l'ouvrage sont abondamment illustrés par des schémas et figures, et appuyés par des analyses quantitatives permettant de faciliter la compréhension générale du texte par des étudiants

de 2e cycle universitaire et du cycle d'agronomie générale des facultés, des grandes écoles et des instituts d'enseignement supérieur agronomique. Chaque chapitre est également enrichi par une bibliographie sélective comprenant des références classiques et récentes, permettant au lecteur l'acquisition de plus amples connaissances sur le sujet traité. La spécialisation de certains textes rend les chapitres correspondants aussi utiles aux étudiants avancés de 3e cycle qu'aux enseignants-chercheurs, aux agronomes praticiens, aux physiologistes et aux améliorateurs des plantes soucieux de suivre l'évolution de l'agronomie moderne.

Il s'agit là d'une référence nouvelle qui tient compte des progrès récents de la bioclimatologie, de la physiologie végétale, de l'agronomie et de la biotechnologie. La parution de cet ouvrage permettra certainement de renforcer la bibliothèque agronomique de l'espace francophone.

BIBLIOGRAPHIE

Académie d'agriculture de France (1990), *Deux siècles de progrès pour l'agriculture et l'alimentation* : 1789-1989, 45 articles de 54 auteurs, Lavoisier, Paris, 480 p.

Bolens L. (1974), *Les Méthodes culturales au Moyen Age d'après les traités d'agronomie andalous : traditions et techniques*, Médecine et Hygiène, Genève.

Bolens L. (1981), *Agronomes andalous du Moyen Age*, Droz, Genève, Paris, 305 p.

Boulaine J. (1992), *Histoire de l'agronomie*, Lavoisier, Paris, 392 p.

Ibn Al Awan M. (1145), *Kitab Al-Filaha* (Le livre de l'agriculture), tome 1 : *Agriculture générale*, 657 p. ; tome 2 : 1re partie, "Agriculture spéciale", 460 p., 2e partie, "Élevage", 293 p., traduit de l'arabe par J.-J. Clément-Mullet (1977), 2e édition pour les éditions Bouslama, Tunis.

PARTIE I : INTRODUCTION

Chapitre 1

AGRONOMIE, AGRICULTURE ET DÉVELOPPEMENT

Jean Boulaine

Professeur émérite
Institut national agronomique Paris-Grignon, France

Sommaire

1. Les progrès agricoles dans le passé

2. Rôle de l'agriculture dans l'économie moderne
2.1. Fourniture de produits alimentaires
2.2. Fourniture de matières premières et d'énergie
2.3. Contrôle de la pollution
2.4. Agriculture et environnement

3. Problèmes agronomiques et démarche de l'agronome
3.1. Les contraintes agronomiques
3.2. Les contraintes économiques
3.3. Autres contraintes
3.4. Perspectives de l'agriculture

4. Conclusion

Bibliographie

AGRONOMIE, AGRICULTURE ET DÉVELOPPEMENT

L'**agriculture** est "l'ensemble des travaux qui permettent la production des végétaux et des animaux utiles à l'homme" (dictionnaire Robert). La pratique de l'agriculture suppose la transformation du milieu naturel en milieu cultural.

L'**agronomie**, au sens large, est "l'étude scientifique des problèmes physico-chimiques, biologiques et économiques que posent la pratique de l'agriculture" (même source, modifiée). Mais l'agronomie, au sens strict (du grec *agros* : champ cultivé et du grec *nomos* : étude des lois), est "l'étude des relations entre un couvert végétal cultivé et les conditions de son environnement résultant des états du milieu physique (sol, climat) et biologique (flore, faune, parasites) transformées par les techniques en vue d'établir les lois de fonctionnement de ce couvert" (Jouve, 1993).

Le **développement** est la formation d'organes nouveaux dans un organisme. En matière agricole c'est l'ensemble des processus qui permettent, en transformant les techniques et les méthodes agronomiques, l'augmentation de la production agricole et la stabilité du monde rural.

On apelle **croissance** l'augmentation progressive des principaux paramètres d'une agriculture tels que : surface cultivée, volume de la production, rendement économique, etc.

Dans la plupart des régions agricoles, des **systèmes de culture**, ensembles cohérents de techniques agricoles plus ou moins complémentaires, ont été mis en place au cours d'une histoire de plusieurs millénaires. L'introduction de certains progrès, en particulier au cours des deux derniers siècles, permet presque toujours une certaine *croissance* de ces agricultures traditionnelles. Mais, le plus souvent, les limites de cette croissance sont atteintes et l'augmentation très rapide des populations qui est le caractère majeur de la fin du XX^{e} siècle, rend indispensable des transformations profondes, donc le développement de ces agricultures.

1. LES PROGRÈS AGRICOLES DANS LE PASSÉ

L'agriculture est apparue, il y a dix mille ans environ dans le nord de la Syrie, dans ce que l'on appelle le "croissant fertile" entre le plateau turc et le nord de l'Irak. D'autres foyers de civilisations agricoles se sont aussi développés, peut-être de façon autonome, en Inde, au Mexique et au Pérou.

Le discours qui transmet les connaissances acquises, objet des sciences agronomiques, a d'abord été oral et aucune trace n'est parvenue jusqu'à nous, si ce n'est quelques dessins souvent incompréhensibles.

C'est avec l'écriture que commence l'histoire de l'agronomie. Elle est très différente suivant les pays, suivant les cultures et les civilisations et personne encore n'a pu rédiger l'histoire de l'agriculture mondiale. Mais on trouve des caractères assez constants dans la suite des développements de l'emprise et de l'utilisation du milieu rural par l'homme.

L'élevage a presque toujours précédé la culture du sol ; celle-ci a commençé par les terres les plus faciles à mettre en culture : les terres légères riches en sables et en matière organique où l'incendie permet la destruction de la végétation après une saison sèche. Les premiers outils ont été le bâton à fouir, le croc à deux ou trois pointes qui se transforme en roue et en bêche. La charrue simple ou araire, puis la charrue à roue, d'abord en bois puis en métal permettent, avec la traction animale, la mise en culture de terres plus tenaces et plus riches en argile.

Les végétaux cultivés, réduits à quelques céréales (blé, orge, millet, etc.) et à quelques légumineuses comestibles (fève, pois-chiche) sont de plus en plus nombreux au fur et à mesure que l'agriculture se développe. L'amélioration des communications amène des cultures nouvelles venues d'Asie (riz, coton, aubergine, canne à sucre) et surtout d'Amérique (pomme de terre, maïs, tabac, tomate, légumes variés, etc.). La période moderne, depuis le début du XX^{e} siècle pour simplifier, augmente par la sélection la surface des zones de chaque culture.

Depuis plus d'un demi-siècle, le commerce international spécialise certaines régions et diffuse des techniques chimiques comme les engrais, les produits phytosanitaires, ou mécaniques comme les tracteurs ou les machines de récolte qui ont des effets importants sur la production agricole et sur les travaux des champs.

Suivant les régions l'état actuel des agricultures est arrivé à des stades très différents. Le développement a justement pour objet de les amener à des stades plus perfectionnés, en tous cas plus en accord avec les besoins des populations et avec la nécessité absolue de conserver ou même d'améliorer le potentiel de production et les équilibres avec les zones périphériques.

Cela est souvent possible quand les conditions naturelles n'opposent pas des limites infranchissables à l'augmentation de la production. Or *il y a des limites* à la production végétale. Il faut par exemple quatre à cinq cent grammes d'eau pour faire un gramme de matière sèche. La pluie est donc une limite infranchissable sauf à améliorer le rendement des plantes en matière d'utilisation de l'eau. Une autre limite est l'énergie lumineuse : le rendement maximal est en général moins du double du rendement de très bonnes cultures actuelles. La température est elle aussi une limite ; en dessous de six degrés bien peu de plantes ont une croissance utile.

Toute étude de développement doit donc commencer par l'appréciation de la distance entre l'état actuel et les possiblités potentielles du milieu. Si la différence est grande, il doit y avoir des possibilités de développement relativement économiques. Si la différence est faible, ces possibilités deviennent difficiles à obtenir et chères sur le plan économique.

Un exemple classique de développement historique est celui de la Mitidja, plaine située au sud du littoral algérien. Un léger drainage de surface a donné des prairies de fauche ; le drainage amélioré par fossés a permis ensuite la culture des céréales qui a été relayée par la vigne, quand un réseau de canaux et un tunnel ont abaissé le niveau de la nappe. L'emploi de pompes a permis d'irriguer alors des vergers

d'agrumes et des cultures maraîchères et florales. En un siècle les différents stades de développement possibles ont été parcourus. Des serres et des cultures sous tunnel permettaient, en 1960, des rendements sans commune mesure avec ceux du début du XIVe siècle. On pourrait faire des analyses semblables avec les cultures de tomates de l'Oulja au sud de Casablanca ou de fraises au nord du Rharb au Maroc ou encore avec les vergers du Bas-Rhône ou les périmètres irrigables du Mezzogiorno au sud de l'Italie.

2. RÔLE DE L'AGRICULTURE DANS L'ÉCONOMIE MODERNE

Les États du monde actuel ont des économies de types variés, mais tous ont intérêt à nourrir leur population. Ceux dont les activités commerciales, industrielles ou de service sont de loin majoritaires, comme par exemple le Japon, maintiennent une agriculture efficace qui économise des devises et qui reste une assurance de nourriture et de survie en cas de crise grave. Le Royaume-Uni en a fait l'expérience de 1939 à 1945.

A côté de la fourniture de produits alimentaires auxquels s'ajoutent presque toujours celle de produits industriels et énergétiques, l'agriculture a pris conscience qu'elle jouait un rôle qui passait relativement inaperçu jusqu'à ces dernières années, celui qui consiste à contrôler la pollution et à préserver et maintenir un environnement acceptable pour la société des hommes dont une grande majorité vit désormais dans les villes.

2.1. Fourniture de produits alimentaires

Les pays industrialisés conservent donc une certaine sécurité d'approvisionnement pour la population. A l'extrême, des États dont la production pétrolière suffit à assurer une économie florissante font de grands efforts pour développer une agriculture productrice afin d'assurer leur avenir.

A l'opposé, il reste encore bien des États dont la plus grande partie des ressources économiques ne peuvent provenir que de la prospérité de leur agriculture. La Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas furent dans ce cas-là au début du siècle et ont pu s'industrialiser grâce à leurs ressources agricoles. L'Argentine, l'Uruguay, la Côte-d'Ivoire sont de grandes puissances agricoles qui sont encore sous-industrialisées. En Afrique, en Amérique du Sud, on trouve de nombreux pays dont l'agriculture est la seule ressource, même si parfois des ressources minières à faible valeur d'exportation la complètent un peu.

Entre les deux cas extrêmes que nous avons évoqués, il existe des États, c'est le cas le plus général, dans lesquels l'agriculture suffit, au moins pour certains produits, à faire face aux besoins de la population en ravitaillement. C'est alors l'industrie et les activités secondaires ou tertiaires qui assurent le complément. Toute augmentation de la production agricole est alors bienvenue car elle soulage d'autant les achats extérieurs.

Il existe enfin des systèmes économiques dont le surplus de production agricole permet des investissements et des achats à l'étranger : la France et plus encore les

États-Unis d'Amérique sont dans ce cas. Malgré leur puissance industrielle et les bénéfices de leurs activités tertiaires, ces pays équilibrent leurs achats de matières premières ou d'énergie par la vente de leurs surplus agricoles et peuvent ainsi maintenir un niveau de vie élevé à leur population.

La déficience de l'agriculture peut devenir dramatique. A l'époque où l'Europe connaissait le développement étonnant du Moyen Âge, l'empire des Mayas, au Mexique, dans la presqu'île du Yucatan s'est effondré et a complètement disparu. Il reste, dans la jungle tropicale actuelle, des villes en ruine, avec des palais, des temples dont seules la grandeur et la beauté rappellent l'efficacité d'une civilisation qui après plusieurs siècles d'exploitation intensive des sols n'a pas réussi à maintenir une agriculture efficace. Plus récemment, le démantèlement de l'URSS tient en grande partie au fait que les espérances de développement que les agronomes russes pouvaient légitimement projeter au vu des résultats du début du siècle, ont avorté par suite de méthodes inadéquates.

Les conséquences politiques et culturelles d'un bon développement de l'agriculture et de sa cohérence avec les autres activités du pays, sont évidentes dans le domaine de l'indépendance nationale, ou de l'influence extérieure. On a pu dire que la production agricole était du "pétrole vert" pour indiquer que la dépendance de certains États envers les producteurs de pétrole était équilibrée par l'exportation de produits alimentaires par les pays à forte production agricole.

2.2. Fourniture de matières premières et d'énergie

C'est une fonction économique de l'agriculture qui a eu beaucoup d'importance jusqu'au début de ce siècle dans les pays développés. La laine et le coton pour les vêtements et les textiles, la soie pour les teintures et les habits de luxe, la corne et les os pour une foule de petits objets, le bois pour la construction et le chauffage, le fourrage et les grains pour nourrir les bêtes de somme et les animaux de traction – formes rustiques de l'énergie – étaient des produits agricoles. Peu à peu des produits industriels ou miniers les ont remplacés. L'énergie provient maintenant en grande partie du charbon, de l'électricité, des hydrocarbures et des chutes d'eau, libérant ainsi l'agriculture d'une charge considérable.

Si bien des pays ont pu voir leur population augmenter, c'est que le remplacement ainsi effectué a libéré d'énormes surfaces cultivées qui ont pu être consacrées à des cultures vivrières. Par ailleurs, le développement de la chimie a eu pour conséquence la production de textiles artificiels, de matières plastiques, de produits pharmaceutiques ou de droguerie qui se sont substitués à autant de produits agricoles. L'industrie moderne a donc concurrencé l'agriculture, mais elle a permis, en même temps, de consacrer ses forces productives à la fourniture d'aliments pour les populations.

On voit cependant se dessiner un mouvement contraire. La société moderne a de plus en plus besoin de bois pour la pâte à papier, on envisage de plus en plus sérieusement de fabriquer des carburants liquides à partir de produits agricoles pour remplacer un pétrole de plus en plus cher et de plus en plus rare. Et les biotechnologies permettent de créer des organismes nouveaux qui sont capables de produire directement des produits chimiques mais avec des procédés qui sont encore pour l'instant trop chers et trop longs.

2.3. Le contrôle de la pollution

L'agriculture est une activité polluante sous certains aspects, et capable de résorber la pollution sous d'autres. Pendant très longtemps, pratiquement jusqu'au début de ce siècle, les déchets de l'activité humaine étaient surtout organiques (fumiers, gadoues) et ils étaient utilisés comme engrais, le sol les récupérant en restituant aux végétaux les éléments nutritifs.

Depuis quelques décennies, la nature des déchets, ou même des produits utilisés par l'agriculture, a changé profondément. Par exemple les engrais azotés risquent de passer dans les eaux des nappes phréatiques tandis que l'utilisation des déchets industriels et urbains "fournit" aux sols, à côté de substances organiques dégradables, de nombreux produits (verres, métaux, plastiques, etc.) dont certains peuvent être toxiques ou simplement dangereux pour les agriculteurs et leurs animaux.

Il y a donc pour les agronomes une action à mener pour diminuer la pollution agraire, pour augmenter et améliorer l'action épuratrice des sols et aussi pour protéger ceux-ci contre des apports qui, cumulés dans le temps, peuvent devenir nocifs. On en verra des exemples dans la suite de cet ouvrage.

Le grand problème est d'ordre économique car l'épuration des résidus urbains coûte cher ; il en est de même pour le contrôle de la pollution par certains engrais. Il faut donc s'efforcer de trouver des procédés abordables pour ces opérations. La contribution de la société et des utilisateurs des produits en question est naturellement souhaitable.

2.4. Agriculture et environnement

L'activité agricole passée et présente modèle les paysages ruraux. En dehors des villes, les lieux de loisir prennent place dans des sites dont les traits sont essentiellement dus à l'agriculture : les structures agraires, les bois, les haies, les canaux et les fossés, les routes et les constructions agricoles constituent les éléments fréquents et permanents des paysages. Les couleurs changent avec les saisons, et les éléments observés, plantes, animaux, activités agraires, animent aussi ces paysages.

L'homme moderne, et surtout celui des villes, a besoin de trouver, en dehors de son cadre habituel de vie, une nature qui lui rappelle ses traditions, ses références historiques ou philosophiques et les éléments de sa culture qui sont une "mémoire" des habitudes de ses ancêtres. En outre, il sent plus ou moins confusément que la conservation d'une nature équilibrée et vivante reste une assurance sur l'avenir. De toute évidence, les agronomes et les agriculteurs ont un rôle important à jouer dans la conservation des ressources naturelles et la protection de l'environnement.

3. PROBLÈMES AGRONOMIQUES ET DÉMARCHE DE L'AGRONOME

L'agronomie n'est pas une simple science : c'est un domaine de la connaissance. Au XVIII^{e} siècle on disait "*l'agriculture est le premier de tous les arts*". L'agronome a une démarche éminemment pluridisciplinaire et doit associer dans ses recherches de très nombreuses sciences.

Les agronomes sont d'abord des gestionnaires qui pratiquent et administrent l'agriculture. Puis ce sont des techniciens de la croissance, c'est-à-dire de l'amélioration des techniques classiques, du traitement des problèmes dont les solutions sont connues. Ces tâches sont quotidiennes, classiques et s'apprennent auprès de ceux qui les pratiquent couramment.

Les agronomes doivent connaître les mécanismes de la production agricole dans ses détails, et procéder à la hiérarchisation des facteurs mis en jeu en reconnaissant les facteurs essentiels de ceux qui sont contingents. En effet, si les conclusions de leurs travaux peuvent se résoudre en formules souvent très simples, applicables par le plus grand nombre des agriculteurs, leur élaboration demande un esprit capable de dominer de très nombreuses variables et, la plupart du temps, le concours de toute une équipe. Aussi, les propositions des agronomes doivent intégrer des contraintes agronomiques, économiques et sociales.

3.1. Les contraintes agronomiques

On appelle **contrainte**, "**une entrave à la liberté d'action**". C'est, en agronomie, un facteur de la production qui présente des limites. La plupart des techniques sont possibles uniquement dans un intervalle de variation des facteurs en jeu. Au-delà de ces limites, elles sont inefficaces voire nuisibles. Par exemple la température doit avoir des valeurs qui, pour la plupart des plantes, sont entre 10 et 50 °C avec, pour certaines, des intervalles bien plus resserrés. Le riz a besoin, pour végéter correctement, de 18 °C, et au-delà de 30 °C sa croissance est très ralentie. Il existe au Sahara des nappes profondes dont les eaux, relativement pures, sont trop chaudes à la sortie du forage, et pour les utiliser il faut les refroidir.

Les principales contraintes auxquelles se heurte l'agronome sont les contraintes naturelles, c'est-à-dire celles que la nature fixe et qu'il n'est pas possible d'éviter. Certaines d'entre elles peuvent être corrigées au prix d'investissements qui sont le plus souvent très coûteux.

Les **contraintes climatiques,** comme le froid et la sécheresse, sont les plus importantes. On peut les contourner par le chauffage (serres) ou par l'irrigation. Mais alors qu'il est possible techniquement et économiquement de faire des arrosages de complément quelques jours par an ou de contrecarrrer une gelée par des fumigènes, dès que les périodes où ces techniques deviennent nécessaires s'allongent, le coût des installations restreint le nombre des cultures qui sont économiquement praticables. On réserve ces pratiques aux cultures industrielles, fruitières, maraîchères ou florales.

Le cas de l'irrigation est particulièrement net. Plus le climat est sec plus il faut arroser mais, en même temps, moins les ressources en eau sont grandes et plus leur qualité est mauvaise. Le cas extrême est celui du Sahara central (Tanesrouft) ; il ne pleut pratiquement pas, les seules ressources en eau sont profondes et en outre l'eau est salée. Le vent et la chaleur compliquent encore la production végétale. Le cas le plus favorable dans les déserts chauds et secs est celui d'une vallée dont le fleuve est alimenté par un amont humide, comme les vallées du Nil, de l'Indus ou de l'Euphrate.

Dans les situations moins extrêmes, la solution vient du choix de cultures résistantes aux contraintes. Concernant les contraintes édaphiques (dues aux sols), on en

trouvera une étude détaillée dans J. Boulaine (1980). Les sols trop sableux retiennent mal l'eau, les sols trop argileux sont souvent engorgés. Les sols trop superficiels sont des réservoirs, et d'eau et d'élements nutritifs insuffisants. Mais ces contraintes sont souvent relatives. Par exemple en climat tempéré pratiquement humide en permanence (plateaux du Jura), des sols peu épais peuvent être d'excellentes terres agricoles si leur fumure minérale est bien ajustée. Ces sols n'ont pas besoin de réserves d'eau puisqu'il pleut très souvent.

Le sol intervient par sa fertilité chimique. On en verra les diverses facettes dans la suite de cet ouvrage. Signalons qu'en dehors de problèmes de quantités d'éléments assimilables à la disposition des plantes, les caractéristiques physico-chimiques du sol ont une grande importance. Dans beaucoup de sols tropicaux et équatoriaux, la présence d'aluminium libre, toxique, interdit aux végétaux l'exploration des couches profondes. L'épaisseur utile du sol est réduite à quelques centimètres.

A l'extrême, certains oligo-éléments (*micronutrients*) agissent en très faibles quantités dans un temps de variation limité par la carence et par la toxicité. Des résultats spectaculaires ont été acquis dans le Bas-Rhône Languedoc, après levée des contraintes liées à ces oligo-éléments.

Comme dans les cas précédents, la solution vient souvent du choix de cultures tolérantes. En sols salés, par exemple on fait de l'orge comme céréale, du coton comme culture industrielle, des artichauts comme culture maraîchère.

3.2. Les contraintes économiques

Il est évident pour tous que la production agricole moderne doit aboutir à des prix de vente compatibles avec les prix d'un marché qui devient, chaque jour davantage, international.

Un seul exemple, déjà ancien d'un siècle, illustrera cette évidence. Au début du XVII[e] siècle, Olivier de Serre, le grand agronome français, étudia, expérimenta, décrivit et vulgarisa la culture du mûrier et l'élevage des vers à soie. Cette nouvelle spéculation fut propagée à partir de 1600 et, durant trois siècles, ce système fut pratiqué par de nombreuses régions en France. Les collines qui bordent la vallée du Rhône, les régions du sud de la Loire, le Poitou connurent un développement important, particulièrement après avoir résolu les problèmes sanitaires du ver à soie.

Malgré ces victoires scientifiques et techniques, l'ouverture du canal de Suez et le développement des échanges avec l'Extrême-Orient ont ruiné, en moins d'un demi-siècle, la production française de la soie. L'industrie a survécu mais elle utilise soit des soies d'importation, soit des soies artificielles de synthèse.

3.3. Autres contraintes

Des facteurs sociaux peuvent empêcher certaines spéculations. L'existence de maladies empêchent d'autres activités. On sait que la présence de la mouche tsé-tsé, rend l'élevage aléatoire dans une grande partie du monde équatorial et tropical. Parfois, la découverte d'un procédé sanitaire change les conditions de la culture. Dès1850, par exemple, les agronomes savaient que la Camargue, dans le delta du Rhône, pouvait cultiver 25 000 hectares de riz. Ce ne sera qu'un siècle plus tard,

dans les années 50, que l'invention du DDT et le contrôle des moustiques rendirent possible cette culture.

Des modifications dans les transports ou dans les circuits commerciaux interviennent aussi. Le développement du transport aérien a permis l'exportation des fraises du Maroc ou des fleurs de la Côte d'Azur vers le nord de l'Europe. On pourrait multiplier les exemples. Ils montreraient tous que le développement de l'agriculture n'est pas seulement une affaire d'agronomes techniciens mais qu'il est aussi déterminé par des circonstances extérieures au monde agricole. Nous devons le savoir, élargir notre champ de connaissances et accepter éventuellement l'arbitrage de personnalités non liées directement à l'agronomie, notamment les hommes politiques.

3.4. Perspectives de l'agriculture

Pendant des siècles le déplacement des limites dues aux contraintes a été très difficile. La plupart du temps, les cultivateurs se contentaient de pratiquer des cultures qui s'accommodaient plus ou moins bien de ces contraintes. On remplaçait le blé par l'orge dans les zones sèches ou dans celles où la présence de sels diminuait les rendements du blé. Actuellement encore, cette attitude qui coïncide assez bien avec l'agriculture extensive est parfois justifiée.

Mais les progrès de l'agronomie, les connaissances qui font l'objet de cet ouvrage et qui seront détaillées, expliquées et justifiées dans les chapitres suivants, permettent de libérer l'agriculteur de certaines contraintes ou d'élargir le champ de variations possible des facteurs de sa production.

L'irrigation, permanente ou de complément, rend les problèmes de fourniture d'eau plus faciles à résoudre. Les serres et les tunnels déplacent les limites dues au froid. L'emploi de machines à fort rendement libère le calendrier. Par exemple, en climat humide, l'emploi des rouleaux de fanage a donné une solution au problème du séchage des foins si difficile à réaliser autrefois.

L'emploi des variétés résistantes et le contrôle des mauvaises herbes permettent l'amélioration de la productivité. Enfin les percées récentes dans le domaine des biotechnologies promettent des perspectives intéressantes pour le développement de l'agriculture.

4. CONCLUSION

Depuis plus d'un siècle, des progrès importants dans les différentes sciences agronomiques et dans les techniques qui permettent de mieux les utiliser, ont été faits par les agronomes et sont passés, progressivement, dans les pratiques agricoles. Mais il reste encore bien des connaissances à acquérir et des applications à mettre en œuvre.

L'agriculture fournit les aliments, les matières premières et l'énergie pour l'homme dans la société moderne. La fonction nutritionnelle de l'agriculture est, dans un

pays donné, une composante majeure de la vie économique, un gage de sécurité en cas d'isolement politique, un élément permanent de stabilité sociale, une composante efficace de la balance économique et une condition essentielle de survie.

L'agriculture est une activité polluante sous certains aspects, et capable de résorber la pollution sous d'autres. Les agriculteurs et les agronomes ont un rôle important à jouer dans l'utilisation rationnelle des ressources naturelles et la protection de l'environnement. Les agronomes doivent connaître les mécanismes de la production agricole dans ses détails. L'élaboration de solutions aux problèmes liés au développement de l'agriculture demande un esprit capable de dominer de très nombreuses variables et nécessite, la plupart du temps, une démarche pluridisciplinaire intégrant des contraintes agronomiques, économiques et sociales.

Il est donc utile et nécessaire que chaque pays entretienne des spécialistes capables de détecter les nouveaux problèmes, de posséder les informations et les techniques, de percevoir les événements imprévus et de mettre en œuvre les procédés nouveaux. La prospérité de l'agriculture dépend étroitement de l'existence d'un corps d'agronomes formés, entraînés, en situation d'observer et d'agir pour corriger, maîtriser et améliorer les phénomènes agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

Académie d'agriculture de France (1961), *Les aspects et les étapes de la recherche agronomique en France,* 38 articles de membres de l'Académie, tome 47, Acad. d'Agric., Paris (livret tiré à part de 95 pages).

Académie d'agriculture de France (1990), *Deux siècles de progrès pour l'agriculture et l'alimentation :1789-1989,* 45 articles de 54 auteurs, Lavoisier, Paris, 480 p.

AFAS (1981), "Les bases scientifiques de l'amélioration des ressources alimentaires", 99e congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, Amiens, 1980, 27 articles, *Revue du Palais de la Découverte* n° spécial 21, Paris.

Bolens L. (1974), *Les Méthodes culturales au Moyen Age d'après les traités d'agronomie andalous : traditions et techniques*, Médecine et Hygiène, Genève.

Bolens L. (1981), *Agronomes andalous du Moyen Age*, Droz, Genève, Paris, 305 p.

Boulaine J. (1989), *Histoire des pédologues et de la science des sols,* INRA, Paris, 320 p.

Boulaine J. (1990), *Deux siècles de fertilisation minérale*, Académie d'agriculture de France, Livre du bicentenaire n° 14, Lavoisier, Paris.

Boulaine J. (1991), "La bataille des phosphates au XIXe siècle, une victoire condition de toutes les autres", *Bulletin de l'INRA*, Paris.

Boulaine J. (1992), *Histoire de l'agronomie*, Lavoisier, Paris, 392 p.

Bourdé A. (1962), *Agronomes et agronomie en France au XVIIIe siècle,* trois tomes, PUF, Paris.

Boze E. (1898), *Histoire de la pomme de terre,* Rotschild, Paris, 465 p.

Braudel F. (1967), *Civilisation et Capitalisme*, A. Colin, Paris, 461 p.

Braudel F. (1979), *Les Structures du quotidien ; le possible et l'impossible,* A. Colin, Paris.

Bustaret J. (1954), "Botanique agricole" in *Histoire de la botanique en France*, SDES, Paris, 269-279.

Ca de Mosto (XVe siècle), cité dans *Studi in memoria di Luigui Pave*, publié à Bologne en 1982.

Carrière P. (1980), "Le dessèchement et l'aménagement hydraulique de l'étang de Montady" in *Eaux et aménagement en Languedoc-Roussillon*, Soc. languedocienne de géographie, Montpellier, 199-224.
Candolle A.L.P. de (1883), *Origine des plantes cultivées*, Germer et Baillière, Paris, 377 p.
Cépède M. et Gounelle H. (1970), *La Faim*, coll. "Que sais-je ?" n° 719, PUF, Paris, 128 p.
Cépède M. (1986), "Controverses et avatars historiques" in *Annales d'histoire des enseignements agricoles*, n°1, INRA, Dijon, 15-22.
Davy de Virville (1954), *Histoire de la botanique en France*, SEDES, Paris, 389 p.
Duby G. et Wallon A. (1975), *Histoire de la France rurale,* 4 tomes, Seuil, Paris.
Gromas R. (1947), *Histoire agricole de la France, des origines à 1939,* Chaptal, Mende, 304 p.
INRA (1986), *40 ans de recherches agronomiques,* INRA, Paris,166 p.
Jouve P. (1993), *Adaptation des systèmes de production à l'aridité au Maroc et au Sahel*, vol. 2 : *Publications et travaux*, thèse de doctorat, université Montpellier III, p. 4.
Klatzmann J. (1972), *La Politique agricole : idées fausses et illusions,* PUF, Paris, 224 p.
Klatzmann J. (1975), *Nourrir dix millions d'hommes ?,* PUF, Paris, 268 p.
Kuhn T.S. (1983), *La Structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, Paris, 286 p.
Lhoste et Grison (1989), *La Phytopharmacie française,* INRA, Paris, 279 p.
Lutard E. et Theret M. (1957), *200 ans de révolution dans l'élevage*, Chambres d'agriculture n° 125-126, 28e année, Paris, 44 p.
Moule C. (1972), *Plantes sarclées et diverses*, La Maison rustique, 252 p.
Prat H. (1949), *L'Homme et le sol*, Gallimard, Paris, 243 p.
Savoy E. (ed) (1952), *L'Agriculture à travers les âges*, 4 tomes : t. I. : *Les origines* par E. Savoy, t. II : *Le Moyen Age* par Legrand, t. III : *XVIIe et XVIIIe siècles* par E. Soreau, t. IV : *Époque industrielle* par H. Noilhan, éd. de Boccard, Paris.
Sebillotte M. (1974), "Agronomie et Agriculture, Essai d'analyse des tâches de l'agronome". *Cah. ORSTOM*, sér. Biol., n°24, 3-25
Sebillotte M. et Servettaz L. (1989) in *Fertilité et système de production*, Sebillotte M. (ed), INRA, Paris.
Taton R. (1969), Direction de l'ouvrage collectif : *Histoire générale des sciences*, 4 tomes de 400 pages environ chacun, PUF, Paris.
X. (1810), *Bibliographie agronomique*, anonyme mais rédigée par Musset-Pathay, J. Colas, Paris, 460 p.